



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique

Université ABOU-BEKR BELKAID TLEMÇEN
Faculté des Sciences Economiques, Sciences de Gestion et
Sciences Commerciales

MEMOIRE

pour obtenir le diplôme de Magister en Sciences Economiques
Spécialité : Gestion des Opérations et de la Production

Management de la Supply Chain
et
Planification Avancée

Présenté par : Mr. Lahcen BLAHA
Sous la direction de Mr. Le Professeur M. BELMOKADDEM

Jury

Mr. A. BEN HABIB

Professeur, Université de Tlemcen

Président

Mr. M. BELMOKADDEM

Professeur, Université de Tlemcen

Encadreur

Mr. M. BEN BOUZIANE

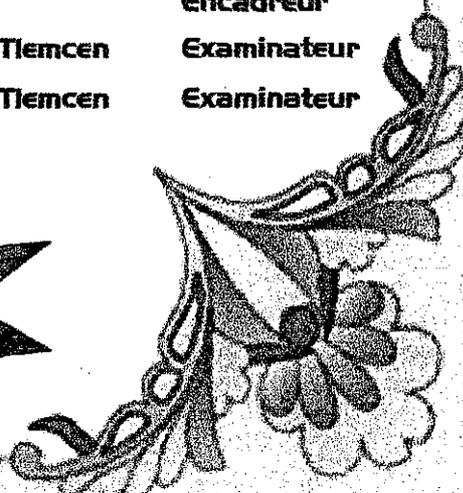
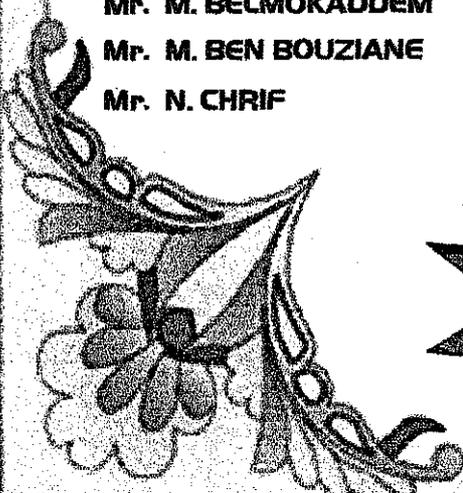
Maître de Conférence, Université de Tlemcen

Examineur

Mr. N. CHRIF

Maître de Conférence, Université de Tlemcen

Examineur



Année Universitaire
2005 - 2006



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ

... الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي هَدَانَا لِهَذَا وَمَا كُنَّا لِنَشْكُرَهُ

لَوْلَا رَحْمَتُ اللَّهِ عَلَيْنَا لَكُنَّا مِنَ الْخَاسِرِينَ

... الْحَمْدُ لِلَّهِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ

اللآئحة 43 من سورة الاحقراف

Management de la Supply Chain et Planification Avancée

Résumé :

Le Management de la Supply Chain (SCM) est une problématique, aujourd'hui, présente dans les esprits de tous les décideurs d'entreprises. Il concerne les aspects organisationnels de firmes intégrées légalement séparées aussi bien que la coordination des flux physiques et d'informations dans un réseau de production-distribution global. Alors, comment améliorer les performances de son entreprise pour maintenir sa compétitivité et assurer sa pérennité dans un contexte de concurrence mondiale et de globalisation ?

Enterprise Resource Planning (ERP), systèmes étant employés pour l'accomplissement des transactions et l'exécution d'ordre dans la plupart des sociétés, aujourd'hui ont été complétés par les Systèmes de Planification Avancés (APS) pour la coordination des flux, l'exploitation des goulots et le maintiens des dates dues. Basés sur la Recherche Opérationnelle, diverses techniques d'optimisation sont appliquées par les APS pour améliorer les plans selon les objectifs des affaires.

Ce mémoire s'est intéressé à ce nouveau mode de management et principalement aux méthodes et outils d'optimisation pour aider à répondre à cette problématique d'amélioration de la performance des systèmes industriels et plus généralement de la SC globale.

Ainsi, Ce travail fournit les concepts fondamentaux du SCM et des APS. Une considération particulière est donnée à la modélisation des SC et à l'implémentation réussite du APS dans l'industrie.

Mots clés : *Management de la Supply Chain, Systèmes de planification et d'ordonnancement avancés, Systèmes d'aide à la décision, optimisation.*

Supply Chain Management and Advanced Planning

Abstract:

The Supply Chain Management (SCM) is problematic present, today, in the spirits of all companies' decision makers. It concerns organizational aspects of integrating legally separated firms as well as coordinating materials and information flows within a global production-distribution network. Then how to improve the company performances to maintain its competitiveness and to ensure its perennality in a context of competition and globalization world?

The Enterprise Resource Planning systems being used for transaction handling and order execution in most firms today have been supplemented by Advanced Planning Systems (APS) for coordinating flows, exploiting bottlenecks and keeping due dates. Based on Operations Research, various optimization techniques can be applied by APS to improve plans according to business targets.

This memory was interested in this new mode of management and mainly in the methods and tools of optimization to answer these problems of improvement performance in the industrial systems and the SC as a whole.

Thus, this work provides the fundamental concepts of SCM and APS. A particular consideration is given to the modeling of the SC and the implementation of the APS in industry successfully.

Keywords: *Supply Chain Management, Advanced Planning and scheduling System, decision support system, optimization*

Dédicace

*À mes très chers Parents,
mes Frères et Sœurs et
à tous mes Maîtres*

REMERCIEMENTS

Si bien entreprendre un mémoire implique un engagement personnel, aboutir à la réalisation d'un tel travail serait impossible en solitaire. Ce mémoire n'aurait pas pu s'écrire sans le soutien de plusieurs personnes à qui je souhaite témoigner ma reconnaissance.

Je tiens tout d'abord à exprimer mes remerciements les plus sincères à mon encadreur, Monsieur le Professeur BELMOKADDEM M., pour la confiance qu'il m'a accordée et pour m'avoir guidé, suivi et aidé tout au long de ce travail.

Ma reconnaissance va également à Monsieur BEROUIGUET A., Monsieur ZANDAGUI D., Monsieur RIVERA GONZALEZ Igor Antonio, et Madame Carmela VALENTINE. Ainsi qu'aux professeurs, de la faculté des Sciences Economiques, de Gestion et des Sciences Commerciales de Tlemcen, qui ont contribués de près ou de loin à ma formation

Je tiens à exprimer toute ma gratitude aux personnes qui m'ont fait l'honneur de composer le jury de mon mémoire :

*Monsieur BEN HABIB A., professeur à l'Université de Tlemcen, d'avoir bien voulu examiner ce travail et pour l'honneur qu'il m'a fait de présider ce jury
Monsieur CHRIF N., Maître de Conférence à l'Université de Tlemcen, et Monsieur BEN BOUZIANE M. Maître de Conférence à l'Université de Tlemcen d'avoir bien voulu examiner ce travail et pour l'honneur qu'ils m'ont fait de participer à ce jury.*

Il n'y a pas de mots pour dire merci à ma famille, particulièrement à mes parents, qui m'ont soutenu et encouragé à chaque instant, pour leur exemple, leur travail, leur effort, leur confiance et leur amour. Ce mémoire vous est dédié

Table des matières

| | |
|------------------------------|-----|
| Résumé..... | I |
| Dédicace..... | II |
| Remerciements..... | III |
| Table des matières..... | IV |
| Table des illustrations..... | VII |
| Liste des tableaux..... | X |

| | |
|-------------------|---|
| Introduction..... | I |
|-------------------|---|

| | |
|-----------------|---|
| Chapitre I..... | 9 |
|-----------------|---|

| | |
|---|---|
| Principes du Management de la Supply Chain..... | 9 |
|---|---|

| | |
|--|----|
| 1. MANAGEMENT DE LA SUPPLY CHAIN – SCM..... | 10 |
| 1.1. <i>Supply Chain</i> | 10 |
| 1.2. <i>Définitions du SCM</i> | 12 |
| 1.3. <i>Modules du SCM</i> | 16 |
| 1.4. <i>Origines du SCM</i> | 22 |
| 2. ANALYSE DE LA SUPPLY CHAIN..... | 29 |
| 2.1. <i>Mesure de la performance</i> | 29 |
| 2.2. <i>Analyse des stocks</i> | 34 |
| 3. LA MODELISATION DE LA SUPPLY CHAIN..... | 38 |
| 3.1. <i>Approches de modélisation de la Supply Chain</i> | 38 |
| 3.2. <i>Le Modèle SCOR</i> | 40 |
| 3.3. <i>Typologie de la Supply Chain</i> | 49 |

| | |
|------------------|----|
| Chapitre II..... | 55 |
|------------------|----|

| | |
|---|----|
| Aide à la décision et technologie de l'Information pour le Management de la Supply Chain..... | 55 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| 1. AIDE A LA DECISION DANS LE CONTEXTE DU MANAGEMENT DE LA SUPPLY CHAIN..... | 56 |
| 1.1. <i>Place de la prise de décision dans le management de la SC</i> | 56 |
| 1.2. <i>Typologie de la décision dans le cadre du management de la SC</i> | 57 |
| 1.3. <i>La portée des différents types de décision</i> | 61 |
| 1.4. <i>La planification avancée</i> | 66 |
| 2. SYSTEMES D'INFORMATION, D'AIDE A LA DECISION ET LA STRUCTURE DES SYSTEMES DE PLANIFICATION AVANCEE..... | 78 |
| 2.1. <i>Définition d'un système</i> | 79 |
| 2.2. <i>Les objectifs du système</i> | 79 |
| 2.3. <i>Les éléments du système</i> | 79 |
| 2.4. <i>Système d'information et d'aide à la décision</i> | 80 |

| | | |
|---|---|------------|
| 2.5. | <i>Les systèmes APS</i> | 88 |
| 2.6. | <i>Structure des systèmes APS</i> | 89 |
| Chapitre III | | 91 |
| La planification à long terme - conception du réseau stratégique | | 91 |
| 1. | LES DECISIONS STRATEGIQUES | 92 |
| 1.1. | <i>Importance des décisions stratégiques</i> | 92 |
| 1.2. | <i>Caractéristiques des décisions stratégiques de la SC</i> | 92 |
| 1.3. | <i>Revue de la littérature</i> | 95 |
| 2. | APPROCHES GLOBALES POUR LES DECISIONS (PLANIFICATION) STRATEGIQUE | 96 |
| 2.1. | <i>Démarche globale pour la décision de « faire » ou « faire-faire »</i> | 96 |
| 2.2. | <i>Démarche globale pour le choix des fournisseurs</i> | 107 |
| 2.3. | <i>L'approche globale pour la localisation des sites</i> | 113 |
| 3. | DEMARCHE INTEGREE POUR LA PLANIFICATION STRATEGIQUE D'UNE SC | 122 |
| 3.1. | <i>Analyse des relations Inter - décisionnelles</i> | 123 |
| 3.2. | <i>La Démarche</i> | 127 |
| 4. | L'ORGANISATION PHYSIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION | 131 |
| 4.1. | <i>La sous-traitance de la distribution</i> | 132 |
| 4.2. | <i>Architecture du réseau de distribution</i> | 132 |
| Chapitre IV | | 138 |
| Planification à moyen et à court terme | | 138 |
| 1. | MODELES DE PLANIFICATION | 140 |
| 1.1. | <i>Planification et modèles</i> | 140 |
| 2. | PLANIFICATION DE LA DEMANDE | 144 |
| 2.1. | <i>Le cadre de planification de la demande</i> | 145 |
| 2.2. | <i>Les grandes catégories de prévisions</i> | 146 |
| 2.3. | <i>Agrégation et désagrégation des prévisions</i> | 147 |
| 2.4. | <i>Techniques de prévisions statistiques</i> | 147 |
| 2.5. | <i>Incorporation des facteurs de jugement</i> | 150 |
| 2.6. | <i>Implémentation des prévisions</i> | 151 |
| 3. | MASTER PLANNING (PLAN DIRECTEUR) | 156 |
| 3.1. | <i>La situation de décision</i> | 157 |
| 3.2. | <i>Construction du modèle</i> | 159 |
| 3.3. | <i>Génération d'un plan</i> | 163 |
| 4. | SATISFACTION DE LA DEMANDE ET ATP | 172 |
| 4.1. | <i>Disponible pour promettre (ATP)</i> | 173 |
| 4.2. | <i>ATP allouer</i> | 175 |
| 4.3. | <i>Promesses d'ordre (order promising)</i> | 177 |
| 5. | PLANIFICATION ET ORDONNANCEMENT DE LA PRODUCTION | 179 |
| 5.1. | <i>Description de la situation de décision</i> | 179 |
| 5.2. | <i>Comment procéder à partir d'un modèle à un ordonnancement de la production</i> | 180 |
| 5.3. | <i>Construction du modèle</i> | 181 |
| 5.4. | <i>La mise à jour des programmes de production</i> | 185 |

| | |
|---|------------|
| 5.5. Niveaux de planification pour la planification et l'ordonnancement de la production | 187 |
| 6. PLANIFICATION DE LA DISTRIBUTION ET DU TRANSPORT..... | 188 |
| 6.1. Situations de planification | 188 |
| 6.2. Modèles de distribution et de transport..... | 192 |
| 7. LA PLANIFICATION COLLABORATIVE | 197 |
| 7.1. Coordinations et Intégration | 197 |
| 7.2. Planification collaborative | 200 |
| | |
| Chapitre V..... | 206 |
| L'implémentation d'un Système de Planification Avancée..... | 206 |
| I. LA SELECTION D'UN APS | 207 |
| 1.1. Le Supply Chain Management - Problématique et Définition | 207 |
| 1.2. La solution de gestion et d'optimisation de la Supply Chain | 210 |
| 2. LE PROCÉDE D'IMPLEMENTATION D'UN APS | 216 |
| 2.1. Définition du projet | 218 |
| 2.2. Conception de la solution | 220 |
| 2.3. Détails de la solution | 222 |
| 2.4. Exécution et déploiement | 224 |
| 2.5. Clôture | 225 |
| | |
| Conclusion générale et perspectives | 227 |
| | |
| Bibliographie | 230 |
| | |
| Glossaire..... | 243 |

Table des illustrations

| | |
|---|-----------|
| <i>Figure : plan de travail.....</i> | <i>8</i> |
| <i>Figure 1.1 : activités et entreprises de la Supply Chain.....</i> | <i>10</i> |
| <i>Figure 1.2. Supply Chain.....</i> | <i>11</i> |
| <i>Figure 1.3 : modèle SCOR niveau 1.....</i> | <i>11</i> |
| <i>Figure 1.4 : modèle de Supply Chain.....</i> | <i>11</i> |
| <i>Figure 1.5 : Modèle du Management de la Supply Chain.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Figure 1.6 : House du SCM.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Figure 1.7. Délai d'exécution d'un ordre et le point de découplage.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Figure 1.8 : La Supply Chain modélisé par Forrester.....</i> | <i>24</i> |
| <i>Figure 1.9 : l'effet bullwhip.....</i> | <i>25</i> |
| <i>Figure 1.10 : Structure de planification hiérarchique pour une seule localité.....</i> | <i>28</i> |
| <i>Figure 1.11 : structure de planification multi localité.....</i> | <i>29</i> |
| <i>Figure 1.12 : Lien entre le Supply Chain Management et le Tableau de Bord Prospectif.....</i> | <i>31</i> |
| <i>Figure 1.13 : Modèle de calcul des stocks de cycle.....</i> | <i>36</i> |
| <i>Figure 1.14 : Exemple de détermination du stock saisonnier</i> | <i>37</i> |
| <i>Figure 1.15 : les quatre processus de base du SCOR.....</i> | <i>41</i> |
| <i>Figure 1.16 : Supply Chain – Représentation géographique des flux (exemple présenté par SCOR).....</i> | <i>42</i> |
| <i>Figure 1.17 : représentation schématique des flux (exemple présenté par SCOR).....</i> | <i>42</i> |
| <i>Figure 1.18: Modèle SCOR niveau 2.....</i> | <i>44</i> |
| <i>Figure 1.19 : Exemple de sous-processus de niveau 3</i> | <i>45</i> |
| <i>Figure 1.20 : Exemple des niveaux 4, 5 et 6 (exemple présenté par SCOR)</i> | <i>45</i> |
| | |
| <i>Figure 2.1 : les décisions selon la périodicité</i> | <i>59</i> |
| <i>Figure 2.2 : Typologie de la décision dans le pilotage industriel</i> | <i>60</i> |
| <i>Figure 2.3 : groupage – dégroupage</i> | <i>62</i> |
| <i>Figure 2.4 : transport individuel/collectif</i> | <i>64</i> |
| <i>Figure 2.5 : mono/multi vendeur</i> | <i>65</i> |
| <i>Figure 2.6 : les trois niveaux de planification</i> | <i>67</i> |
| <i>Figure 2.7 : Structure des modèles logistique.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Figure 2.8 : Procédure de planification à horizon glissant</i> | <i>74</i> |
| <i>Figure 2.9 : la matrice de planification de la Supply Chain.....</i> | <i>75</i> |
| <i>Figure 2.10 : les éléments du système</i> | <i>80</i> |
| <i>Figure 2.11 : Compositions du système d'information organisationnel.....</i> | <i>80</i> |
| <i>Figure 2.12 : Pyramide de la décision de [Simon, 1991]</i> | <i>81</i> |
| <i>Figure 2.13 : La typologie de [Reix, 2000]</i> | <i>82</i> |
| <i>Figure 2.14 : La typologie de [Melese, 1976]</i> | <i>83</i> |
| <i>Figure 2.15 : Le système d'information Intégrateur.....</i> | <i>84</i> |
| <i>Figure 2.16 : Typologie des systèmes d'aide à la décision.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Figure 2.17 : les modules de logiciels qui couvrent la matrice de SCP.....</i> | <i>89</i> |
| <i>Figure 2.18 : collaboration entre APS</i> | <i>89</i> |
| | |
| <i>Figure 3.1 : les cinq démarches pour traiter les trois décision.....</i> | <i>95</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Figure 3.2 : matrice CIR (Compétence stratégique – Importance stratégique – Risque).....</i> | <i>103</i> |
| <i>Figure 3.3 : la démarche à suivre pour une décision de faire ou faire-faire.....</i> | <i>106</i> |
| <i>Figure 3.4 : l'approche globale pour le choix des fournisseurs.....</i> | <i>111</i> |
| <i>Figure 3.5 : quatre facteurs critiques pour la décision de localisation.....</i> | <i>114</i> |
| <i>Figure 3.6 : la démarche globale pour la décision de localisation.....</i> | <i>121</i> |
| <i>Figure 3.7 : représentation graphique d'analyse d'impact.....</i> | <i>124</i> |
| <i>Figure 3.8 : les impact inter- décisionnels.....</i> | <i>127</i> |
| <i>Figure 3.9 : les trois étapes principales de la démarche d'intégration.....</i> | <i>128</i> |
| <i>Figure 3.10 : exemple d'un réseau de distribution à deux étages.....</i> | <i>134</i> |
| <i>Figure 3.11 : détermination d'un barycentre d'un territoire.....</i> | <i>134</i> |
| <i>Figure 3.12 : diagramme de Voronoi.....</i> | <i>135</i> |
| | |
| <i>Figure 4.1 : approche générative.....</i> | <i>139</i> |
| <i>Figure 4.2 : approche évaluative.....</i> | <i>139</i> |
| <i>Figure 4.3 : planification et ordonnancement dans la SC.....</i> | <i>140</i> |
| <i>Figure 4.4 : Classification des modèles mathématique de lot-sizing.....</i> | <i>143</i> |
| <i>Figure 4.5 (a) : agrégation des données et expansion des contraintes.....</i> | <i>143</i> |
| <i>Figure 4.5 : les tâches de planification de la demande.....</i> | <i>145</i> |
| <i>Figure 4.6 : typologie des modèles de prévision.....</i> | <i>147</i> |
| <i>Figure 4.7 : Construction de modèle de la Supply Chain.....</i> | <i>160</i> |
| <i>Figure 4.8 : les flux d'information entre le système de planification et d'ordonnancement.....</i> | <i>162</i> |
| <i>Figure 4.9 : directives et feedback dans le plan directeur.....</i> | <i>162</i> |
| <i>Figure 4.10 : les étapes de génération d'un modèle dans le plan directeur.....</i> | <i>163</i> |
| <i>Figure 4.11 : système à trois étages.....</i> | <i>164</i> |
| <i>Figure 4.12 : processus de simulation avec le modèle de base.....</i> | <i>170</i> |
| <i>Figure 4.13 : processus de simulation avec le modèle plan de référence.....</i> | <i>171</i> |
| <i>Figure 4.14 : l'allocation commande l'accès au ATP.....</i> | <i>175</i> |
| <i>Figure 4.15 : l'agrégation de la prévision des ventes le long de la SC.....</i> | <i>176</i> |
| <i>Figure 4.16 : allocation du ATP dans la hiérarchie de clients.....</i> | <i>176</i> |
| <i>Figure 4.17 : les trois dimension de recherche de l'itinéraire de l'ATP.....</i> | <i>178</i> |
| <i>Figure 4.18 : procédure générale d'ordonnancement de la production.....</i> | <i>181</i> |
| <i>Figure 4.19 : modèle du procédé de production (PPM) pour une production a deux étage du ketchup.....</i> | <i>183</i> |
| <i>Figure 4.20 : pistage : enchaînement de deux modèles de procédé de production.....</i> | <i>183</i> |
| <i>Figure 4.21 : Diagramme de Gantt de quatre ordres dans une machine avec une date due et un séquençement dépendant des temps d'installation.....</i> | <i>186</i> |
| <i>Figure 4.22 : Génération d'une date due pour un nouvel ordre E d'un client.....</i> | <i>186</i> |
| <i>Figure 4.23 : Ordonnancement re-optimiser.....</i> | <i>186</i> |
| <i>Figure 4.24 : chemins de distribution.....</i> | <i>189</i> |
| <i>Figure 4.25 : le procédé de production et de transport standard.....</i> | <i>192</i> |
| <i>Figure 4.26 : ordonnancement indépendant et synchroniser.....</i> | <i>194</i> |
| <i>Figure 4.27 : la coordination des modules d'APS.....</i> | <i>198</i> |
| <i>Figure 4.28 : intégration du APS.....</i> | <i>199</i> |
| <i>Figure 4.29 : intégration de plusieurs systèmes OLTP.....</i> | <i>199</i> |
| <i>Figure 4.30 : intégration des DW.....</i> | <i>200</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Figure 4.31 : connexion des domaines de planification par la collaboration.....</i> | <i>200</i> |
| <i>Figure 4.32 : collaboration selon la relation demande - approvisionnement</i> | <i>201</i> |
| <i>Figure 4.33 : chaîne de collaboration simple (en un seul étage)</i> | <i>201</i> |
| <i>Figure 4.34 : collaboration multi - étage.....</i> | <i>201</i> |
| <i>Figure 4.35 : le cycle de collaboration.....</i> | <i>202</i> |
| <i>Figure 4.36 : collaboration à long, moyen et court terme</i> | <i>203</i> |
| | |
| <i>Figure 5.1 : Magic Quadrant Premier Trimestre 2003 : Supply Chain Planning (Industrie Manufacturière Discrète).....</i> | <i>211</i> |
| <i>Figure 5.2 : Magic Quadrant Premier Trimestre 2003 : Supply Chain Planning (Industrie Process).....</i> | <i>211</i> |
| <i>Figure 5.3 : Magic Quadrant Premier Trimestre 2003 : Supply Chain Planning (Distribution).....</i> | <i>212</i> |
| <i>Figure 5.4 : Magic Quadrant Premier Trimestre 2003 : Gestion de l'entrepotage (WMS)</i> | <i>212</i> |
| <i>Figure 5.5 : mySAP SCM.....</i> | <i>213</i> |
| <i>Figure 5.6 : les différentes phases et activités d'un projet d'implémentation.....</i> | <i>217</i> |
| <i>Figure 5.7 : la structure de l'équipe du projet d'implémentation d'un APS.....</i> | <i>220</i> |

Liste des tableaux

| | |
|---|------------|
| <i>Tableau 1.1 : Définitions du Management de la Supply Chain.....</i> | <i>13</i> |
| <i>Tableau 1.2 : stock composant, déterminants et avantages.....</i> | <i>35</i> |
| <i>Tableau 1.3 : Indicateurs de performance du niveau I.....</i> | <i>46</i> |
| <i>Tableau 1.4 : Indicateurs ayant un impact perçu par le Client (Customer facing metrics).....</i> | <i>46</i> |
| <i>Tableau 1.5 : Indicateurs ayant un impact perçu en interne (Internal facing metrics).....</i> | <i>47</i> |
| <i>Tableau 1.6 : les attribues fonctionnels de la typologie de la Supply Chain.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Tableau 1.7 : caractéristiques des opérations.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Tableau 1.8 : attribues structuraux de la typologie de la Supply Chain.....</i> | <i>53</i> |
| | |
| <i>Tableau 3.1 : les avantages et les inconvénients des méthodes de choix des fournisseurs.....</i> | <i>110</i> |
| <i>Tableau 3.2 : les rapports entre les différentes problématiques et les méthodes de choix des fournisseurs.....</i> | <i>110</i> |
| <i>Tableau 3.3 : Les principales caractéristiques des modèles MIP de la production-distribution stratégique.....</i> | <i>116</i> |
| <i>Tableau 3.4 : Les principales publications des modèles de SC globales.....</i> | <i>118</i> |
| | |
| <i>Tableau 4.1 : nature de la décision et prévisions.....</i> | <i>146</i> |
| <i>Tableau 4.2 : Granularité du ATP pour différents environnements de fabrication.....</i> | <i>174</i> |
| <i>Tableau 4.3 : donnée : date de fin.....</i> | <i>186</i> |
| <i>Tableau 4.4 : donnée : matrice des temps d'installations.....</i> | <i>186</i> |

Introduction

I. Contexte de la recherche:

L'environnement industriel dans lequel se place l'entreprise aujourd'hui est de plus en plus contraignant du point de vue de la maîtrise des flux. Pour bien comprendre ce phénomène et ses répercussions, il faut mettre en parallèle l'évolution de la notion de client, les rapport de forces entre le marché et l'entreprise ainsi que la notion de temps [Erschler *et al.*, 2001].

Au début est l'entreprise. La demande est supérieure à l'offre. Le client ne compte guère. La puissance est du côté de l'entreprise, qui avec une diversité réduite, n'est pas complexe à gérer. Le facteur temps qui compte est le temps opératoire. C'est celui sur lequel on se focalise pour réduire le coût et tirer le meilleur profit essentiellement du capital humain, de celui de l'équipement ensuite.

Dans un deuxième temps, la concurrence aidant, le client monte en puissance. La notion de taux de service apparaît. On cherche à satisfaire davantage les exigences du marché. Le délai est pris en compte. Le facteur temps qui compte est celui du temps jalon qui permet d'organiser l'approvisionnement, la fabrication et la livraison du produit. La diversité augmente.

Par la suite, la qualité et les coûts deviennent des axes intensément travaillés par les sociétés. Ils ne sont plus des critères de différenciations. Les clients deviennent de plus en plus sensible à la réduction de délai et à la qualité du service qui leur est offert en terme d'exécution des engagements et de flexibilité. Le temps devient un des paramètres prépondérant de l'entreprise. Les marchés se globalisent, la complexité s'accroît, les cycles de vie des produits raccourcissent et les échanges s'internationalisent.

Aujourd'hui, les performances de l'entreprise ne dépendent plus uniquement de l'entreprise elle-même mais de son aptitude à gérer les flux sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement (*Supply Chain*¹). Le temps devient le facteur de différenciation. Il est le méta-indicateur qui reflète le niveau global de l'organisation.

Le cœur de la gestion de la production consiste à synchroniser l'ensemble des flux afin d'assurer la production et la livraison du produit au client. Il s'agit donc d'agencer correctement, en fonction du temps, l'ensemble des opérations les unes par rapport aux autres, afin de produire le maximum de richesse sur la base des ressources disponibles.

Alors, le but de la gestion de la production est de tirer le meilleur profit des ressources de l'entreprise en gérant au mieux les flux, pour une optimisation du service au client. La gestion de la production s'applique partout où se trouvent des opérations à synchroniser. L'entreprise est donc le terrain privilégié, mais pas exclusif.

Ces trente dernières années ont été fertiles en réflexion sur le système de production et leur pilotage. Aux approches formalisées classiques de planification, d'ordonnancement et de gestion des stocks [Béranger, 1971] ; [Deixonne, 1991] ; [Alsène, 1994] ; [Gilbert *et al.*, 2004] ; [Granger, 2001] se sont ajoutées de nouvelles approches, développées pour gérer simultanément et de façon synchronisée les flux et les moyens de production. Il s'agit en particulier des méthodes MRP, sur lesquelles se basent les techniques de synchronisation à la japonaise, dont la méthode Kanban (constitue la partie court terme), et des différentes

¹ Cette traduction est celle retenue par l'AFNOR, mais aussi par l'ASLOG qui précise (ASLOG, 2002) : « *Supply Chain* ne peut être littéralement traduit en français. Une équivalence possible est chaîne logistique, une autre est démarche logistique globale, une troisième peut être chaîne d'approvisionnements. Il n'y a pas de traduction exacte, en raison du fait qu'en anglais, *to supply* veut à la fois dire approvisionner et fournir, c'est-à-dire deux notions antagonistes ». D'après Pimor Y. (2003, p.5, p.8) il est préférable d'utiliser l'expression américaine pour décrire ce concept nouveau.

approches de pilotage par les contraintes dont la plus connue est OPT (*Optimized Production technology*) et par les flux comme le JAT (*Just-A-Temps*) [Bironneale, 2000].

MRP (*Material Requirement Planning*) – gestion (pilotage) fondée sur la prévision et la planification – permettait de connaître la quantité de chaque pièce à approvisionner et les dates associées en fonction de la définition du produit et des gammes opératoires. Il s'agissait de ce que l'on appelle aujourd'hui une méthode à capacité infinie : « on faisait comme si » les usines pouvaient fabriquer toutes les commandes. Mais comme dans la réalité, les capacités n'étaient pas infinies, il fallut très vite améliorer le système pour tenir compte des limites de chaque équipement, ainsi que des limites humaines. Le MRP a donc changé de nom pour s'appeler *Manufacturing Resource Planning* et devient le MRP I. le MRP I (planification des ressources productives ou management des ressources de production)¹ a été développés dans les années 60² [Béranger, 1971], par J. Orlicky [Gratacap *et al.*, 2001] avec pour objectif de mieux gérer l'approvisionnement des matières et composant nécessaires à la fabrication des références finales. Le MRP I est un système qui repose sur la distinction entre les articles dépendants et indépendants [Erschler *et al.*, 2001]. Les articles indépendants sont ceux qui sont directement offerts au marché. Il s'agit en générale des produits finis ou des sous ensembles, ainsi que des pièces de rechanges vendu au client. Pour ces éléments, il est nécessaire de travailler sur prévision. Le type de prévision est à choisir et à adopter en fonction de la typologie de l'entreprise, des produits et de leurs cycles de fabrication, ainsi que de la nature du marché. Tous les autres articles sont dépendants. Ils permettent la fabrication des éléments indépendants – ex. dans une usine d'assemblage, ce sont les composants qui, une fois associés, donneront le produit fini, dans une usine de transformation, il s'agit de la matière première qui sera travaillée pour créer le produit fini.

Dans le système MRP I, c'est à partir de prévision de ventes sur les composants indépendant et à travers la nomenclature que les besoins bruts en composant sont exprimés. En déduisant les stocks des besoins bruts, on obtient les besoins nets. Sur ces besoins jalonnés dans le temps et en fonction du temps de cycle d'approvisionnement ou de fabrication que les ordres d'achat ou de fabrication sont lancés.

Les principes qui régissent le système MRP I sont simples mais reposent sur les données techniques. La complexité est liée à la gestion de ces données. Sachant que dans toutes organisation la principale ressource d'un système MRP reste l'homme. Sur la base des recommandations données par le système, les acteurs auront à prendre des décisions par rapport à trois types d'informations à savoir : le lancement des ordres de fabrication planifiés, les listes de re-planification et les messages de surcharges.

Toutefois, tous ceci resterait relativement simple si nous ne vivions pas dans un monde dynamique. Les entreprises évoluent avec de nouveau produits, des changement sur les produits existants, des améliorations de cadence, des machines modifiées, des délais qui raccourcissent,...etc. et ceci en permanence. Tout ces changements en eux un impact sur les données qui régissent le système MRP I et en font la qualité. On a donc fait appel à l'informatique pour améliorer ces techniques de planification ; facilitant les calculs, rendant la construction et la mise à jour des programmes de production beaucoup plus aisées, des algorithmes plus ou moins sophistiqués (basé sur la recherche opérationnelle) ont été mis en œuvre pour résoudre des problèmes combinatoires toujours difficiles. Ainsi, le MRP I constitué au départ à partir des problèmes d'approvisionnement et d'assemblage de pièces est

¹ Certains auteurs considèrent que le MRP-1 correspond à la démarche en capacité infinie et que le MRP-2 constitue une deuxième étape où les capacités seront prises en compte (capacités finies). Dans cette optique, l'attention portée aux ressources financières devienne un perfectionnement du MRP-2.

² Le MRP I a été rendu opérationnel quelques années plus tard par Orlicky et deux spécialistes de la gestion de la production, Plossl et Wight

devenu une véritable méthode de gestion de production, on a de ce fait vu l'émergence des systèmes MRP II.

Les MRPII¹ sont des outils qui vont plus loin que les outils précédents, en cherchant à ajuster la charge souhaitée et la charge réellement disponible pour chaque centre de production et en ajoutant des préoccupations à moyen terme (planification de la capacité de production, investissement et budget). Cependant, les MRP II, ainsi que les MRP (MRP et MRP I) sont des outils qui fonctionnent encore d'un point de vue fonctionnel.

Selon [Vollmann *et al.*, 1997] les MRP II comprennent cinq niveaux de décision et de planification :

- plan stratégique,
- plan industriel et commercial (PIC),
- programme directeur de production (PDP),
- calcul des besoins nets (CBN),
- pilotage du court terme (gestion d'atelier et d'approvisionnement).

Cette hiérarchisation des fonctions et des décisions est un principe fondamental des systèmes MRP. Hiérarchiser les fonctions et les décisions consiste à concevoir un modèle en plusieurs plans, chaque plan étant le lieu d'un ensemble de décisions d'échelle et d'horizon spécifiques. Pour chacun des plans, on identifie un objectif, un horizon et un niveau de détail, et chaque plan est revu avec une périodicité spécifique. A chaque niveau de planification, de multiples itérations ont lieu entre le plan à capacité infinie et la fonction planification qui l'évalue face aux contraintes du système afin d'obtenir un plan réalisable.

Dans le début des années 80, les entreprises connaissent une évolution vers l'intégration. La maîtrise de cette intégration croissante entre les fonctions automatisées de l'entreprise change les fonctions et les processus. Basés sur des méthodes de simulation et de planification déjà offerts par les MRP, MRP I et les MRP II, sont développés dans les années 80, les systèmes de gestion de production assistée par ordinateur (GPAO). Parmi les nouveautés de ces outils, nous pouvons mentionner l'intégration de la gestion de la base de données techniques (produits, ressources, gammes, ordres de fabrication, etc.), ainsi qu'une multitude d'applications informatisées [Baptiste *et al.*, 2001], telles que :

- Conception des produits et des moyens de production,
- Gestion de la production et ordonnancement détaillé,
- Gestion des stocks, des achats et des approvisionnements,
- Gestion comptable, gestion des commandes,
- Gestion des ressources humaines,
- Gestion de la qualité et de la maintenance,
- Gestion du travail, suivi de production.

Ces outils de gestion travaillent toujours d'un point de vue fonctionnel mais commencent à intégrer une vision processus. Cependant, il existe encore une dépendance très forte de la part des utilisateurs, car ils ne permettent pas encore la prise de décisions. Donc, c'est aux utilisateurs de prendre des décisions et de paramétrer les transactions.

Dans la fin des années 80, l'idée d'intégration de processus se développe. De ce fait, le concept MRP² a été progressivement élargi pour englober la planification et le contrôle d'autres ressources de l'entreprise, souvent autour de bases de données communes : capacité des centres de production (CRP), humaines (qualification, disponibilité, paie,...), comptabilité et finance (budgets, facturation et encaissement, comptabilité des coûts,...) gestion documentaire, etc. d'où l'apparition des systèmes ERP (*Entreprise Resource Planning*)

¹ Le MRP II ait été présenté par Wight

² MRP, MRP I et MRP II

appelés encore de manière plus exact ERM (*Entreprise Resource Management*) [Giard, 2003].

L'ERP système intégré, utilise la méthode MRP pour l'optimisation de la planification des matières en calculant la demande dépendante à partir de la demande indépendante (commande et prévision) et des données de bases¹ (donnée articles et nomenclature en particulier), et regroupant au sein d'un même outil les différentes fonction de l'entreprise, a permis de standardiser les données de façon transversale dans l'entreprise et pour tous les services [Briffaut, 2001]. Lorsque de nouvelles fonctionnalités complémentaires viennent enrichir les ERP, telles que le CRM – *Customer Relationship Management* – où le *e-business*, cela donne naissance à ce que l'on appelle maintenant l'ERP étendu (ERP I puis ERP II), où X-ERP ou encore EEA – *Extended Enterprise Application*. Les solutions dites EEA utilisent les technologies Web pour étendre les fonctions intégrées existantes des ERP aux partenaires de l'entreprise (fournisseurs, distributeurs, clients), les reliant ainsi de façon sécurisée au système de gestion de l'entreprise dans le cadre du Supply Chain Management.

Mais si les ERP ont effectivement réussi à homogénéiser les données de base de l'entreprise au sein d'un seul système, ils ne sont pas toujours parvenus à le rendre plus réactive, et les différentes planification réalisées au sein de l'entreprise ne sont parfois pas synchronisées (\neq but de la gestion de la production), de plus elles (planifications) ne tiennent pas toujours des contraintes autres que les matières, et parfois ne travail pas à capacité finie.

Par leur manque de réactivité, et à l'heure de la concurrence acharnée, la demande de réactivité a ouvert la voie aux calculs de planification en temps réel. La méthode MRP (MRP, MRPI et MRPII) se voit de nouveau régulièrement mis en cause.

2. Objet et Enjeux de la recherche :

Alors que pendant ces dernières décennies les efforts des entreprises industrielles ont été concentrés sur l'amélioration de la productivité, la fin du siècle a été marquée par l'optimisation globale des processus (flux de la *Supply Chain*), pour une meilleur réponse au client dont la demande est de plus en plus imprévisible. Il devient indispensable de réduire le cycle de planification et de générer le plus rapidement possible un plan directement exécutable. Les données prise en compte pour ce calcul de planification optimisée doivent donc coller parfaitement à la réalité du terrain.

Paradigme – au sens de Kuhn – relativement récent [Pimor, 2003], la *Supply Chain* (SC), défini comme l'ensemble des processus à l'intérieur et entre les entreprises qui produisent et livrent des biens et des services aux clients [Bovet *et al.*, 2000], s'est taillée une place enviable dans l'actualité. Les manchettes spécialisées ont encensé le succès de compagnies, telle que Wal-Mart, Dell, IBM, Hewlett-packard...etc., en l'attribuant en grande partie à la manière dont ces géants gèrent leur SC [Brossard, 2005]. En fait, ces entreprises en compris que mieux gérer leur SC leur permet de répondre aux attentes du client en terme de disponibilité et de livraison du produit consommé. En plus d'autres gains impressionnants comme la réduction du coût global du produit, l'optimisation du processus de gestion des stocks, réduction des délais d'approvisionnement, amélioration du service à la clientèle...etc. et bien d'autres. Alors, quel directeur peut se permettre de ne pas présenter de tels gains essentiels à l'amélioration de la compétitivité ? De nos jours, ces gains ne peuvent pas être réalisés par une seule compagnie [Gillyard, 2003], conséquence de la mondialisation des marchés et de la concurrence accrue au niveau international, incitant les entreprises à se concentrer de plus en plus sur les domaines de compétences où elles excellent et, par

¹ Il est intéressant de constater que ce sont surtout des systèmes de gestion de la production qui furent à l'origine des systèmes d'informations actuels, intégré modulaire.

conséquent, à confier à des tiers les autres activités qu'elles ne maîtrisent pas aussi bien. Ainsi, les caractéristiques et la qualité d'un produit ou d'un service vendu à un client dépendent en grande partie de plusieurs sociétés impliquées dans sa création. On assiste alors à l'apparition du concept d'entreprise étendue ou flexible qui s'appuie sur des partenaires externes pour réaliser un bon nombre d'activités traditionnellement dévolues à l'interne (l'approvisionnement, la fabrication, l'assemblage, le traitement des commandes et la distribution). Ceci a provoqué de nouveaux défis : le premier vise à l'intégration de sociétés légalement séparées et à la coordination des flux physiques, d'information et financiers non éprouvés dans cette ampleur auparavant. De ce fait, la hiérarchie pyramidale traditionnelle cède ainsi sa place à une forme nouvelle d'organisation fondée sur des réseaux (ROY, 2000). Le deuxième défi consiste à adopter de nouvelles pratiques de gestion qui reposent sur la confiance et l'ouverture. Dans l'organisation traditionnelle, il suffisait de donner des ordres et des directives aux subalternes pour que le travail s'accomplisse. Dans l'organisation en réseau, il faut d'avantage expliquer le sens des décisions, clarifier les objectifs et faire confiance aux jeunes spécialistes qui devront avoir une bonne compréhension des processus. Les gestionnaires devront également montrer de l'ouverture en cherchant à améliorer la performance de leur organisation grâce à des pratiques comme l'étalonnage concurrentiel – *benchmarking* – la veille technologique et l'utilisation de nouvelles technologies de l'information et de communication.

Le troisième défi, vise à passer de la gestion par les stocks à la gestion par les flux. En adoptant des pratiques comme le juste à temps et le réapprovisionnement continu, pour éviter de créer des amoncellements de stocks inutiles. Cette gestion en flux tendu repose sur une bonne compréhension des processus qui dépassent désormais les frontières de l'organisation.

Devant cette multiplicité et délocalisation des acteurs économique et la complexification des problèmes de gestion, des relations entre partenaires et des flux qu'une nouvelle philosophie de gestion est apparue qu'est le *Supply Chain Management* – SCM.

Aucune grande fantaisie n'est nécessaire pour prévoir que le SCM ne sera pas la dernière philosophie de gestion¹, bien qu'elle y ait beaucoup plus de facettes que la plupart de ces prédécesseurs. Puisqu'il y a plus de facettes à observer, le SCM est difficile à saisir dans l'ensemble. Donc la technologie de l'information (IT) est un préalable à sa réussite et le deviendra encore plus à l'avenir – ex. B2B transaction faite par l'intermédiaire de l'Internet et gérée par les systèmes ERP au sein de l'entreprise – [Sebastian *et al.*, 2002].

Définie comme « la technologie de la maîtrise des flux physiques et des flux d'information associés dans les meilleures conditions de coûts, de qualité, de délai et de service » [Colin *et al.*, 1988] le SCM acquiert ainsi, dans de nombreux secteurs, une dimension stratégique impliquant un renouvellement de la vision traditionnellement développée par les entreprises. « Les flux physiques ont été longtemps envisagés dans l'entreprise sous l'angle simplificateur de la technique de leur traitement et optimisés de manière fractionnée. Les flux physiques (...) étaient surtout perçus comme le simple résultat des actions commerciales : j'achète, je vend, donc j'échange des produits ou plutôt je me débrouille pour que l'échange se réalise » [Fabbe-Costes, 1992].

Or, la recherche en SC témoigne depuis quelques années de la complexité de cette maîtrise (optimisation) des flux physiques. Résultat d'une planification devenue insuffisante [Pimor, 2003; p.324, p.328, p.405] que sur le plan stratégique et tactique que sur le plan opérationnel.

¹ Elle a été précédée récemment par de nouvelles philosophies de gestion comme le Juste A Temps ou le Management de la Qualité (Pimor, 2003; p.8)

Alors que les IT sont les composants essentiels du SCM leur gestion réussie, en comptant sur une prise de décision intelligente et coordonnée dans tout le réseau. En conséquence, le support et les technologies de décision deviennent de plus en plus importants dans ce domaine. Ainsi, la croissance, la rapidité d'exécution, la puissance et la disponibilité des outils informatiques actuelles [Ateme-nguema *et al.*, 2001], ajouter à ceci les progrès réalisés dans les méthodes de résolution pour les grands modèles quantitatives – comme la programmation mathématique – conjugués au vœux d'une meilleur planification en matière de coordination des flux physiques et d'information, ont amené à concevoir et à élaborer un nouveau outil dit Système de Planification Avancée¹ (APS) servant comme outil de décision aux cadres supérieurs et intermédiaires de l'industrie manufacturières et/ou de services. À la différence de la traditionnelle *planification des ressources d'entreprise (ERP)*, ces nouveaux systèmes essaient de trouver des plans optimaux à travers toute la SC, et les étendus potentiels des goulots d'étranglement sont considérés explicitement. D'où l'importance de cette recherche.

Notre travail de recherche s'insère dans le cadre des sciences de l'économie, de gestion et des sciences pour l'ingénieur². Cette interdisciplinarité, qui suppose un dialogue, un échange ou une confrontation entre plusieurs disciplines [Vinck, 2000], est nécessaire pour mieux comprendre l'introduction des APS dans les entreprises, qui par définition touche à toutes les fonctions de l'organisation et peut être à la fois regardée sous un angle technique et économique. Nous tentons d'ouvrir la boîte noire formée par ces outils de gestion, en illustrant les parallèles entre technique et outil³ [Moison, 1997]. D'autres auteurs [Stefanou, 2001]; [Koch, 2001] utilisent également cette approche interdisciplinaire dans les études sur les ERP et signalent que les aspects organisationnels, culturels et humains sont tout aussi importants que les aspects technologiques.

Dans cette perspective, la problématique à laquelle on va essayer de répondre est :

Comment la planification avancée peut elle aider à la prise de décision dans le contexte du Management de la Supply Chain ?

Pour répondre à cette problématique il faut tout d'abord répondre à un certain nombre de questions dont les plus importantes sont :

Quelle est l'essence du SCM ? Quelles sont ces origines ? Dans quel sens y a-t-il de l'avance dans les concepts fondamentaux de la planification ?

Ainsi, notre objet de recherche se centre sur les systèmes de planification avancée, et la manière de les implémenter. Au cours de notre recherche bibliographique, nous avons constaté qu'il n'existait pas de travaux scientifiques (thèses, mémoires) sur les systèmes de planification avancée et de leur implantation et encore moins sur le Supply Chain Management – sauf celui réalisé par khtéb S. M. B. et qui a fait l'objet d'étude sur « *la Supply Chain Management dans les entreprises industrielles* » et dont le contenu fait référence à des définitions sur le sujet et composition de la SC (il n'aborde pas la planification, avec les ERP ni les techniques d'analyse et de modélisation indispensable à la

¹ APS signifie *Advanced Planning System* (système de planification avancée) ou *Advanced Planning and scheduling* (planification et ordonnancement avancée) – [Deirmendjian, 2006].

² Parce que la planification et plus précisément la gestion de la production étaient depuis longtemps le terrain privilégié des ingénieurs.

³ Une des caractéristiques de notre époque industrielle qu'une grande partie de l'expérience du management industrielle et générale se diffuse à travers des progiciels, véritable cumulateur d'expérience. Et d'ailleurs, l'historique de la *Supply Chain* peut être refait en suivant le développement des nouveaux logiciels et des concepts qui vont avec: MRP, DRP, TQM, EDI par serveurs, SCM, ERP, Internet, ..., APS. [Pimor, 2003; p10]

programmation de la SC ...etc. ; mais il a parlé de la planification via les MRPII qui ne cernent vraiment pas les problèmes de la SC d'aujourd'hui).

A vrai dire, notre travail s'inscrit dans la continuité de certains travaux réalisés précédemment par :

- M^{me} Boudelal dont l'intitulé était « *Application des techniques et modèles d'aide à la prise de décision dans l'entreprise algérienne* » et celui de
- M^{me} Bensmain dont l'intitulé était « *Analyse quantitative de la décision dans l'entreprise : la décision de production* »

mais dans un contexte où l'entreprise est intégrée et doit répondre à un marché globale avec des décisions de plus en plus complexe...etc.

3. Plan de travail:

Ce document est structuré en cinq chapitres. Leur organisation suit une logique similaire à celle utilisée dans la méthodologie de recherche et ceci afin de développer notre vision de la problématique et d'apporter les résultats de recherche.

Le premier chapitre de ce mémoire présente ainsi, les principes du SCM, commençant par sa définition et de ces modules. Puis ces origines qui peuvent être tracées depuis les années 50, là où [Forrester, 1958] commença à étudier la dynamique des systèmes de production – distribution industrielle (section 1). Avant d'introduire les APS dans l'industrie, il semble sensé, dans un premier temps de se documenter et d'analyser l'état actuel de la SC et de ses éléments (section 2). Les outils appropriés pour l'analyse sont les indicateurs de performance. Ils peuvent fournir des perspectives et des conseils pour placer des buts pour des projets de SCM. Souvent, les inventaires à différents endroits de la SC sont au centre d'intérêt de la gestion. Par conséquent, nous allons discuter les raisons potentielles de leurs existences. Un autre outil d'analyse de la SC, à savoir le modèle SCOR, qui fournit une représentation graphique plus satisfaisante avec différents niveaux d'agrégation (section 3).

Bien que les APS soient conçus pour être applicables dans un certain nombre d'industries, les problèmes de décision peuvent être très amples. Une typologie de la SC aidera à identifier les caractéristiques d'un APS spécifique, en donnant ces caractéristiques (SC) actuelles et qui ainsi peuvent guider le procédé de choix.

Le chapitre 2 traite les décisions relatives au SCM et explique les fondements de la planification avancée en présentant la planification à horizon glissant et décrivant les tâches de planification le long de la SC. En plus, ce chapitre décrit les systèmes d'information et d'aide à la décision et donne une structure générale des systèmes APS et ses composantes qui permettra d'étudier les différentes tâches de planification relative à la SC

Les chapitres 3 et 4 décrivent plus en détail la structure générale de l'APS, les fonctions et les dispositifs de modélisation actuellement disponibles sans ce rapport explicite à un APS spécifique. La présentation des concepts sous-jacents de ces modules débute avec la planification stratégique (chapitre 3), suivie de la planification tactique et opérationnelle des tâches de la demande, production et de distribution (chapitre 4).

Au cas où une SC se composerait de plusieurs organismes légalement séparés, les fonctions de planification (habituelle) ne seront pas commandées par un APS simple et centralisé, mais chaque associé exécutera ces propres fonctions de planification décentralisée soutenues par un APS individuel. Ici, la planification collaborative est en jeu (section 7) afin de convenir sur l'échange des données et du procédé de planification. L'objet global est que la

SC fonctionne de la façon la plus efficace, c'est-à-dire idéalement sans interrompre les flux d'information, matériel et de fonds financier.

D'après [Shapiro, 2000] de nos jours, la planification intégrée est finalement possible grâce aux progrès dans les technologies de l'information, mais la plupart des entreprises ont encore beaucoup à apprendre sur l'implantation des outils analytiques pour l'atteindre. Par conséquent, et puisqu'une mise en application d'un APS dans une société ou une SC exige beaucoup plus qu'une modélisation, nous décrivons dans le dernier chapitre (chapitre 5), les tâches nécessaires d'implémentation dans l'industrie.

Les relations qui existent entre les divers chapitres de ce mémoire sont résumées dans la figure suivante :

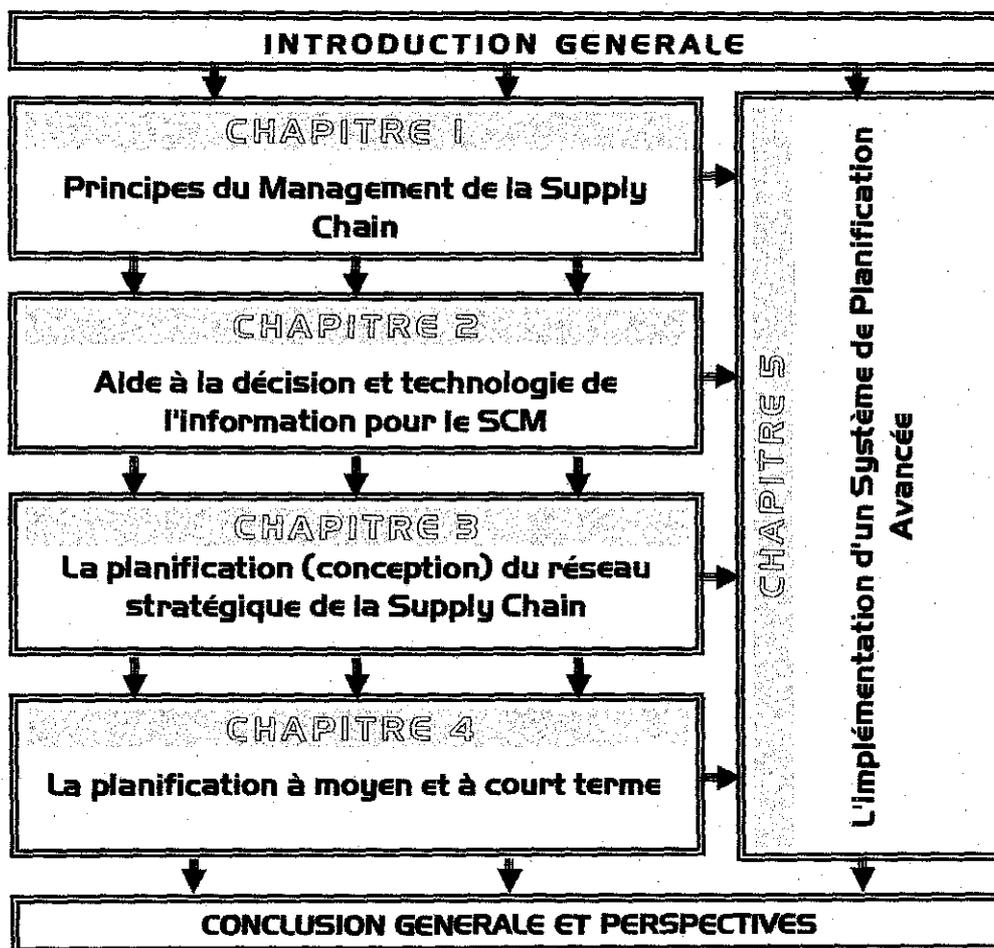


Figure : Plan du mémoire

Chapitre I

Principes du Management de la Supply Chain

| | |
|--|-----------|
| 1. <u>MANAGEMENT DE LA SUPPLY CHAIN - SCM</u> | 10 |
| 1.1. Supply Chain | 10 |
| 1.2. Définitions du SCM | 12 |
| 1.3. Modules du SCM | 16 |
| 1.4. Origines du SCM | 22 |
| 2. <u>ANALYSE DE LA SUPPLY CHAIN</u> | 29 |
| 2.1. Mesure de la performance..... | 29 |
| 2.2. Analyse des stocks..... | 34 |
| 3. <u>LA MODELISATION DE LA SUPPLY CHAIN</u> | 38 |
| 3.1. Approches de modélisation de la Supply Chain | 38 |
| 3.2. Le Modèle SCOR..... | 40 |
| 3.3. Typologie de la Supply Chain | 49 |

De nombreuses définitions du «management de la supply chain» ont été proposées dans la littérature. Le concept de « Supply Chain » lui-même donne lieu à des interprétations un peu différentes. Dans le cadre de ce chapitre, notre objectif est de tenter de converger vers une définition de la notion de SC, puis celle du SCM qui soit en conformité avec la manière dont nos recherches ont été menées

Avant de commencer un procédé d'amélioration on doit avoir une image claire de la structure de la SC existante et de la manière avec laquelle elle fonctionne. En conséquence une analyse détaillée des opérations, des inventaires et des processus constituant la SC est nécessaire. Donc des outils sont nécessaires comme support pour l'évaluation, modélisation et description adéquate de la SC. A cet effet, la § 2.1 présente les mesures de performance (indicateurs) alors que la § 2.2 donne une vue d'ensemble sur les stocks et présente une méthodologie standard d'analyse.

Après l'analyse de la SC, des outils adéquats qui soutiennent la modélisation et décrivent la SC sont nécessaires. Les processus de base pour réaliser la performance désirée doivent être déterminés et des goulots d'étranglement doivent être améliorés. Pour cela, différentes approches de modélisation sont présentés (§ 3.1) avant celle du Supply Chain Operations Reference model (SCOR- model) (§ 3.2) qui présente une terminologie et des définitions de processus normaliser, la métrique, et les meilleures pratiques pour la modélisation et la configuration des SC. Pour pouvoir identifier les tâches particulières de planification d'un certain type de SC, une typologie de la SC est définie dans la § 3.3.

I. Management de la Supply Chain – SCM

I.1. Supply Chain

La définition la plus courante de la SC est « un système de sous-traitants, de producteurs, de distributeurs, de détaillants et de clients entre lesquels s'échangent les flux matériels dans le sens des fournisseurs vers les clients et des flux d'information dans les deux sens » [Tayur et al. 1999]. [New et al., 1995] proposent de représenter les activités et les entreprises impliquées dans cette chaîne qui commence à l'extraction de la matière première en passant par les entreprises de production, les grossistes, les détaillants jusqu'au client final (figure 1.1)

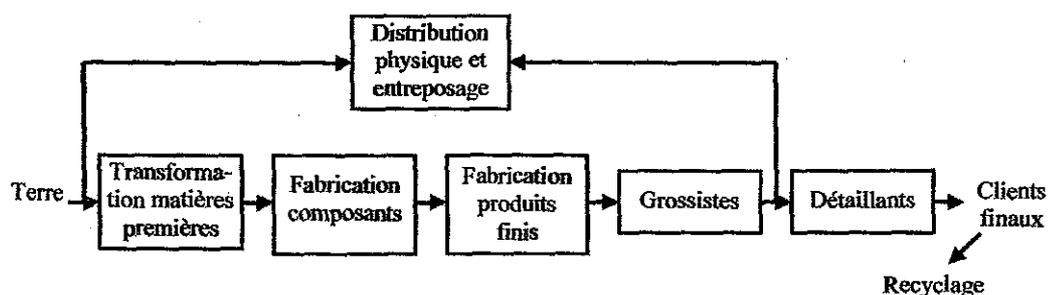


Figure 1.1 : activités et entreprises de la Supply Chain

Il existe une autre vision de la SC, plus « opérationnelle », donnée par [Lee et al., 1993] ; la SC d'un produit fini est alors « un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composants puis en produits finis, et de distribution du produit fini vers le client ».

Le rapprochement naturel entre la SC et un réseau d'installations permet de schématiser de façon très simple n'importe quelle SC. La représentation proposée dans la figure 1.2 fait apparaître les fonctions d'approvisionnement (relation entre fournisseur et

producteur), de transformation (par la production des biens) et de distribution (du produit final vers le ou les clients).

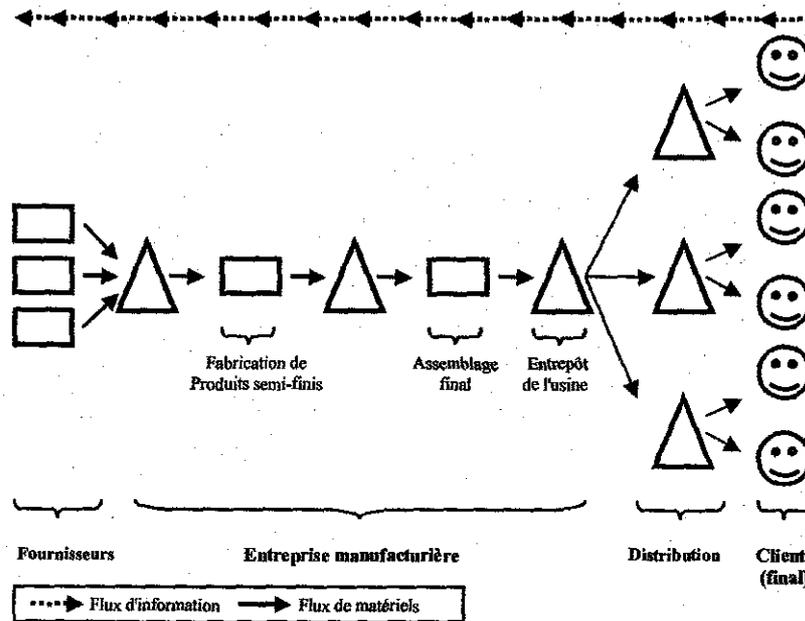


Figure 1.2. Supply Chain [Stadtler et al., 2000, p.12]

On trouve également un autre type de définition centrée sur **une entreprise**. Par exemple [Poirier et al., 2001] donnent la définition suivante « Une SC est le système grâce auquel les entreprises amènent leurs produits et leurs services jusqu'à leurs clients ». Dans cette optique des modèles de SC ont été proposés parmi ceux-ci on peut citer le modèle SCOR [Supply-Chain Council, 2006] (figure 1.3) ou encore le modèle proposé par [Kearney, 1994] (figure 1.4) :

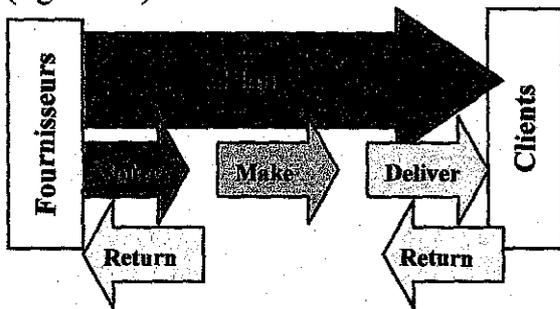


Figure 1.3 : modèle SCOR niveau 1

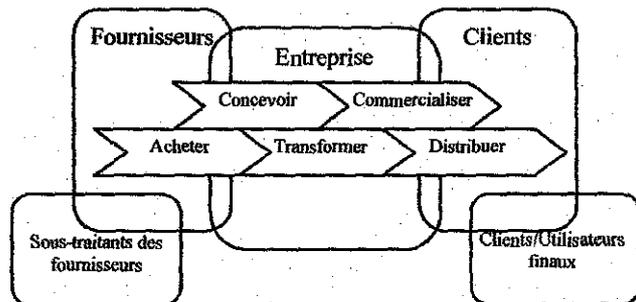


Figure 1.4 : modèle de Supply Chain

On peut donc dire que lorsque le concept de SC est abordé du point de vue d'une entreprise on considère l'ensemble des SC qui incluent l'entreprise considérée en se limitant parfois aux fournisseurs et aux clients de l'entreprise voire aux fournisseurs des fournisseurs et aux clients des clients.

D'un point de vue plus général (au-delà de celui d'une entreprise donnée), La SC d'un produit (ou d'une famille de produits) est « l'ensemble des entreprises qui interviennent dans les processus de fabrication, de distribution et de vente du produit, du premier des fournisseurs au client ultime » [Rota, 1998]. Cette chaîne est donc très étendue car les fournisseurs ont eux-mêmes leurs propres fournisseurs et les clients sont souvent fournisseurs d'autres clients.

1.2. Définitions du SCM

1.2.1. Revue de la littérature

Chercheurs et gestionnaires ont débattus pendant plusieurs années au sujet de la définition du management de la SC. Certains croient que le SCM est juste une logistique intégrée correctement implémenter. D'autres considèrent le SCM comme une intégration de plus de fonctions que la logistique (par exemple fabrication avec le marketing et le R&D, etc.).

L'un des premiers organismes qui a reconnu la nature intégrative des SC était *The Council of Logistics Management (CLM)*. Il a récemment mis à jour sa définition pour identifier que le SCM est plus étendu que n'importe quelle fonction et définit la logistique comme "cette partie du processus de SC qui projette, implémente, et contrôle l'écoulement efficace et le stockage efficaces des marchandises, des services, et de leur information respective du point d'origine au point de consommation afin de répondre aux exigences des clients." [CLM, 2006].

Aujourd'hui, après 15 ans de dissertation sur les premiers travaux du CLM, plusieurs définitions du management de la SC (SCM) existent. [Giunipero *et al.*, 1996] distinguent que trois typologies de SCM se sont développées, s'étendant des flux (unique) de marchandises, à un flux de marchandises et d'information, à une approche intégrée à valeur ajoutée. Depuis, la plupart des définitions se sont avancées de la vision sommaire des flux de marchandises et considèrent maintenant la nature intégrative des SC. [Cooke, 1997] déclare que le SCM est, "la coordination et l'intégration réussies de toutes ces activités associées aux circulation des marchandises de l'étape de matières premières à l'utilisateur final, pour un avantage concurrentiel durable. Ceci inclut des activités comme le management des systèmes, l'approvisionnement, l'ordonnancement de la production, traitement d'ordre, gestion des stocks, transport, entreposage, et service à la clientèle." [Quinn, 1997] ajoute, "un SCM réussi coordonne et intègre toutes ces activités dans un processus sans raccord. Il étroit et lie tous les associés dans la chaîne. En plus des départements de l'organisation, ces associés incluent les fournisseurs, des entrepreneurs, des tiers compagnies, et des fournisseurs de systèmes d'information."

[Lambert *et al.*, 1998] continuent le thème d'intégration et renforce le concept de la valeur, définissant le SCM comme "Le management de la SC est l'intégration des principaux processus d'affaires de l'utilisateur ultime aux fournisseurs initial qui fournissent des produits, services et informations qui pourvoit de la valeur ajoutée aux clients et autres dépositaires." [Cooper *et al.*, 1997] notent que cette définition est plus large que la définition traditionnelle de la logistique et précise le besoin d'intégration au delà de la fonction logistique.

[Ballou *et al.*, 2000] ont passés en revue les changements définitionnels de la vision de la logistique avec le temps et définissent une SC comme, "La SC se rapporte à toutes ces activités liées à la transformation et au flux des marchandises et des services, comprenant leurs propres flux d'information, de la source des matières premières au utilisateur ultime. Le management se réfère à l'intégration de toutes ces activités, internes et externes à la société." Saisie d'une vision légèrement différente, [Ballou *et al.*, 2000] identifient trois dimensions de management de la SC. Ils sont la coordination *intra-fonctionnelle*, coordination *inter-fonctionnelle* et coordination *inter-organisationnelle*. La coordination Intra-fonctionnelle se rapporte à l'administration des activités et des processus *dans* la fonction logistique de la société. La coordination Inter-fonctionnelle se rapporte à la coordination des activités *entre* les secteurs fonctionnels de la société tandis que la coordination inter-organisationnelle se rapporte à la coordination des activités de la SC qui ont lieu *entre* les sociétés légalement séparées.

[Mabert *et al.*, 1998] incorporent le procédé de conception de produits et définissent la SC comme "le réseau d'installations et d'activités qui exécute les fonctions du développement du produit, l'approvisionnement du matériel depuis les fournisseurs, le déplacement des matériaux entre les installations, la fabrication des produits, la distribution des produits finis aux clients, et le service après vente."

[Simchi-Levi *et al.*, 2000] identifient le dispositif systémique inhérent aux SC et définissent le SCM comme "un ensemble d'approches qui vise à intégrer efficacement des fournisseurs, fabricants, entrepôts, et magasins, de sorte que les marchandises soient produites et distribuées en bonnes quantités, aux bons endroits, et au bon moment, afin de réduire au minimum le niveau des coûts du système tout en répondant aux conditions du niveau de service."

[Alber *et al.*, 1998] ajoutent l'élément critique des flux financier à la SC et définit une SC comme "un réseau global employé pour livrer des produits et services depuis les matières premières au clients extrêmes par la construction des flux d'information, de distribution physiques, et financiers." [Ayer, 2000] continue la centration sur les flux, mais ajoute également une dimension de connaissance, et déclare que "le management de la SC est plus qu'une circulation des marchandises physique 'terre à terre'. C'est également de l'information, circulation de l'argent, et la création et le déploiement du capital intellectuel."

Soulignant, en outre, l'importance de la coordination fonctionnelle et de la congruence stratégique, [Mentzer *et al.*, 2001] définissent le management de la SC: « la coordination systémique, stratégique des fonctions opérationnelles classiques et de leurs tactiques respectives à l'intérieur d'une même entreprise et entre partenaires au sein de la SC, dans le but d'améliorer la performance à long terme de chaque entreprise membre et de l'ensemble de la chaîne »

D'autres définitions du management de la SC sont présentées dans le tableau I.1.

Tableau I.1 : Définitions du Management de la Supply Chain

Définitions du Management de la Supply Chain

- SCM est un procédé de réalisation d'une ligne de vue claire depuis la base d'approvisionnement à nos clients avec l'acheteur et vendeur travaillant conjointement pour éliminer la valeur non ajoutée des coûts, améliorer la qualité, vélocité de la satisfaction d'ordre, et l'introduction de nouveau produit et technologie de production (Porter, 1997)
- Le SCM est caractérisé par un contrôle basé sur la gestion de réseau et l'intégration des processus à travers les interfaces fonctionnelles, géographiques, et organisationnelles (Van Hoek, 1998)
- SCM est la coordination des flux des matériaux et des produits à travers l'entreprise et avec les partenaires commerciaux. Il inclut également la gestion de flux d'information, flux financier, et des flux de processus / travail. (Tyndall, Gopal, Partsch, & Kamauff, 1998)
- SCM intégré est une approche orientée processus pour l'approvisionnement, production, et la livraison des produits et des services aux clients et a une large portée qui inclut fournisseurs des fournisseurs, des fournisseurs, des opérations internes, des clients commerciaux, des clients du détail, et des consommateurs. ISCM couvre la gestion des flux matériels, d'information, et de fonds. MIT (Metz, 1998).
- SCM augmente le service à la clientèle et la rentabilité par la coordination/intégration de multiples échelons, processus, et fonctions comme les fournisseurs, achat, fabrication, distribution, marketing/ ventes, et des clients. (Akkermans *et al.*, 1999)

Bien que ces définitions diffèrent légèrement dans les mots, toutes communiquent l'importance de l'intégration, de la communication et de la coordination entre les fonctions et les organismes qui créeront de la valeur pour le client.

Une analyse des définitions ci-dessus indique les éléments critiques du SCM :

- Une focalisation sur les clients
- Management efficace des flux
- Flux de produit et de matière
- Flux d'information et de données
- Flux financiers
- Coordination intra-entreprise
- Marketing
- Technologie
- Achat
- Fabrication
- Logistique
- Finance
- Ressources Humaines
- Systèmes d'Information
- Coordination Inter-entreprise
- Fournisseurs de matière première
- Transformation et assemblage du matériels
- Compagnies de transport
- Fournisseurs de service
- Opérateurs d'entrepôt
- Détaillants

1.2.2. L'essence du SCM

Bien que le terme SCM a été introduit par les consultants au début des années 80 [Fawcett *et al.*, 2001], ce n'est que pendant les années 90 (§ 1.2.1) que plusieurs auteurs ont essayé de lui donner une structure et de ce fait permettre de poser son essence dans une seule définition. Dont ses constituants sont [Stadtler *et al.*, 2000] :

- l'objet de la philosophie de management
- le groupe-cible
- l'objectif (s) et
- les larges moyens d'atteindre ces objectifs

L'objet du SCM est la SC qui représente un « ...réseau d'organisations impliquées, à travers des liens ascendants et descendant, dans différents processus et activités produisant de la valeur sous forme de produits et services à remettre au client final » [Christopher, 1992]. Dans un sens large une SC se compose de deux organismes légalement séparés ou plus, étant liés par des flux matériels, financiers et d'informations. Ces organismes peuvent être des sociétés produisant des pièces, composants et produits finis, ou des fournisseurs de service logistiques et même au client (final). Ainsi, la définition présentée ci-dessus de la SC comprend également le groupe-cible – le client final.

Comme le montre la figure 1.2, un réseau habituellement se concentrera non seulement sur les flux d'une chaîne (unique), mais généralement devra traiter des flux divergents et convergents dans un réseau complexe résultant d'un grand nombre et différents ordres de client à manipuler en parallèle. Afin d'alléger la complexité, une organisation donnée peut se concentrer seulement sur une partie de la SC globale. Comme par exemple, en regardant dans la direction descendante, la vue d'une organisation peut être limitée par les clients de ses

clients tandis qu'elle finit avec les fournisseurs de ses fournisseurs dans la direction ascendante.

Dans un sens limité, la SC est également appliquée à de grande compagnie avec plusieurs emplacements souvent situés dans différents pays (une compagnie multinationale). Une SC est également appelée une SC *inter-organisationnelle*, toutefois le terme *intra-organisation* se relie à une SC dans un sens étroit (§ 1.2.1). Indépendamment de cette distinction, une collaboration étroite entre les différentes unités fonctionnelles comme le marketing, production, logistique et finances est obligatoire (figure 1.5).

L'objectif régissant tous les efforts dans une SC est vu en tant qu'une compétitivité croissante. C'est parce qu'aucune unité organisationnelle n'est maintenant seulement responsable de la compétitivité de ses produits et services aux yeux du client final, mais de la SC dans l'ensemble. Par conséquent, la concurrence a évolué d'une seule compagnie à toute la SC. Évidemment, convaincre une compagnie individuelle de devenir une partie d'une SC exige une *situation gagnant-gagnant (win-win situation)* pour chaque participant à la longue, alors que ceci peut ne pas être le cas pour toutes les entités à court terme. L'un des obstacles généralement admis pour améliorer la compétitivité est celui de fournir un service supérieur à la clientèle (§ 1.3.1). Alternativement, une société peut augmenter sa compétitivité en accomplissant un niveau pré-spécifié et généralement admis de service à la clientèle avec un coût minimum.

Il y a deux importants moyens d'améliorer la compétitivité d'une SC. L'un est l'*intégration plus étroite* des organismes impliqués et l'autre est une meilleure *coordination* des flux matériels, d'informations et financiers. Maîtriser les barrières organisationnelles, les stratégies parallèles et accélérer les flux le long de la SC sont des sujets communs à cet égard.

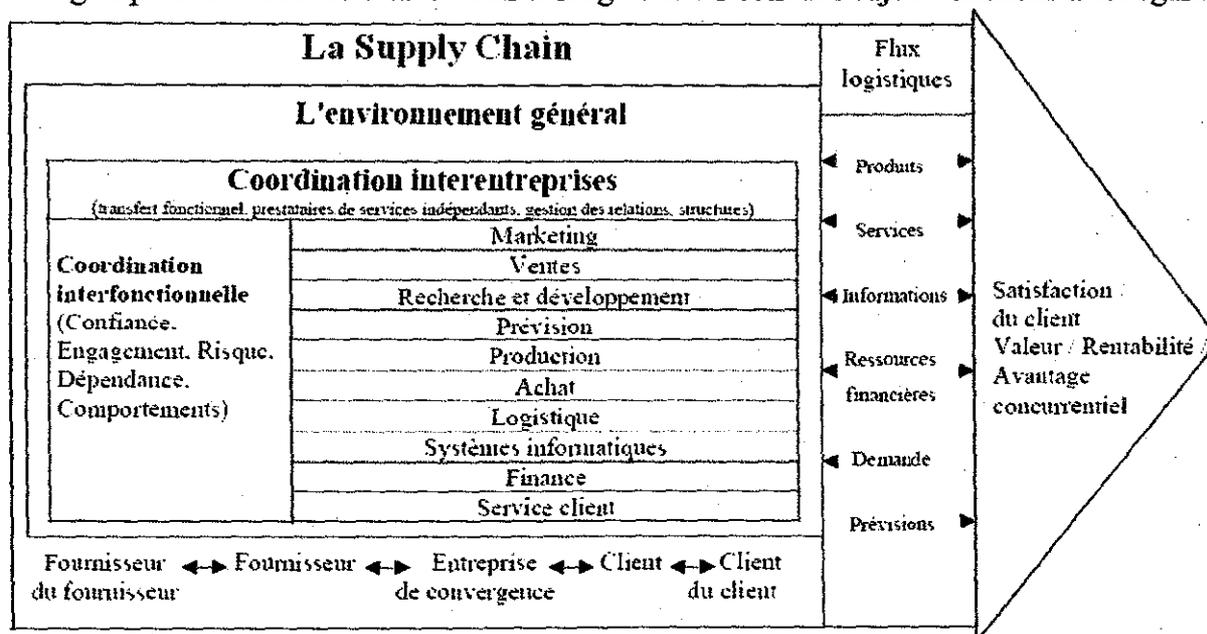


Figure 1.5 : Modèle du Management de la Supply Chain (Mentzer et al., 2001, p.15.)

Basé sur cette revue de la littérature et les confrontations des professionnels du SCM, nous pouvons définir le terme SCM comme étant « les tâches d'intégration des unités organisationnelles le long d'une SC et la coordination de ces flux matériels, d'information et financiers afin de satisfaire les demandes des clients (finaux) dans le but d'améliorer la compétitivité d'une SC dans l'ensemble ».

1.3. Modules du SCM

Une étendue recherche a été effectuée pour trouver les meilleurs moyens de SCM et d'optimisation de sa performance et ainsi la représenter en modules. Parmi ces représentations en trouve celle proposée par [Mentzer *et al.*, 2001] (Figure 1.5), mais celle qui a retenu notre attention et fera objet d'introduction à notre travail est celle proposée par [Stadtler *et al.*, 2000] (*House of SCM* – figure 1.6). Et ceci suite à sa composition d'un module très récent qui est la planification avancée. Dans cette représentation le toit représente le but final du SCM – compétitivité – et les moyens – service à la clientèle. La compétitivité peut être améliorée de plusieurs façon, par exemple en réduisant les coûts, croître la flexibilité quant aux variations dans les demandes des clients ou en fournissant une qualité supérieure de produits et services.

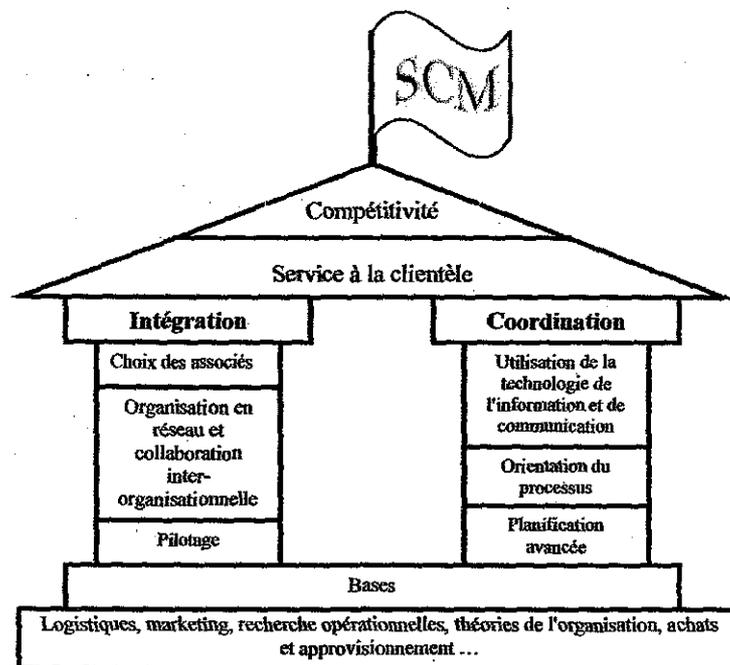


Figure 1.6 : House du SCM

Le toit repose sur deux piliers représentant les deux principaux composants du SCM, à savoir l'intégration d'un réseau d'organismes et la coordination des flux d'informations, matériels et financiers. La figure prouve également qu'il y a beaucoup de disciplines qui ont établi les bases du SCM.

Les deux principaux composants qui encourent un certain degré de nouveauté, seront maintenant décomposés en leurs modules. Premièrement, la formation d'une SC exige le choix d'associés appropriés pour une association de moyen (long) terme. Deuxièmement, pour devenir efficace et réussir une organisation en réseau, se composer d'organismes légalement séparés, appelés en pratique la collaboration inter-organisationnelle. Troisièmement, pour une SC inter-organisationnelle, les nouveaux concepts de pilotage (*leadership*) des stratégies parallèles des associés impliqués sont importants.

La coordination des flux le long de la SC peut être exécutée efficacement en utilisant les derniers développements en technologie de l'information et de communication [Handfield *et al.*, 1999]. Ceux-ci permettent d'automatiser les processus autrefois exécutés manuellement. L'orientation du processus incorpore ainsi souvent une nouvelle conception suivie d'un étalonnage du nouveau processus.

Pour exécuter les ordres de client, la disponibilité des matériaux, personnel, machines et outils doit être planifiée. Bien que, la planification de la production et de la distribution aussi bien que de l'achat ait été en œuvre pendant plusieurs décennies, ils ont été à la plupart

du temps limitées dans la portée. La coordination des plans au-dessus de plusieurs sites et organismes légalement séparés représente un nouveau défi qui est relevé par *la planification avancée* (systèmes).

Comme en la déjà énoncé, la maison du SCM est constituée d'un toit et de deux piliers, et en ce qui va suivre une description détaillée de ses modules.

1.3.1. Service à la clientèle

Le service à la clientèle est une notion multidimensionnelle. Selon un exposé réalisé par LaLonde et Zinszer [citer dans Christopher, 1998, p.39] il y a trois éléments qui composent le service à la clientèle,

- les éléments pré-transactionnels
- les éléments transactionnels et
- les éléments de post-transaction.

Les éléments *Pré-transactionnels* se relient aux activités d'une compagnie précédant le contrat. Ils concernent l'accès du client à l'information concernant les produits et services qu'offre l'entreprise et l'existence de lien stable entre les organismes impliqués. Évidemment, pour la commande d'un produits standard et ordinaire (comme des vis), un achat indifférent par l'intermédiaire d'Internet peut être suffisant. Cependant, les grands projets (comme la construction d'un bâtiment commercial) exigeront plusieurs liens personnels entre les organismes impliqués dans différents niveaux de la hiérarchie. En conclusion, la flexibilité de répondre à différentes exigences du client peut être un élément important pour se qualifier et gagner ainsi une commande.

Les éléments *transactionnels* sont tous ceux qui contribuent à l'accomplissement de la commande aux yeux du client. La disponibilité des produits (depuis le stock) peut être une option. Si le produit ou le service doit être livré sur demande, les durées du cycle de la commande jouent un rôle important. Pendant les délais de livraison un client peut être pourvu d'information sur l'état actuel et l'endroit d'une commande. C'est pourquoi lors de la livraison des marchandises plusieurs services additionnels peuvent être inclus, comme l'introduction dans l'utilisation d'un produit, sa maintenance etc...

Les éléments *post-transactionnels* concernent, la plupart du temps, le service fourni une fois que la commande est accompli. Ceci inclut des éléments comme la réparation ou le changement des pièces défectueuses et la maintenance, les plaintes des clients et les garanties de produit.

Pour mesurer le service à la clientèle et pour fixer ses buts, des indicateurs de performance sont employés dans la pratique, comme par exemple le délai d'obtention maximum de la commande, la partie de la commande fournie dans x jours, ou le taux de satisfaction.

Si un certain niveau (standard) de service à la clientèle a été convenu, il doit être décomposé tels que chaque entité de la SC sait comment contribuer à son accomplissement.

Supposer qu'un délai de livraison de neuf jours doit être offert aux clients (exemple figure 1.7). Maintenant, suivant chaque activité en amont dans la SC avec les délais prévus pour ces flux informationnels et physiques, il devient clair, là où *le point de découplage* entre les deux options production sur stock et production à la commande, peut être localisé. Puisque les délais réels d'assemblage montent à 11 jours, ceci exigerait un assemblage sur stock.

Les stocks tenus au point de découplage encourent des coûts et augmentent le temps de sortie. Un point de découplage exige qu'aucun article ou composant, adapté aux besoins du client, ne soit produit en amont. Dans le meilleur des cas, les articles produits sur stock

ont une grande ressemblance (standard) tels qu'ils peuvent être employés dans plusieurs produits. Ceci réduira le risque de garder des stocks incorrect, s'il y a une variation inattendue dans la demande (ex. ordinateur).

Si les délais d'assemblage pour une pièce spécifique excèdent les délais de livraison prévus pour un client, la SC dans l'ensemble – comprenant les clients importants – doit rechercher à réduire les délais pour les flux physique ou d'information (par exemple, le transfert des ordres par les moyens électroniques). Cependant, ceci n'est pas pratique dans tous les coups. Donc, seul des techniques de planification et d'ordonnancement avancées dans l'usine d'assemblage peuvent permettre un *assemblage à la commande*, et une *fabrication sur stock* plus rapide).

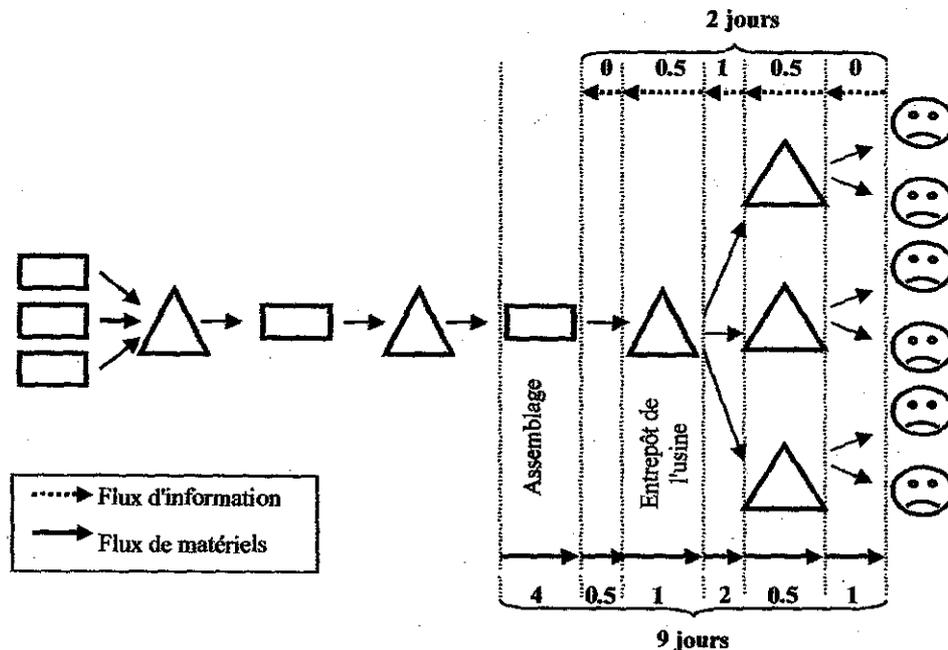


Figure 1.7. Délai d'exécution d'un ordre et le point de découplage

1.3.2. Intégration

Comme a été énoncé précédemment, une SC se compose de plusieurs sociétés légalement séparées collaborant à la génération de produit ou de service avec le but d'améliorer la compétitivité d'une SC dans l'ensemble. L'intégration se rapporte à des modules qui font collaborer ces sociétés au long terme, à savoir

- choix des associés
- organisation en réseau et collaboration inter-organisationnelle
- pilotage (leadership)

Le choix des associés commence par analyser les activités liées à la génération d'un produit ou d'un service pour un certain segment du marché. Premièrement, les activités seront assignées aux membres existants dans la SC, s'ils se relient à leurs compétences de noyau (voir introduction). Deuxièmement, les activités concernant les produits standard et les services largement disponibles sur le marché et sans potentiel de différenciation aux yeux des clients finals, seront achetées de l'extérieur de la SC. Troisièmement, pour toutes les activités restantes, un associé doit être recherché pour joindre la SC, au cours du procédé de décision d'achat ou de vente.

Les critères de sélection ne devraient pas être basés seulement sur des coûts, mais sur de futur potentiel d'un associé à soutenir la compétitivité de la SC [Handfield *et al.*, 1999]. Une culture d'organisation appropriée et un engagement à contribuer aux objectifs de la SC

seront de grande importance. Un éventuel associé peut apporter son savoir-faire spécialisé concernant un procédé de production ou son savoir-faire des produits et de leur développement. En cas de SC globale, des critères additionnels doivent être considérés (comme les impôts, taux de change etc.) (§ III).

L'attribution des activités aux membres de la SC qui peuvent mieux les exécutés aussi bien que la capacité d'adapter la structure de la SC rapidement selon les besoins du marché sont aperçues comme un avantage important comparé aux hiérarchies traditionnels.

Perspective de la théorie organisationnelle, les SC sont une forme spéciale d'*organisation en réseau*. Elles se composent d'acteurs indépendants librement associé avec une égalité de droit. Sa structure organisationnelle est adaptée dynamiquement selon les tâches à exécuter et les objectifs de l'organisation en réseau dans l'ensemble. De ce fait, Une SC peut être considérée comme une seule entité (virtuelle) par ses clients. Le terme société virtuelle, cependant, est employé pour un réseau de sociétés collaborant seulement à court terme, parfois uniquement pour accomplir un seul ordre de client.

La collaboration inter-organisationnelle est une nécessité pour une SC efficace. Une SC est considérée comme une croix entre l'interaction pure du marché et une hiérarchie. Elle essaye de combiner les meilleurs dispositifs des deux. Dans le meilleur des cas, chaque entité dans une SC se concentrera sur ses compétences de noyau et sera soulagée des procédures rigoureuses de décision et des routines administratives attribuées à une grande hiérarchie. L'information et le savoir-faire partager s'épanouit entre les membres. La concurrence parmi les membres, le long de la SC, est substituée par l'engagement vers l'amélioration de la compétitivité de la SC dans l'ensemble. Cependant, un risque demeure toujours que la collaboration est rompue à un moment donné. Ces dispositifs supposent l'augmentation de l'innovation et la flexibilité en prenant en compte les nouvelles tendances du marché.

Bien que légalement indépendantes, les entités dans une SC dépendent économiquement l'une de l'autre. Évidemment, la structure d'une SC demeurera stable, seulement s'il y a une *situation de gagnant – gagnant (win-win situation)* pour chaque membre – au moins à long terme. Si ceci n'est pas réalisé à court terme par les mécanismes habituels des prix, alors, des arrangements de compensation doivent être recherchés. Pour imposer la concordance des membres de la SC plusieurs types de liens peuvent être employés :

- liens techniques qui sont apparentés aux technologies utilisées par les sociétés,
- liens de connaissance reliés aux savoirs des parties au sujet de leurs affaires,
- liens sociaux sous forme de confiance personnelle,
- liens administratifs reliés aux routines et procédures administratives de la société, et
- liens légaux sous forme de contrats entre les sociétés.

Un autre lien peut être présenté en échangeant des contributions au capital. Les liens doivent être adoptés, pour accumuler sans interruption un certain degré de confiance – la base d'une association à long terme.

Le pilotage, étant le troisième module de l'intégration, est un thème sensible à la lumière de l'idéal des acteurs organisateurs et poly-centraux formant la SC. Au moins quelques décisions devraient être prises pour la SC dans l'ensemble, comme l'annulation d'une association ou l'intégration d'un nouvel associé. Les stratégies parallèles entre les associés peuvent exiger une certaine forme de conduite.

Dans la pratique, *Le pilotage* peut être exécuté par une compagnie focale ou un comité de coordination. Une *compagnie focale (focal company)* est habituellement un membre ayant la plus grande puissance (financière), le meilleur savoir-faire des produits et des processus où a la plus grande part ou valeurs créées pendant l'accomplissement des commandes. Aussi,

Dans certains cas la compagnie focale peut être le fondateur d'une SC. Dû à ces raisons, les décisions prises par cette compagnie seront acceptées par tous les membres. D'autre part, *un comité de coordination* peut être désigné, constituer de représentants de tous les membres d'une SC. Les règles de prise de décision – comme le nombre de voix par membre – sont sujettes à des négociations.

En dépit des avantages attribués à une SC, on devrait considérer que sa structure est vulnérable – la sortie d'un associé peut compromettre la survie de la SC dans l'ensemble. En outre, un membre peut courir au risque de devenir sans attrait et être substitué par un concurrent une fois que son savoir-faire a été partagé dans la SC.

À la lumière des derniers développements en technologie de l'information et de communication aussi bien que des logiciels de planification des flux physiques ces conditions aient été maintenant largement remplies.

1.3.3. Coordination

La coordination des flux d'informations, matériels et financiers – le deuxième principal composant du SCM – comporte trois modules

- utilisation de la technologie de l'information et de communication
- orientation des processus
- Planification avancée.

Les avances réalisées en *technologie de l'information* (IT) ont permis de traiter l'information à différents endroits dans la SC et permettre ainsi l'application de la planification avancée. Les dispositifs de stockage démesurés et bon marché permettent d'entreposer et de rechercher des données historiques de masse, comme par exemple le passé des ventes. Ces bases de données peuvent maintenant être employées pour une meilleure analyse des habitudes du client aussi bien que pour des prévisions plus précises de la demande. Les interfaces à usages graphiques permettent aux utilisateurs d'accéder et de manoeuvrer des données plus facilement.

La communication par l'intermédiaire de l'échange de données électroniques (EDI) peut être établie via un réseau privés et publics, le plus répandu étant l'Internet. Les membres d'une SC peuvent être informés ainsi instantanément et a bon marché.

Les liaisons peuvent être différenciées selon les parties impliquées – affaires (Business - B), consommateur (C) ou administration (A). Deux liaisons seront discutées ici :

Business-to-business (B2B) : les communications permettent aux compagnies de réorganiser les processus, comme celui de l'achat. Les tâches manuelles, par exemple le placement et commande pour un article standard, peuvent maintenant être assurées par un ordinateur. Il commande alors entièrement le processus, de la transmission de l'ordre, son acceptation par le fournisseur et son exécution, jusqu'à ce que l'envoi soit reçu et vérifié. Enfin, le montant à payer est transféré automatiquement au compte du fournisseur.

Business-to-consumer (B2C) : les communications visent à approcher l'utilisateur par l'intermédiaire de l'Internet. Plusieurs nouveaux défis doivent être adressés ici, comme l'accès facile à l'information concernant les produits et services, assuré la sécurité des paiements et finalement du transport des marchandises ou des services au client. B2C ouvre une nouvelle voie de marketing aux utilisateurs et leurs offres des moyens d'incorporer une SC.

Le deuxième module, qu'est *l'orientation du processus*, vise à coordonner toutes les activités impliquées dans l'accomplissement des commandes du client d'une manière plus efficace. Il commence par l'analyse de la SC existante (§ 1.2), et l'attribution des activités à ses membres.

Les indicateurs de performance peuvent indiquer les faiblesses, goulots d'étranglement et la perte dans une SC, particulièrement à l'interface entre ses membres. Une comparaison avec les meilleures pratiques peut soutenir cet effort. En conséquence, quelques activités seront sujettes à des efforts d'améliorations, alors que d'autres peuvent être réappropriées. L'"orientation de processus" a beaucoup en commun avec le *reengineering* des processus d'affaires (*business process*), cependant, il n'aura pas nécessairement comme conséquence une conception radicale (nouvelle). Comme [Poirier *et al.*, 2001] le présente " l'amélioration des processus en travers les compagnies est la prochaine grande frontière pour réduire les coûts, augmenter la qualité, et la vitesses des opérations ”.

La planification avancée – le troisième module – introduit les niveaux de planification à long, à moyen et à court terme. Les produits logiciels – appelés *système de planification avancé* – sont maintenant disponibles pour soutenir ces tâches de planification.

L'APS ne substituent pas mais complètent les systèmes existants *de planification des ressources d'entreprise* (ERP). L'APS assurent maintenant les tâches de planification, alors qu'un système ERP est encore exigé comme système de transaction et d'exécution (des commandes). Les avantages de la nouvelle architecture doivent être regardés à la lumière des insuffisances bien connues des systèmes ERP traditionnels en ce qui concerne la planification. Essentiellement, un système ERP modélise les différentes tâches de planification inadéquatement. En outre, ces tâches de planification sont exécutées séquentiellement sans tenir compte des révisions des décisions du niveau supérieur. En outre, la planification de la production et de la distribution sont plus ou moins des systèmes séparés. Enfin les systèmes ERP ont été conçus pour une seule société, tandis que l'APS ont été conçus également pour les SC inter-organisationnel.

Puisque la planification est maintenant exécutée dans la mémoire vive d'un ordinateur, les plans peuvent être mis à jour facilement et sans interruption (par exemple dans le cas d'une panne d'une chaîne de production).

Actuellement la planification a les possibilités de se rendre compte des goulots d'étranglement à l'avance et de ce fait mieux les utilisés. Les modes des opérations alternatifs peuvent être évalués, ainsi réduire les coûts et améliorer les bénéfices. Différents scénarios de futurs développements peuvent être planifiés afin d'identifier une prochaine étape robuste pour un intervalle de planification future.

Le dispositif le plus favorable de l'APS est vu dans sa capacité de vérifier si des (nouveaux) ordres de client avec une date due donnée peuvent être acceptés (ATP) (§ IV.4). Au cas où il n'y aurait aucun stock suffisant, il est même possible de produire un plan expérimental, en insérant la nouvelle commande du client dans un programme habituel d'une machine où il sera mieux exécuté. Évidemment, ces nouveaux dispositifs permettent à une SC de se conformer mieux aux dates dues admises, de devenir plus flexible et de fonctionner plus économiquement.

1.3.4. Fondements

Pour actionner une SC avec succès, beaucoup plus de composants sont nécessaires, lesquels ont été rapportés dans la littérature ces dernières années au sujet, comme :

- La Logistique et transport
- Le Marketing
- La Recherche opérationnelle
- Le Fonctionnement organisationnel, l'organisation industrielle et l'économie des coûts transactionnels
- L'Achat et l'approvisionnement
- ...

Certainement il y a des liens forts entre le SCM et la logistique, comme il peut être observé en regardant les cinq principes de la pensée logistique :

- pensée aux valeurs et avantages (*thinking in values and benefits*)
- pensée systèmes (*systems thinking*)
- pensée au coût total (*total cost thinking*)
- orientation du service (*service orientation*)
- Essayer d'obtenir l'efficacité (*Striving for efficiency*).

Pensée dans les valeurs et les avantages, implique qu'il y est un (client final) qui assigne une valeur à un produit. La valeur et l'avantage d'un produit peuvent être améliorés avec sa disponibilité "quand" et "où" il est réellement nécessaire. La pensée systèmes exige l'examen de toutes les entités impliquées dans la production simultanément d'un produit ou d'un service. Toutes les activités sont orientées vers un niveau de service donné. L'orientation de service n'est pas limitée vers le client final, mais s'applique également à chaque entité recevant un produit ou un service d'un fournisseur. L'efficacité comporte plusieurs dimensions. La dimension technologique exige le choix des processus qui ont comme conséquence un résultat donné sans gaspillage. En outre, la prise de décision sera guidée par des buts économiques, concernant des bénéfices communs et de futurs potentiels. Ces deux dimensions seront complétées par une dimension sociale et écologique.

Un autre sujet, la recherche opérationnelle, a contribué à la construction et à la résolution de modèles requis pour les flux coordonnés le long de la SC. Les bases de la construction des modèles ont été déjà développées dans les années 60 et 70. Cependant, seulement avec la naissance d'ordinateurs puissants, de grands dispositifs de stockage et de la disponibilité des méthodes adéquates de résolution – comme la programmation mathématique et les méta-heuristique robuste – ces modèles maintenant peuvent être résolus avec des efforts informatiques raisonnables.

1.4. Origines du SCM

Le terme SCM a été créé par deux conseillers – Oliver and Webber – en 1982 [stadtler *et al.*, 2000]. La SC dans leur vue soulève la mission de la logistique pour devenir un souci supérieur de gestion, depuis¹ "... uniquement les cadres supérieurs pouvez s'assurer que les objectifs fonctionnels contradictoires le long de la SC sont réconciliés et équilibrés ... et en fin, que la stratégie des systèmes intégrée qui réduisait le niveau de vulnérabilité est développée et mis en application ". Dans leur vue, la coordination des flux matériels, d'informations et financiers au sein d'une grande société multinationale est une tâche alléchante et profitable. Évidemment, former une SC d'un groupe de différentes compagnies qui agit comme une seule entité est encore plus dure.

La recherche sur l'intégration et la coordination des différentes unités fonctionnelles a commencé beaucoup plus tôt que la création du terme SCM en 1982. Ces efforts peuvent être tracés dans des domaines divers tels que la logistique, le marketing, la théorie de l'organisation, la gestion des opérations et la recherche opérationnelle. Ces contributions sont :

- recherche de conduits
- collaboration et coopération
- repérage et contrôle des inventaires dans les réseaux de distribution et de production
- effet de bullwhip en systèmes de distribution et de production
- Planification hiérarchique de la production.

¹ "... only top management can assure that conflicting functional objectives along the supply chain are reconciled and balanced... and finally, that an integrated systems strategy that reduces the level of vulnerability is developed and implemented"

1.4.1. Recherche de Conduits

La recherche de conduits (channel research) s'inscrit dans la réflexion conduite sur le point de pénétration de la commande (postponement), en usage dès 1920 et formalisé dans les années cinquante. Selon ce concept, l'entreprise doit retarder le plus possible l'exécution de certaines opérations de production, d'assemblage ou de conditionnement en ne les déclenchant qu'à la réception de commandes fermes pour répondre, sans stock inutile, aux besoins exacts exprimés par le client [Giard et al., 2005]. La mise en oeuvre de ce principe sur la chaîne de valeur dépend, entre autres, du délai de réponse commercialement admissible séparant une commande ferme, de sa livraison. Si ce délai est court, des stocks de composants et sous-ensembles doivent être constitués en anticipation de la demande. L'augmentation de la diversité des produits et la diminution de ce temps de réponse conduisent à déplacer ces stocks vers l'aval du processus de production; l'appel à la différenciation retardée dans la conception des nouveaux produits permet de contrer ce déplacement économiquement coûteux.

Le point de pénétration de la commande (PPC), ainsi, sert à réduire le risque du marché (parce que le produit restera dans l'état indifférencié aussi longtemps que possible pour faire face mieux aux décalages inattendus du marché). En outre, Le PPC peut réduire les coûts de transport, puisque les produits seront tenus en amont dans la SC (par exemple à l'entrepôt de l'usine) jusqu'à ce qu'ils soient réellement nécessaires en aval (par exemple au centre de distribution), réduisant de ce fait le besoin de transporter les marchandises entre les centres de distribution. Troisièmement, quand on examine le PPC de l'étape de production on pourrait découvrir qu'il peut être éliminé entièrement, c.-à-d. "...si une étape n'est pas exécutée prématurément, elle ne pourra jamais être réalisée". Comme l'exemple donné par Alderson où il élimine le remplissage du blé dans des sacs par un camion avec un wagon ouvert.

Les trois principes du PPC sont encore appliqués aujourd'hui. En ce qui concerne l'élimination d'une étape, nous pouvons voir que les clients sélectionnent leurs marchandises directement des plates-formes éliminant de ce fait le besoin du détaillant de mettre les marchandises dans les rayons. Un autre exemple étant les clients d'IKEA effectuant, par eux-mêmes, l'assemblage des meubles.

1.4.2. Collaboration et Coordination

[Bowersox, 1969] a déjà eu conscience que les objectifs individuels des différentes unités fonctionnelles au sein d'une société peuvent contrecarrer l'efficacité globale.

De plus, Bowersox a critiqué les faits que les systèmes principalement de distribution physique ont été étudiés d'avantage que les organismes verticalement intégrés. "D'un point de vue plus pratique, les activités de distribution physique et les activités relatives se terminent rarement quand le transfert de propriété (du produit) à lieu". Si l'interface entre deux systèmes de distribution physiques ou plus n'est pas correctement définie et n'est pas synchronisée, ceci "... peut bien mener à la génération de coût excessive et à l'altération du service à la clientèle".

Bien que discutant du point de vue de la distribution physique, Bowersox (ainsi que Alderson) a déjà préconisé un besoin intra-organisationnel aussi bien que *la coopération et la coordination* inter-organisationnelles [Bonet, 2000].

1.4.3. Repérage et contrôle des inventaires dans les réseaux de production et de distribution

[Hanssmann, 1959] était le premier qui a publié un modèle analytique sur l'interaction des stocks dans une SC avec trois emplacements de stockage périodique. À chaque endroit un système de revue périodique et de niveau de réquisition d'ordre est employé. On assume que

les demandes des clients sont normalement distribuées. Le support de décision est donné pour deux cas : localisation d'inventaire si seulement un seul endroit est permis dans la SC et la commande (contrôle) des inventaire si chacun des trois endroits peut être employé. Comme méthode de résolution, la programmation dynamique est proposée.

La localisation et l'allocation des inventaires périodiques, convergents et divergents dans les SC sont toujours un sujet important de recherche (aujourd'hui).

1.4.4. Effet de Bullwhip dans les systèmes de Production et de distribution

L'effet de bullwhip décrit l'amplification croissante des ordres produit dans une SC plus en se déplace en amont. Étonnamment, ce phénomène se produit également même si une demande d'article d'extrémité est assez stable. Ce phénomène est considéré comme un classique (théorème) du SCM.

Le comportement dynamique des systèmes industriels de production et de distribution a été déjà analysé par Forrester (1958). Le système, le plus simple, étudié est une SC faite d'un détaillant, d'un centre de distribution, d'un entrepôt de l'usine et d'un site de production (figure 1.8). Chaque entité peut faire usage seulement des informations localement disponibles pour prendre ses décisions de commande pour faire face à la demande. Un autre dispositif important est le délai entre la prise de décision (par exemple commande) et sa réalisation (par exemple réception de l'expédition correspondante). Ces délais sont indiqués dans la figure 1.8 au-dessus de leurs arcs respectifs (Mesuré en semaines). Supposant qu'un ordre de client soit donné. Alors le détaillant a besoin d'une semaine pour le livrer sur stock. Le délai d'obtention entre un ordre entrant de client jusqu'à ce qu'une décision pour compléter le niveau d'inventaire soit prise est de trois semaines, alors que la transmission au centre de distribution prend une demi semaine. Le centre de distribution a besoin de deux semaines pour traiter l'ordre, alors que l'expédition de l'ordre au dépôt de l'usine prend une autre semaine. Ainsi, l'ordre d'un client doit passé cinq semaines et demi pour qu'il se réalise et le stock du détaillant pour se remplir (figure 1.8). Les autres délais correspond au différentes entités ascendantes peuvent être dérivés de la même manière.

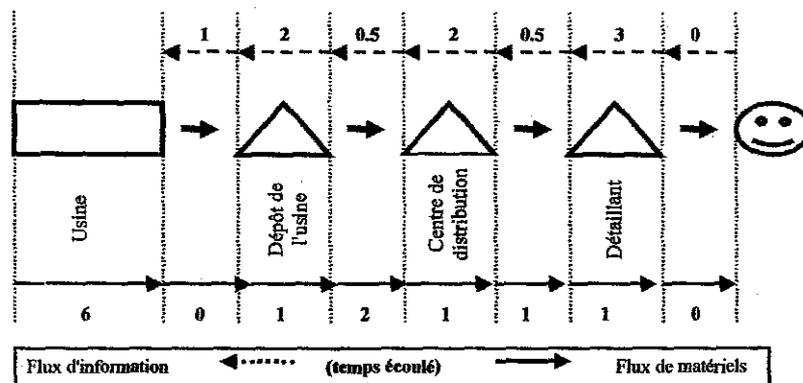


Figure 1.8 : La Supply Chain modélisée par Forrester

Forrester a montré les effets d'une seule augmentation soudaine de 10% des ventes en détail sur les commandes passées et les niveaux des inventaires de chaque entité dans la SC (figure 1.9). Il conclut que "... les ordres à l'entrepôt de l'usine atteignent, à la 14^{ème} semaine, une crête de 34 %" et "... le rendement de l'usine, retardé par un délai d'usinage de six semaines, atteint une crête dans la 21^{ème} semaine, une quantité de 45%." [Forrester, 1961, citer dans Stadtler, 2000] Évidemment, ces fluctuations amplifiées dans la commande et niveaux de stock ont comme conséquence des coûts de stockage évitables et un comportement instable du système.

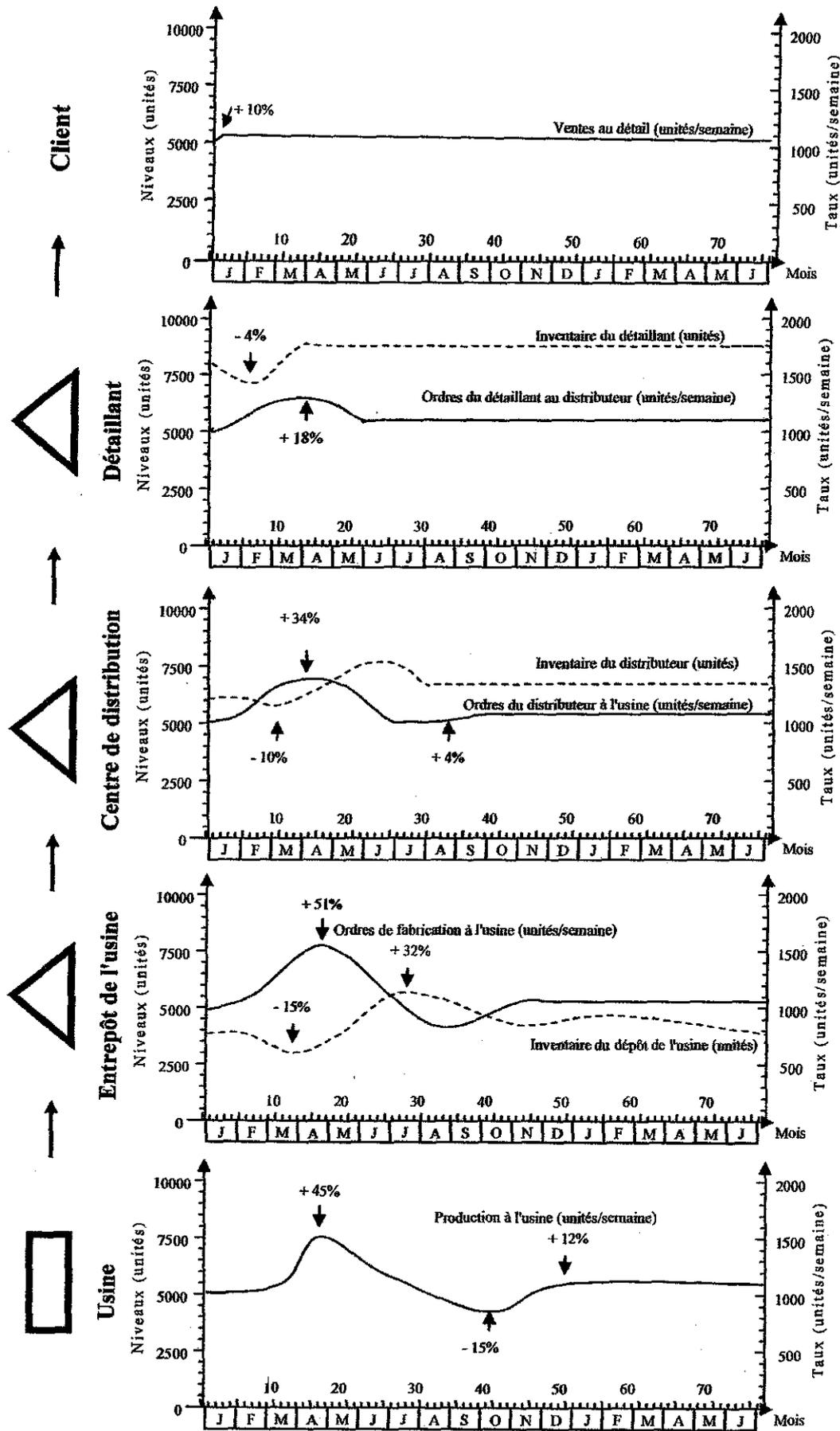


Figure 1.9 : l'effet bullwhip

Bien que l'unité de temps d'une semaine semble dépassée de nos jours, son remplacement par les jours peut mieux refléter les pratiques en vigueur et ne changera pas la structure du modèle.

Afin de montrer la pertinence du travail de Forrester sur les sujets du SCM d'aujourd'hui, nous ajoutant le terme *jeu de bière*.

L'introduction du terme dit *jeu de distribution de bière (beer game)* par [Sternan, 1989] a attiré une grande attention des chercheurs et des praticiens pour étudier encore l'effet de *bullwhip*. En observant un système de production-distribution industriel lié aux perspectives de la rationalité humaine, Sternan a étudié le comportement des commandes des individus possédant seulement une information locale.

Dans un tel environnement, là où la connaissance d'un individu est limitée à son statut de stock courant, La quantité réelle commandée par son successeur direct dans la SC et sa connaissance au sujet de sa performance passée, l'être humain tend à réagir en exagération par une amplification des commandes passées. Plus pire encore, l'amplification et le retards de la phase de commande augmente de façon constante plus en déplace en amont de la SC.

Ce comportement qui est loin d'être optimal pour toute la SC, a été observé dans beaucoup de répétitions indépendantes du jeu de distribution de bière aussi bien que dans la pratique industrielle. En fait le terme effet de *bullwhip* a été inventé par les directeurs de Procter & Gamble en examinant la demande pour le choie de disposition des couches-culottes.

Évidemment, les vrais systèmes de production-distribution sont beaucoup plus complexes que ceux décrits ci-dessus. Cependant, examiner les types de comportement et politiques souvent adoptés par les directeurs locaux, peuvent amplifier les fluctuations encore davantage. L'étude des causes de l'effet de *bullwhip* et ses traitements sont devenus un domaine de recherche très riche dans le SCM. Récemment, [Lee et al., 1997] [Moyaux, 2002] ont divisés les recommandations de contrecarrer l'effet de *bullwhip* en quatre catégories:

- éviter les mises à jour multiples de la prévision de la demande,
- rompre les ordres en lots,
- stabiliser les prix,
- Éliminer le jeu dans les situations de déficience (rupture).

Éviter les *prévisions multiples de la demande* signifie que les décisions d'agencement devraient toujours être basées sur la demande du client finale et pas sur le comportement de la commande d'un associé descendant immédiat, puisque le comportement de la commande d'un associé descendant immédiat habituellement montrera des amplifications dus au traitement en lots d'ordre et aux possibilité de réactions exagérées. Avec l'arrivée de l'EDI et les possibilités de saisir les ventes faites avec le client final (données du point de vente (POS - *point-of-sale* (POS) data)), des données précises et opportunes peuvent être rendues disponibles pour chaque entité dans la SC, de ce fait, également, réduisant le laps de temps drastique dans le système de rétroaction (feedback). Si les demandes du client final ne sont pas disponibles, les techniques de prévisions empêcheront des réactions exagérées et lisseront des prévisions de la demande.

Dans une approche plus radicale quelque uns ont pu changer de la prise de décision décentralisée à en produire centralement des plans d'approvisionnement. Même le client final peut être inclus dans ces plans, comme c'est le cas dans la *gestion de l'inventaire par le fournisseur (vendor managed inventory - VMI)*. Cependant, ici la SC doit porter la responsabilité que le client final ne manquera pas de stock.

Traitement en lots (d'ordre) est une décision commune pour les coûts fixes par découpage encourus avec le passage d'une commande. Les coûts de commande peuvent être réduits rigoureusement en employant l'EDI pour la transmission d'ordre comme pour la

standardisation du procédé de commande. Les coûts de transport peuvent être réduits si des chargements complets de camion sont employés. Cependant, ceci ne devrait pas être réalisé en augmentant les tailles des lots, mais en demandant aux distributeurs de commander des assortiments de différents produits simultanément. De même, l'utilisation des compagnies de la *third-Party logistics* aide à remettre de petits remplissages en lots économiques en consolidant des chargements à partir de multiples fournisseurs placés l'un près de l'autre et réalisant de ce fait des économies d'échelle résultant d'un chargement complet du camion. Ceci peut provoquer impérativement une diminution des intervalles de remplissage, ayant pour résultat moins de stocks nécessaires de sécurité sans sacrifier des niveaux de service ou augmenter les coûts de transport.

Également les initiatives du marketing qui essayent d'influencer la demande par la réduction en masse du prix (discount) contribuent également à l'effet de *bullwhip*, ceux-ci devraient être abandonnés. Cette compréhension a remué des compagnies pour *stabiliser les prix* en garantissant quotidiennement à leurs clients de bas prix (*every-day low price*).

La quatrième catégorie pour contrecarrer l'effet de *bullwhip* prévoit d'*éliminer le jeu* dans des situations de rupture. Ici, le jeu signifie que les clients commandent des montants additionnels et non requis, puisqu'ils s'attendent uniquement à recevoir une partie d'ordre dû à une situation de rupture. Ce comportement peut être influencé en présentant des politiques plus rigoureuses d'annulation, en acceptant seulement les ordres proportionnels aux rapports de ventes passés et par le partage d'information de capacité et d'inventaire.

Plusieurs des recommandations données ci-dessus pour contrecarrer l'effet de *bullwhip* profitent des récentes avances en technologie de communication et grands systèmes de gestion de base de données contenant l'information précise et opportune au sujet de l'état courant et antérieure de chaque entité dans la SC. Bien des fois les retards existant dans les systèmes de production-distribution sont réduits rigoureusement ou même supprimer, de ce fait réduisant les problèmes rencontrer dans les systèmes de feedback. En plus, pour surmonter les limitations cognitives, un modèle mathématique de la SC peut être générer et employé pour soutenir la prise de décision des individus.

1.4.5. Planification hiérarchique de la production

Bien que circonstancié, les modèles mathématiques ont été proposés pour la planification de la production beaucoup plus tôt, [Hax *et al.*, 1975] ont montré comment construire des modèles hiérarchiquement coordonnés et solubles qui pourvoient un appui de décision efficace pour les différents niveaux de prise de décision dans une organisation hiérarchique (figure 1.10, 1.11 - [Tempelmeier, 2006]). Bien que d'abords présentés comme systèmes interactifs d'aide à la décision pour un fabricant mondial de pneu, la polyvalence de l'approche c'est rapidement devenue claire. *La planification hiérarchique (de production)* est basée sur les cinq éléments suivants :

- décomposition et hiérarchisation de la structure,
- agrégation,
- coordination hiérarchique,
- construction du modèle,
- résolution du modèle.

Le problème global de décision est décomposé en deux niveaux ou plus de décision. Une fois les décisions prises, sont assignées à chaque niveau tels que le niveau supérieur inclut les décisions les plus importantes et à plus long terme – c.-à-d. ceux qu'en le plus grand impact sur la rentabilité et la compétitivité. Une séparation en des niveaux distincts de décision s'appelle *hiérarchisation*, si pour chaque niveau un seul niveau supérieur peut être identifié cela permet de placer le cadre dans lequel les décisions pour le niveau subordonné doivent

avoir lieu (excepté le niveau supérieur de la hiérarchie). Il peut y avoir plusieurs unités séparées de décision (par exemple les sites de production) dans un niveau donné de décision coordonné par un seul niveau supérieur.

Comme la décomposition, *l'agrégation* sert à réduire la complexité du problème. Elle peut également diminuer l'incertitude (par exemple les prévisions de la demande). L'agrégation est possible dans trois domaines : temps, produits et ressources. Comme par exemple considérant un niveau supérieur, où le temps peut être agrégé dans des intervalles de temps d'une semaine, et pour lesquels seuls les principaux produits finis sont pris en considération.

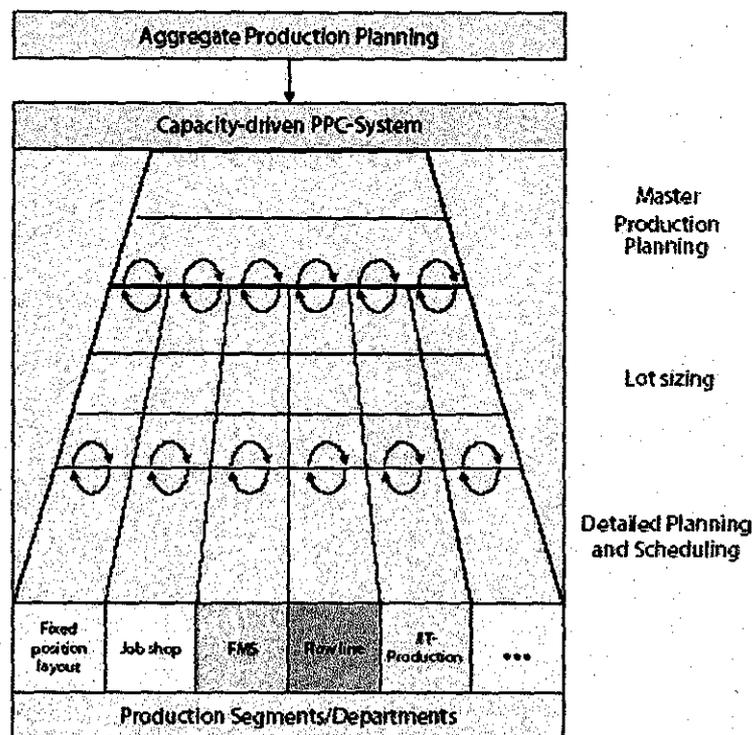


Figure 1.10 : Structure de planification hiérarchique pour un seul étage

La coordination hiérarchique est réalisée par des directives et le feedback. La plupart des directives est l'objectif imposé par le niveau supérieur (par exemple fixer un objectif du niveau d'inventaire pour un produit fini à l'horizon de planification à un niveau inférieur). Une autre manière est de pourvoir des prix pour l'utilisation des ressources (par exemple un prix pour l'usage d'un personnel additionnel). Une unité de décision, d'autre part, peut renvoyer un feedback à son niveau supérieur concernant la réalisation des buts. Ceux-ci permettent au niveau supérieur de mettre à jour les plans, pour améliorer les décisions et concevoir des plans faisables au niveau subordonné.

Pour chaque unité de décision on produit un modèle qui représente en juste proportion la situation de décision et qui prévoit les réactions des niveaux inférieurs sur les directives possibles. Il lie également des objectifs décidés par le niveau supérieur aux décisions détaillées à réaliser par l'unité de décision considérée. De ce fait, le plan du niveau supérieur sera désagrégé. Si un modèle mathématique est choisi, la solubilité doit être aussi prise en considération.

Enfin, un procédé de solution approprié doit être choisi pour chaque modèle. Ici, non seulement les algorithmes cherchant un optimum peuvent être utilisés, mais également les procédures manuelles ou la prise de décision en groupe peuvent être possibles.

La planification hiérarchique a attirée beaucoup de chercheurs et praticiens. Ainsi, une grande quantité de connaissance a été accumulée jusqu'ici. Puisque la planification hiérarchique représente une approche intéressante pour renverser les problèmes complexes de décision, tout en incorporant l'expérience des décideurs humains à différents niveaux d'une organisation, il ne faut pas s'étonner qu'aujourd'hui l'APS soit construit sur ces principes (la planification hiérarchique).

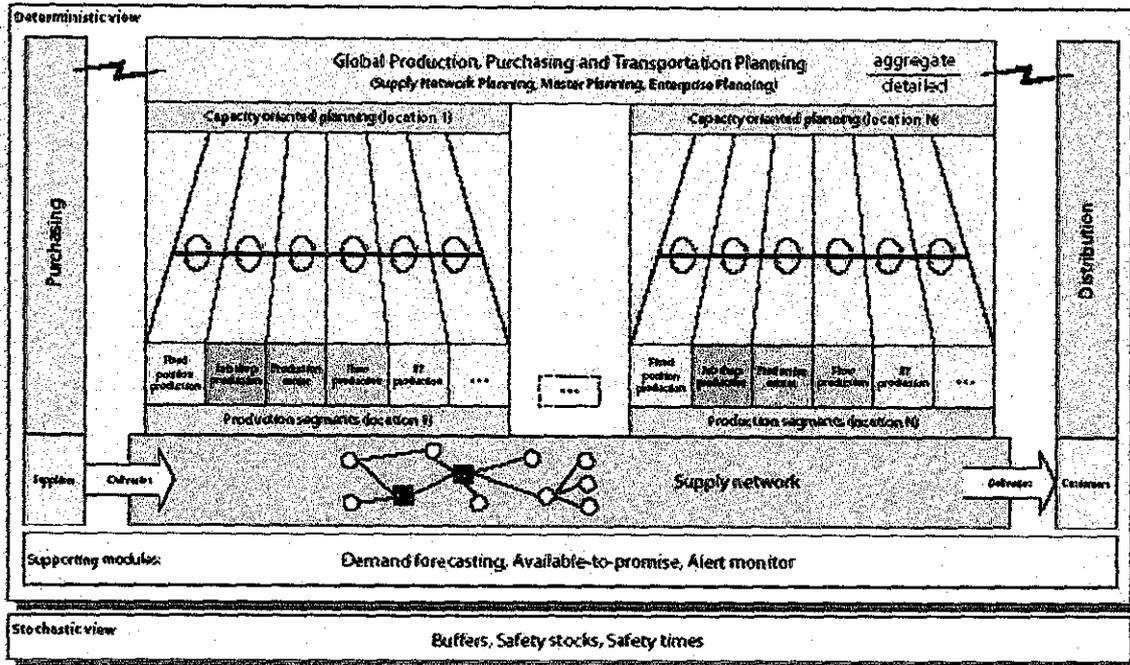


Figure 1.11 : structure de planification multi-étage

2. Analyse de la Supply Chain

2.1. Mesure de la performance

Les mesures de performance ont deux effets et emplois décisifs. D'abord, elles peuvent être employées pour décrire la situation actuelle. Dans ce contexte, elles aident à décrire le passé et présent du processus étant considéré. D'autre part, elles peuvent être employées pour fixer des objectifs de performance. Ceci permettra d'établir une focale pour le futur.

2.1.1. Indicateurs et systèmes des indicateurs

Les indicateurs sont définis comme les nombres qui informent d'une manière clairement définie au sujet des critères *ad hoc*. Leurs vocations sont d'apporter un éclairage décisionnel aux principaux acteurs d'un centre de responsabilité. De ce point de vue, les indicateurs n'ont pas tous le même positionnement temporel par rapport à la décision [Giard, 2003]. On peut, en effet, distinguer deux types d'indicateurs :

- les indicateurs à vocation *ex ante* destinés à aider la prise de décision à venir (exemple : indicateur de charge prévisionnelle globale ou par catégorie de ressources); ce type d'indicateurs se retrouve presque exclusivement dans le tableau de bord de pilotage (gestion opérationnelle du court terme);
- les indicateurs à vocation *ex post* destinés à évaluer la qualité des décisions passées; cela étant, ce type d'indicateur est intéressant à utiliser dans la préparation de décisions, principalement dans le cadre des simulations destinées :

- soit à aider à la prise de décisions opérationnelles assistée par un SIAD (système interactif d'aide à la décision); un tel usage est intéressant dès lors que la décision à

prendre est complexe et implique la prise en compte de plusieurs points de vue (cas de l'ordonnancement, par exemple);

- soit de tester la validité de stratégies alternatives de commande du système productif dans les analyses de *conception*;

Parmi les indicateurs employés on distingue *Les nombres absolus* (par exemple revenu net, cash flow, nombre d'employés) et *les nombres relatifs* (ratios), le dernier étant le plus généralement employé. Un ratio peut prendre trois formes : une moyenne (recette unitaire, etc.), un pourcentage ou un indice (valeur exprimée par rapport à une valeur de référence prise pour base 100) [Blaha, 2003].

Les indicateurs sont avantageux pour *la description* et *la simplification* des systèmes complexes. Dans la mesure où ils permettent d'observer les changements du processus dans le temps en comparant leur valeurs respectives dans différentes périodes. Une autre caractéristique des indicateurs est qu'ils sont fortement opérationnels. D'ailleurs, trois fonctions peuvent leur être attribuées [Blaha, 2003] [Courtois et al., 2005]:

Informier. Leur but principal est d'informer la gestion. Dans cette fonction, les indicateurs sont appliqués pour soutenir la prise de décision et pour identifier les domaines problématiques. Les indicateurs peuvent donc être comparés à la norme ou aux valeurs à atteindre.

Direction. Les indicateurs servent de base à la fixation des objectifs. Ces objectifs guident les responsables du processus considéré pour accomplir les résultats désirés (décisions d'action pour l'amélioration).

Contrôle. Les indicateurs conviennent bien à l'inspection des opérations et des processus.

L'inconvénient principal inhérent aux indicateurs est qu'ils sont seulement convenus pour décrire *des faits quantitatifs*.

La condition principale de l'utilisateur des indicateurs est *l'interprétation correcte* de leurs valeurs respectives. En plus, l'éclairage apporté par un indicateur ne peut être qualifié d'éclairage décisionnel que dans la mesure où l'on est capable d'établir des *relations causales* entre les indicateurs utilisés et les leviers de commande dont disposent les acteurs qui pilotent le système sous contrôle.

Souvent, ce n'est pas un seul indicateur mais des systèmes d'indicateurs qui sont appliqués [Courtois et al., 2005]. *Les systèmes d'indicateurs* résultent de l'agrégation de différents indicateurs. Trois plans des systèmes d'indicateurs peuvent être distingués [Stadtler et al., 2000]:

Plan de calcul. N'importe quel indicateur qui fait partie d'un plan de calcul est lié à d'autres indicateurs par des formules mathématiques. Les plans de calcul prennent souvent la forme d'une pyramide avec un indicateur parent au dessus, décomposé en indicateurs moins agrégés et plus opérationnels vers le fond.

Plan de règle. Les indicateurs qui forment un plan de règle sont aussi liés par des formules mathématiques. En outre ils sont reliés quant au modèle causal du processus ou de l'opération décrite. Les plans de règle visent à donner une description complète du processus considéré. Un exemple pour un système des indicateurs basés sur un plan de règle est "le système de contrôle managérial" présenté par [Tucker, 1961].

Plan d'objectif. Les indicateurs d'un plan d'objectif sont librement liés. Ils sont obtenus à partir des objectifs déterminés par la gestion de la compagnie. Les indicateurs qui peuvent être liés directement à ces objectifs, ou qui se corrélaient avec, sont appliqués.

Le système le plus largement connu des indicateurs est le système DuPont du contrôle financier remontant à 1919. Il est basé sur *un plan de calcul avec retour sur l'investissement* (Return On Investment - ROI) comme indicateur primaire sur la pyramide.

Les indicateurs et les systèmes des indicateurs sont basés sur *des données financières*, car elles ont été largement disponibles pendant longtemps. L'amélioration en termes de performance financière qui a été provoquée par l'application réussite du SCM peut être mesurée par ces indicateurs. Néanmoins, pour rester compétitives, quelques mesures additionnelles et plus appropriées de performance de la SC devraient être dérivées (l'innovation de produit / processus, du partage des connaissances avec les employés (gestion des partenariats), de la gestion des flux d'information et sur l'évaluation de leur performance par rapport aux menaces et/ou alternatives potentielles du marché ("amélioration du SCM")), dont la mesure où les points déterminants du SCM sont l'orientation vers le client, l'intégration des unités organisationnelles et leur coordination [Ayadi, 2005].

La transition vers l'incorporation des mesures non financières dans l'évaluation de la performance des affaires est largement acceptée. Kaplan et Norton (1992) ont été les premiers à présenter le concept de " *Balanced Scorecard* " ou " *Tableau de Bord Prospectif (TBP)* " qui a suscité une large attention non seulement en littérature scientifique mais également dans des applications pratiques. En plus des mesures financières, le Tableau comporte une perspective (axe) client, une perspective d'étude et d'innovation (apprentissage et croissance) et une perspective interne.

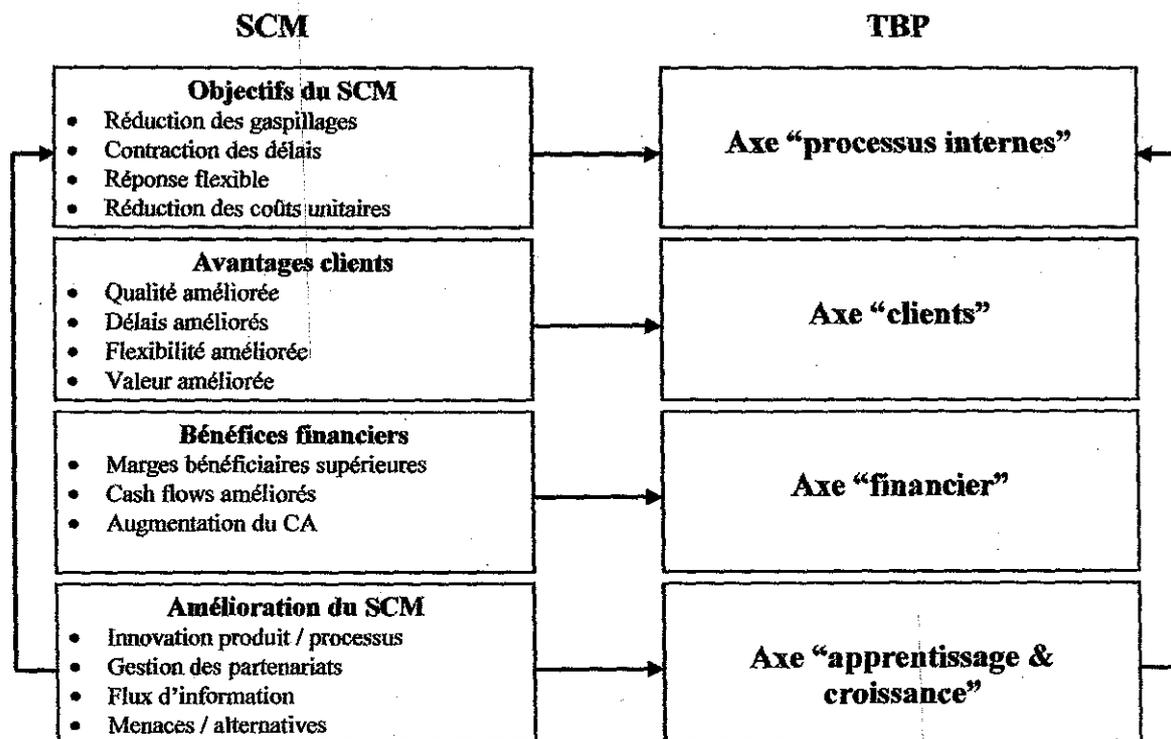


Tableau 1.12 : Lien entre le Supply Chain Management et le Tableau de Bord Prospectif
(Brewer, 2001, p. 57.)

Ces perspectives intègrent un ensemble de mesures dans un rapport de gestion qui fournit une perspicacité plus profonde dans la performance d'une compagnie. Les mesures choisies dépendent de la situation à laquelle la compagnie fait face. La figure 1.12 donne le lien qui relie le SCM au tableau de bord prospectif.

2.1.2. Principaux Indicateurs de Performance (KPI – Key Performance Indicators) du SCM

Dans le SCM une vue complète sur la performance globale de la SC est nécessaire. Par conséquent les indicateurs ne devraient pas être définis, uniquement, quant aux entités mais devraient également refléter leurs buts partagés.

La nécessité d'avoir cette vue d'ensemble sur la performance de la SC est largement reconnue¹. Un autre outil valide d'analyse des SC est le modèle SCOR. Ce modèle adopte une vue intégrée sur la SC dans l'ensemble, soulignant la métrique non seulement financière, mais en particulier non financière. Un autre modèle pour mesurer la performance stratégique, tactique et opérationnelle dans une SC est la structure présentée par [Gunasekaran *et al.*, 2001] qui donne également une liste étendue (extensive) de métrique de performance.

Bien que chaque SC soit unique et pourrait avoir besoin d'un traitement spécial, il y a quelques mesures de performance qui sont applicables dans la plupart des arrangements. Dans les paragraphes suivants, ces derniers, seront présentés en tant que principaux indicateurs de performance. Alors qu'ils abordent différents aspects de la SC, ils sont groupés dans quatre catégories correspondant aux attributs suivants : performance de la livraison, sensibilité de la SC, Actifs et inventaire, et coûts.

2.1.2.1. Performance de la livraison (fiabilité)

Puisque l'orientation vers le client est la composante clé du SCM, la fiabilité de la livraison est une mesure essentielle pour la performance totale de la SC. Comme les dates de livraison promise peuvent être trop tardives aux yeux du client, son espérance ou même demande fixeront l'objectif. Par conséquent la performance de la livraison doit être mesurée en termes de date de livraison réelle comparée à la date de livraison demandée par le client. La performance croissante de la livraison peut améliorer la position concurrentielle de la SC et créer des ventes additionnelles. De ce fait, divers indicateurs appelés *niveaux de service* sont distingués en littérature de gestion des stocks. Le premier, appelé *niveau de service α* (temps), est une mesure orientée par événement. On le définit comme la probabilité qu'un ordre entrant peut être totalement accompli sur stock. Généralement, on le détermine par rapport à une période de temps prédéfinie (par exemple jour, semaine ou cycle d'ordre). Un autre indicateur de performance est la quantité orientée par le *niveau de service β* (pièce), qui est défini comme la proportion de quantités d'ordre entrantes qui peuvent être accompli de l'inventaire en main. Contrairement au niveau du *service α* , le *niveau de service β* tient compte du degré auquel des ordres peuvent ne pas être accomplis. Le *niveau de Service γ* est une mesure orientée par la quantité et le temps. Il comporte deux aspects : la quantité qui ne peut être satisfaite par le biais du stock et du temps qu'il va prendre pour satisfaire la demande. Par conséquent il contient l'information de temps non considérée par le *niveau de service β* . La définition exacte est :

$$\text{Niveau de Service } \gamma = 1 - \frac{\text{Demande Moyenne non Satisfaite en Fin de Période}}{\text{Demande Moyenne de la Période}}$$

Le *taux d'exécution (accomplissement) d'ordre* (ordre fill rate) comme défini dans le model SCOR est étroitement lié au *niveau de services α* et peut être décrit comme le pourcentage des ordres courants expédiés dans un délai de 24 heures.

En outre, la *livraison à temps* (on time delivery) est un indicateur important. Il est défini comme la proportion de commandes livrées le jour ou avant la date désirée par le client.

¹ Un nombre croissant de contributions a été enregistré dans la littérature traitant l'adaptation des scorecard (tableau de bord) aux besoins de la SCM

Un pourcentage de livraisons à temps inférieur indique que la promesse d'ordre est basée sur un plan irréalisable (de production) ou en raison d'une non exécution des opérations de production ou de transport comme prévu.

La mesure de *l'exactitude des prévisions* (forecast accuracy) est également admissible. L'exactitude de la prévision relie les quantités prévues aux quantités réelles et mesure la capacité de prévoir de futures demandes. De meilleures prévisions du comportement du client mènent habituellement à de plus petits changements des plans de production et de distribution déjà établis.

Encore un autre indicateur important dans le contexte de la performance de la livraison est le *délai d'obtention de l'ordre*. Le délai d'obtention d'ordre mesure, du point de vue du client, l'intervalle moyen de temps de la date où la commande est passée à la date où le client reçoit l'expédition. Le raccourcissement de ces délais devient important dans les situations concurrentielles. Néanmoins, non seulement ces délais mais également les délais fiables satisferont des clients et mèneront à un rapport fort, quoique les deux types de délais (les plus courts contre fiable) aient différents aspects de coût.

2.12.2. Réactivité (temps de réponse) de la SC

La réactivité décrit la capacité de la SC entière à réagir aux changements du marché. Les SC doivent réagir aux changements décisifs dans un cadre de temps approprié pour assurer leur compétitivité. Pour mesurer cette sensibilité, des mesures de flexibilité doivent être présentées pour saisir les capacités, l'ampleur et la vitesse des adaptations. Ces indicateurs mesureront la capacité de changer des plans (flexibilité dans le système) et même la structure entière de la SC (flexibilité du système). Un exemple dans ce domaine est la flexibilité de la production amont déterminée par le nombre de jours requis pour s'adapter à une croissance inattendue de 20% au niveau de la demande.

Un autre indicateur dans ce secteur est *la durée du cycle de planification*, qui est simplement définie comme le temps entre le commencement de deux cycles subséquent de planification. Les durées de cycle de planification longues empêchent le plan de tenir compte des changements réel. En particulier, les actions prévues à la fin du cycle de planification peuvent ne plus s'adapter à la situation réelle, puisqu'elles sont basées sur d'anciennes données disponibles au début du cycle. La durée de cycle doit être déterminée en fonction du niveau d'agrégation, de l'horizon et de l'effort du procédé de planification.

2.12.3. Actifs et inventaire

Les mesures des actifs d'une SC ne devraient pas être négligées. Un indicateur commun dans ce secteur est les *retours de capitaux*, défini par la division du revenu par les capitaux totaux.

Un autre indicateur est celui *des retours d'inventaire*, défini comme le rapport de consommation matérielle totale par période de temps au niveau d'inventaire moyen pour la même période de temps.

Pour finir, il y a *la vétusté de l'inventaire* (inventory age). La vétusté de l'inventaire est définie par le temps moyen des marchandises résident en stock

2.12.4. Coûts

Ici, le centre d'intérêt est sur des mesures basées sur le coût. Les coûts des marchandises vendues devraient toujours être surveillés avec un accent sur les processus substantiels de la SC. Par conséquent, un système d'information intégré fonctionnant sur une base de données commune avec un système de comptabilité analytique mutuel peuvent s'avérer être une partie essentielle de la SC.

De plus, les mesures de productivité visent habituellement à la détection des conducteurs de coût dans le procédé de production. Dans ce contexte la *productivité à valeur*

ajoutée des employés est un indicateur qui permet d'analyser la valeur que chaque employé ajoute à tous les produits vendus

Enfin, on devrait observer *les coûts de garantie*, étant un indicateur de la qualité du produit. Bien que les coûts de garantie dépendent fortement de la façon dont le traitement de garantie est suivi, il peut aider à identifier des domaines problématiques. C'est particulièrement important parce que la qualité supérieure d'un produit n'est pas un dispositif typique de SC, mais un principe de gestion de conduite en général.

2.1.3. Conditions d'utilisation des indicateurs

Il y a beaucoup de circonstances qui surgissent en utilisant les indicateurs aux SC :

Définition des indicateurs. Car l'envergure de la SC est habituellement au-dessus de plusieurs compagnies ou au moins plusieurs entités au sein d'une compagnie, une *définition commune* de tous les indicateurs est obligatoire. Autrement la comparaison des indicateurs et leur application uniforme seront contreproductifs.

Perspective sur les indicateurs. Le point de vue sur les indicateurs pourrait être différent en considérant les rôles des deux associés de la SC, du fournisseur et du client. Un fournisseur pourrait vouloir calculer le taux de satisfaction d'ordre basé sur la date de réception et la date d'expédition de l'ordre, car ce sont des dates où il peut commander. Du point de vue du client la base serait la date de demande et la date de réception à l'entrepôt du client. Si les dates du fournisseur et du client ne s'assortissent pas, ceci mènera à différents résultats en ce qui concerne le convenu ou autre taux de suffisance. C'est pourquoi tous les deux doivent convenir sur *une perspective*.

Collecte des données. Les données requises pour le calcul des indicateurs devraient être recueillies d'une manière homogène dans toute la SC. *L'uniformité* en ce qui concerne les unités de mesure et la disponibilité des données *courantes* (actuelles) pour les associés de la SC sont essentielles. En outre, *la perfection* (*completeness*) des données utilisées est obligatoire, c.-à-d. toutes les données nécessaires devraient être disponibles dans des systèmes adéquat et accessibles par les associés de la SC.

Confidentialité. La confidentialité est une autre principale issue quand il y a plus d'une compagnie qui forme la SC. Car tous les associés sont des personnes morales séparées, ils pourraient ne pas vouloir fournir des informations complètes sur leurs processus internes à leurs associés. En outre, ce pourrait être quelques objectifs qui ne sont pas mises en commun entre les associés.

2.2. Analyse des stocks

Dans la pensée attribuée à la philosophie "juste à temps", les processus sont alignés tels que presque aucun stock n'est nécessaire. Mais ceci n'est seulement possible que dans quelques industries spécifiques ou certaines sections de la SC et pour des articles choisis.

Dans tous les autres cas, les stock sont nécessaires, en conséquence il y a un besoin de les contrôlés de manières efficaces. Les stocks dans les SC sont toujours le résultat des processus d'entrée et de sortie (transport, production etc.). Ceci signifie qu'une minimisation isolée n'est pas un objectif rationnel du SCM, au lieu de cela ils doivent être gérés en même temps que les processus correspondants de la SC.

Les stocks cause des coûts, mais fournissent également *des avantages*. Ainsi, le problème est de trouver la bonne différence entre les coûts de détention et de leurs avantages.

Le stock se décompose en différents *composants* selon les *motifs* de sa détention. Les composants les plus importants sont montrés dans le tableau 1.2 et seront décrits dans les paragraphes suivants. La distinction des stock composants est nécessaire pour

- l'identification des avantages,
- l'identification des causes déterminantes du niveau de stock, et
- Ajustement de l'objectif des niveaux de stock (par exemple dans l'APS).

Dans les paragraphes suivants nous montrerons les motifs, les avantages, et les causes déterminantes de quelques composants importants.

Tableau 1.2 : stock composant, déterminants et avantages

| Stock de Composant | Causes déterminantes | Avantages |
|---------------------------------------|--|--|
| production de stock par taille de lot | Fréquence d'installation | réduction de Temps et coûts d'installation |
| Transport de stock par taille de lot | Quantité d'expédition | réduction de Coûts de transport |
| Inventaire en transit | Temps de transport | réduction de Coûts de transport |
| stocks saisonniers | Crêtes de demande, capacité serrée | réduction des Coûts pour les heures supplémentaires et investissements |
| Travail en processus | Délai d'exécution, planification de la production et commande | Utilisation accrue, investissements réduits dans la capacité additionnelle |
| stock de sécurité | Demande et incertitude de délai d'exécution, incertitudes de processus | Niveau de service accru, coûts réduits pour les expéditions critique et les ventes désorienter |

2.2.1. Production de stock par cycle ou taille de lot

Les stock de lots (' production des stock par taille de lot ', ' stock par taille de lot 'ou ' stock de cycle') sont employés pour couvrir la demande entre deux rythme de production consécutives du même produit. Par exemple, considérer une usine de fabrication, qui produit des peintures bleues et jaunes, alternant entre chacun un délai semi-hebdomadaire. Puis, le lot de production doit couvrir la demande de la semaine courante et suivante. Ainsi, la quantité de production (lot) égale la demande (couverte) de deux semaines. Le rôle des stocks de lots est de réduire les coûts (coûts d'installation ou de changement).

Pour l'analyse de stock des articles finis dans un environnement de fabrication sur stock il est à la plupart du temps suffisant de considérer un modèle de production cyclique avec une moyenne des tailles de lots q^p pendant un intervalle de temps qui couvre plusieurs cycles de production. Puis, le niveau de stock suit le prétendu modèle "de dent de scie", qui est montré dans la figure 1.13. La moyenne du stock de cycle CS est la moitié de la taille moyenne de lot : $CS = q^p / 2$. La taille moyenne de lot peut être calculée à partir de tout le nombre d'installation de production su et de toute la demande d^p pendant l'intervalle d'analyse : $q^p = d^p / su$.

Ainsi, pour analyser le stock de cycle tout ce dont on a besoin est le nombre d'installations de production et de toute la demande.

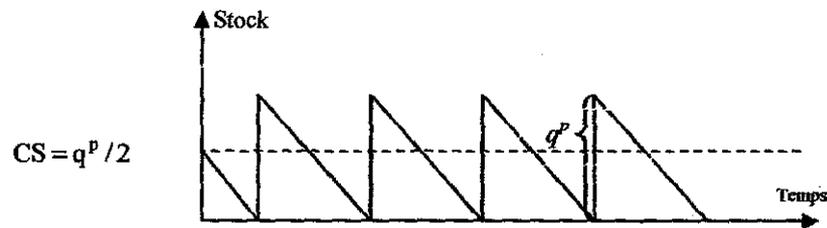


Figure 1.13 : Modèle de calcul des stocks de cycle

2.2.2. Transport de stock par lot

Le même principe de réduction du montant des coûts fixes par lot s'applique aux liens de transport. Chaque camion cause un certain montant de coûts fixes qui surgissent pour un transport de l'entrepôt A à l'entrepôt B. Si ce camion est seulement partiellement chargé, alors le coût par unité embarquée est plus élevé que pour un camion à chargement plein. Par conséquent, il est économique de traiter les quantités à transporter en lots jusqu'à un chargement complet et de les embarquer ensemble. Puis, une seule expédition doit couvrir la demande jusqu'à ce que la prochaine expédition arrive à destination. La décision sur la bonne taille de lot à transporter habituellement doit tenir compte des dépendances avec l'expédition d'autres produits sur le même lien et la capacité de l'unité de transport (par exemple camion, bateau etc.) utilisée.

Pour l'analyse de stock nous pouvons calculer la quantité moyenne à transporter q' par le nombre d'expéditions s pendant l'intervalle d'analyse de la demande total d' pour le produit à l'entrepôt de destination $q' = d' / s$. Contrairement à la production de stock par taille de lot, la moyenne de transport par taille de lot n'est pas égale à la moitié, mais à la quantité entière q' transportée, si nous considérons que l'"entrepôt du fournisseur", où le stock doit être accumulé jusqu'à ce que la prochaine expédition soit lancée et l'"entrepôt de destination" où le stock est épuisé jusqu'à ce que la prochaine expédition arrive. Par conséquent, le niveau de stock moyen à chaque entrepôt est la moitié du transport par taille de lot qui (le transport de stock par taille de lot) se résume à $TLS = q'$

Ce calcul est construit sur l'hypothèse d'une entrée continue des marchandises à l'entrepôt du fournisseur, ce qui est valide si l'entrepôt est fourni par une production continue ou par une production par lots qui ne sont pas coordonnés avec les expéditions. C'est le cas pour la plupart des chaînes de production-distribution.

2.2.3. Stock en transit

Alors que le transport des stocks par taille de lot est tenu aux points de début et d'extrémité d'un lien de transport, il existe également un stock qui est parallèlement transporté dans l'intervalle. Ce stock de composant dépend seulement du temps de transport et de la demande parce qu'en moyenne le stock "tenu sur le camion" égale à la demande qui se produit pendant le temps de transport. Le stock en transit est indépendant de la fréquence de transport et donc aussi indépendant du transport par taille de lot. Il peut être réduit aux dépens des coûts croissants de transport, si le temps de transport est réduit par un mode plus rapide de transport (par exemple l'avion au lieu du transport par camion).

Le stock moyen en transit TI (*Transit Inventory*) est calculé en multipliant le temps moyen de transport par la demande moyenne. Par exemple, si le temps de transport est de deux jours et la quantité moyenne à transporter est 50 pièces par jour, alors $TI = 100$ pièces.

2.2.4. Stock saisonnier ou Stock préconstruit

Dans les industries saisonnières (par exemple consommateur de marchandises emballées) les stocks sont tenus pour protéger les futures crêtes de la demande qui excèdent les capacités de production. Dans ce sens, il y a une différence entre le niveau de la capacité régulière, de la capacité additionnelle d'heures supplémentaires et des stocks saisonniers. Les stock saisonnier peuvent aider à réduire les ventes perdu, les coûts pour le travail des heures supplémentaires ou des coûts d'opportunité pour les machines et l'équipement technique inutilisées. Contrairement aux stocks composants précédents qui sont définis par SKU (stock-keeping unit - unité de gestion des stocks), les stocks saisonniers sont communes pour un groupe d'articles partageant la même capacité. La figure 1.14 montre comment le montant total de stock saisonnier peut être calculé à partir du profil de capacité d'un cycle saisonnier complet. Dans ce cas-ci, les stocks saisonniers sont accumulés en périodes 3 et 4 et employés pour la satisfaction de la demande en périodes 6 et 7. Tous les stocks saisonniers représentés sur la figure sont calculés en utilisant l'hypothèse que tous les produits sont pré-produit dans la même quantité qu'ils sont exigé dans les périodes de goulot d'étranglement. Dans la pratique on pré-construirait de préférence ces produits, qui créent seulement de petits coûts de possession et qui peuvent être prévus avec une certitude élevée.

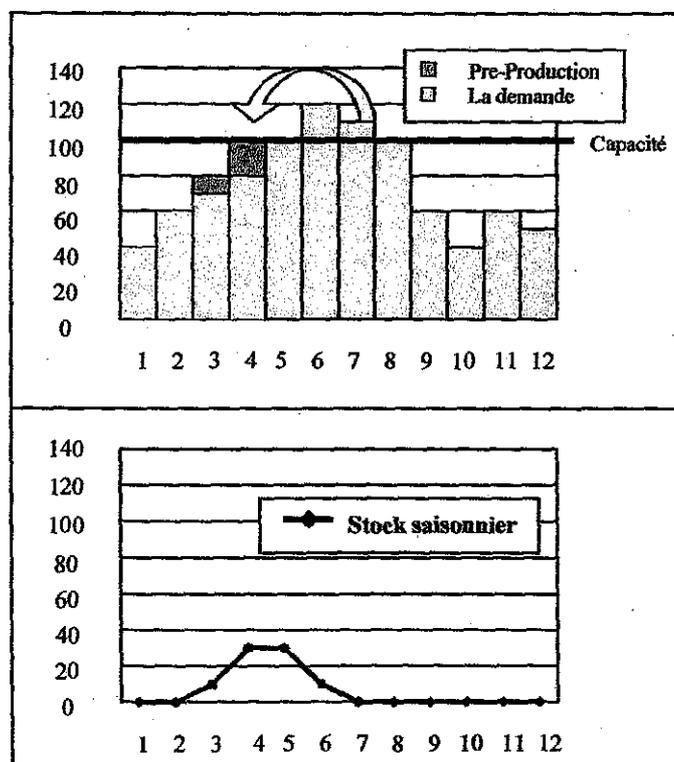


Figure 1.14 : Exemple de détermination du stock saisonnier

2.2.5. Stock d'encours de fabrication (WIP - Work in Process Inventory)

Stock WIP peut être trouvé dans toute SC, parce que le procédé de production prend un certain temps durant lequel les matières premières et les composants sont transformés en produits finis. Dans un procédé de production à plusieurs étages le cycle de fabrication comprend les durées de la transformation réelles sur les machines et des temps d'attente additionnels des produits entre les opérations, par exemple parce que les ressources exigées sont occupées. L'avantage du WIP est qu'il prévient les machines, de goulot d'étranglement, d'être privé de matériel et maintient une utilisation élevée des ressources. Ainsi, WIP peut éviter des investissements dans des capacités additionnelles. La partie de temps d'attente du

cycle de fabrication est également influencée par la planification de la production et le système de contrôle, qui devrait programmer les ordres afin d'assurer des délais d'exécution courts. Par conséquent, il est possible de réduire le WIP par l'utilisation efficace d'un APS. Selon Little's law le cycle de production moyen (*lead-time* LT) est proportionnel au niveau WIP. Si d^w est la demande moyenne par unité de temps, alors. $WIP = LT \cdot d^w$

2.2.6. Stock de sécurité

Le stock de sécurité protège contre l'incertitude qui peut résulter des processus internes comme le cycle de fabrication, d'une demande de client inconnue et des délais de livraison incertains. Ceci implique que les principaux conducteurs du niveau de stock de sécurité sont les ruptures de la production et du transport, erreurs de prévision, et les variations des délais d'exécution. L'avantage du stock de sécurité est qu'il permet un service rapide à la clientèle et évite les ventes perdues, des expéditions imprévues, et la perte de clientèle. En outre, les stocks de sécurité pour les matières premières permettent une fluctuation plus régulière des marchandises dans le procédé de production et évitent les ruptures. Sans compter que le principal conducteur de l'incertitude pour les stock de sécurité est la durée du délai d'exécution (production ou approvisionnement), qui est nécessaire pour compléter le niveau des stock.

Dans l'analyse de stock, les stock de sécurité constatés (*observed*) sont le niveau résiduel, qui est laissé après la soustraction de tous les composants présentés ci-dessus du niveau moyen d'inventaire observé. Ces stocks de sécurité constatés peuvent alors être comparés au niveau des stocks de sécurité qui sont nécessaires d'un point de vue économique.

Un autre composant qui peut se produire à un centre de distribution est le stock de collecte d'ordre. Il comporte les palettes en partie remplies dont les petites quantités par ordre de client sont sélectionnées.

3. La modélisation de la Supply Chain

3.1. Approches de modélisation de la Supply Chain

Généralement, les approches de modélisation dans le SCM peuvent être classées par catégorie dans cinq classes [Dong, 2001] :

3.1.1. Méthode de Conception du Réseau de la SC

Cette méthode détermine la localisation des installations de production, de stockage, et d'approvisionnement, et les itinéraires que prennent les produits. Les premiers travaux dans ce secteur, bien que le terme "SC" n'ait été pas en vogue, étaient réalisés par [Geoffrion *et al.*, 1974]. Ils ont présenté un modèle de conception de réseau logistique multi-produit, pour l'optimisation des flux des produits finis depuis les usines, aux centres serveurs de distribution et clients finals. [Geoffrion *et al.*, 1995] plus tard ont donné une revue de l'évolution des stratégies de distribution au cours des vingt dernières années, décrivant comment leur premier modèle peut s'adapter à plusieurs échelons et produits.

3.1.2. Modèles d'optimisation MIP¹

Beaucoup d'importants modèles de SC tombent dans la classe de MIP (Mixed Integer Programming). Ceci inclut la plupart des modèles de localisation et taille des installations, cheminement et ordonnancement des expéditions, consolidation de fret et choix de mode de transport. Les modèles MIP sont souvent difficiles à optimiser, car il peut y avoir un nombre exponentiel d'alternatives de décision possibles. Certains problèmes sont des MIP non-linéaires. Par exemple, le modèle global sur le problème de localisation des installations

¹ Développé dans le chapitre 3

présenté par [Hodder *et al.*, 1986], qui est très difficile si non impossible à résoudre. [Cohen *et al.*, 1991] ont présentés un modèle MIP multi-produits pour trouver les flux d'arrivée de matière première, attribution des produits et spécifications des volumes de production, et la livraison des produits finis dans un réseau de production-distribution. Le modèle contient des variables binaires pour l'assignation des produits aux installations, et pour déterminer la partie de la courbe concave des coûts de production à appliquer. Les résultats de la recherche prouvent qu'il est fréquemment difficile d'obtenir des solutions optimales globales à moins qu'une structure spéciale existe. Une variante de la technique généralisée de Benders decomposition est appliquée.

3.1.3. **Programmation stochastique et méthodes robustes d'optimisation**

La programmation stochastique traite une classe de modèles et algorithmes d'optimisation dans lesquels certaines données peuvent être sujets à une incertitude significative. L'incertitude est habituellement caractérisée par une distribution de probabilité sur les paramètres. De tels modèles sont appropriés quand les données évoluent avec le temps et les décisions doivent être prises avant d'observer le flux entier de données.

[Swaminathan *et al.*, 1999] ont fournis des modèles de programmation stochastiques et procédures informatiques efficaces pour étudier des stocks de composants courants, et l'effet de séquençement des tâches d'assemblage sur la performance opérationnelle. Ils ont également utilisé la structure inhérente des problèmes pour développer des algorithmes informatiques efficaces basés sur des méthodes de *sub-gradient*.

Dans l'optimisation robuste, l'incertitude des données du problème est traitée comme déterministe, inconnu mais liée (par exemple, via des intervalles de confiance des données).

[Ahmed *et al.*, 1998] ont développés une armature robuste d'optimisation pour le problème de planification de la SC dans les industries de *process*. Puisque la formulation de la programmation stochastique standard du problème n'adresse pas la variabilité des coûts incertains des alternatives à travers les paramètres incertains du scénario, ils ont étendus la formulation de la programmation stochastique pour développer la robustesse des coûts de choix par l'utilisation d'un critère de variabilité approprié. Pour surmonter la difficulté associée à la résolution des modèles robustes qui incluent des termes indissociable, ils ont développé un procédé heuristique pour la formulation restreinte de la solution. Cette méthode impose itérativement la robustesse de méthode tout en résolvant le programme stochastique standard dans chaque étape. Leurs modèles peuvent fournir au décideur un outil pour analyser la différence liée au bénéfice prévu et à sa variabilité.

3.1.4. **Méthodes Heuristiques**

Heuristique est une autre classe importante des méthodes de génération d'alternatives et décisions de la SC. Un heuristique est simplement n'importe quelle approche intelligente qui essaye de trouver de bonnes ou plausibles solutions. Ces méthodes heuristiques sont généralement employées dans les solutionneurs de planification de niveau tactiques et opérationnels

Les méthodes heuristiques employées dans la planification et l'ordonnancement de la SC incluent les approches aléatoires générales de recherche telles que les algorithmes génétiques et les algorithmes tabous. Récemment, la théorie de contraintes est également employée dans la planification opérationnelle de la SC

3.1.5. **Les méthodes basées sur la simulation**

C'est une méthode par laquelle un modèle complet de la SC peut être analysé en considérant ses éléments stratégiques et opérationnels. Cette méthode peut évaluer l'efficacité d'une politique pré-spécifiée avant de développer de nouvelles.

La nature dynamique des SC rend les méthodes de simulation nécessaires pour étudier le comportement temps-variable des SC. Comme suggéré par [Swaminathan *et al.*, 1998], le *reengineering* de la SC en raison du dynamisme des affaires devient une nécessité, mais ce n'est pas une tâche facile. L'utilisation de la simulation comme un véhicule pour comprendre les conditions de prise de décision dans l'organisation a pris une attention et un élan considérables ces dernières années [Kumar *et al.* 1993, Malone *et al.* 1997]. [Towill *et al.*, 1992] ont utilisées les techniques de simulations pour évaluer les effets de diverses stratégies de la SC sur l'amplification de la demande. [Tzafestas *et al.*, 1994] ont utilisés un modèle combiné d'analyse/simulation pour analyser des SC. [Swaminathan *et al.*, 1995] ont utilisés la simulation pour étudier l'effet de partage de l'information ATP du fournisseur.

3.2. Le Modèle SCOR

Le modèle SCOR (Supply-Chain Operations Reference Model) (la version en cours est 7.0) est une méthode normative, et outil de représentation, d'analyse et de configuration des flux d'une entreprise dans l'optique SC. Il a été créé en 1996, avec le parrainage de deux sociétés de conseil AMR et Pittiglio Rabin Todd et McGrath (PRTM), aussi bien que plus de 65 grandes compagnies, dans le cadre d'une organisation à but non lucratif : le SCC (Supply Chain Council). L'objectif était de mettre au point une méthode de description de la logistique d'une entreprise manufacturière et des indicateurs permettant d'en mesurer l'efficacité et donc d'effectuer des comparaisons entre entreprises adhérentes. Le SCC a maintenant approximativement 1000 membres (incluant gouvernement, académiciens, industries manufacturières¹, conseillers et fournisseurs de technologie²) dans le monde entier.

Le modèle SCOR est un modèle de référence. À la différence aux modèles d'optimisation, aucune description mathématique formelle de la SC et aucune méthode optimale ou heuristique pour résoudre un problème n'est donnée. Au lieu de cela, terminologie et processus sont normalisés en permettant une description générale des SC. Il s'appuie de manière explicite sur les concepts bien connus du *reengineering* qui analyse l'existant et propose une solution-cible, du *benchmarking* qui compare la performance à des entreprises similaires, et de la recherche objective des meilleures pratiques³ à partir de mesures de performance, dans un cadre « *transfonctionnel* ».

3.2.1. Terminologie standard

L'utilisation d'une terminologie normalisée, qui définit et unifie les termes utilisés, améliore la communication entre les entités d'une SC. Parce que, régulièrement, les définitions non unifier d'un terme mènent à de fausses idées ou supposition. C'est pourquoi, le SCC a établi une terminologie standard pour le SCM. Dans le modèle SCOR environ 120 termes, appelés *des termes de processus (process terms)*, sont définis dans un glossaire.

3.2.2. Niveaux du modèle SCOR

Le modèle SCOR se compose d'un système de définitions de processus qui sont employées pour normaliser les processus qui se rapportent au SCM. Le SCC le recommande pour modéliser une SC des fournisseurs des fournisseurs aux clients des clients.

Quatre processus de management constituent le coeur de SCOR et l'on a préféré conserver ici les termes américains, quitte à les traduire, à fin de respecter la présentation du [Supply Chain Council, 2006] (figure 1.15) :

¹ Colgate, Compaq, digital, Dow Chemical, Kodak, Emerson, IBM, Lockheed Martin, Motorola, Nabisco, Nortel, Procter & Gamble, Rockwell, Texas I, Xerox

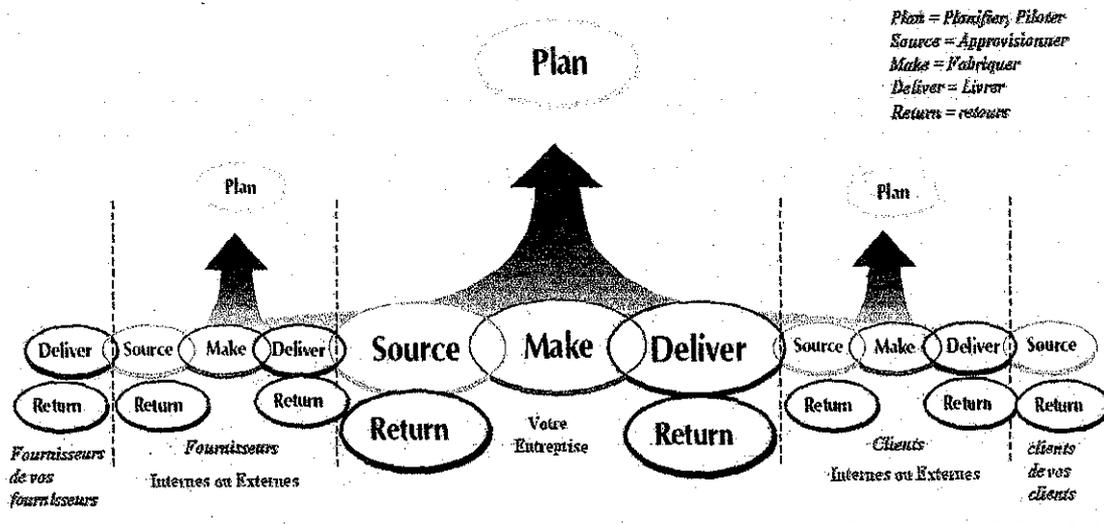
² i2 technologies, J. D. Edwards, Manugistics, Oracle, PeopleSoft et SAP América

³ Une meilleure méthode et/ou application identifiées de gestion pour la conception et l'exécution d'un processus.

- *Plan* : planifier ou piloter selon les cas (échelle de temps différente).
- *Source* : approvisionner depuis un fournisseur interne ou externe.
- *Make* : fabriquer, assembler, produire.
- *Deliver* : livrer, fournir, opération inverse de *Source*
- *Return* : retours

Chaque intersection de deux processus d'exécution (*Source* – *Make* – *Deliver*) est un lien de la SC :

- un processus d'exécution transforme ou transporte des matières premières et/ou des produits;
- chaque processus est un client du processus précédent et un fournisseur du processus suivant



Supply-Chain/Council®

Figure 1.15 : les quatre processus de base du SCOR

Les processus de planification gèrent ces liens fournisseurs-clients :

- le processus de planification (ou pilotage) "balance" la SC, c'est-à-dire assure les équilibres entre les entrées et sorties pour chaque période de temps ;
- chaque intersection de deux processus d'exécution demande un processus de pilotage ou de planification.

On reconnaît dans chaque flèche (figures 1.16, 1.17) les cinq processus types : *Source* (S), *Make* (M), *Deliver* (D), *Plan* (P) et *Return* (R). Le numéro qui suit, par exemple "2" dans D2, précise seulement la nature du processus : ainsi D2 = "livraison pour une commande particulière" par opposition à D1 qui est une "livraison sur stock" [voir Supply-Chain council, 2006a].

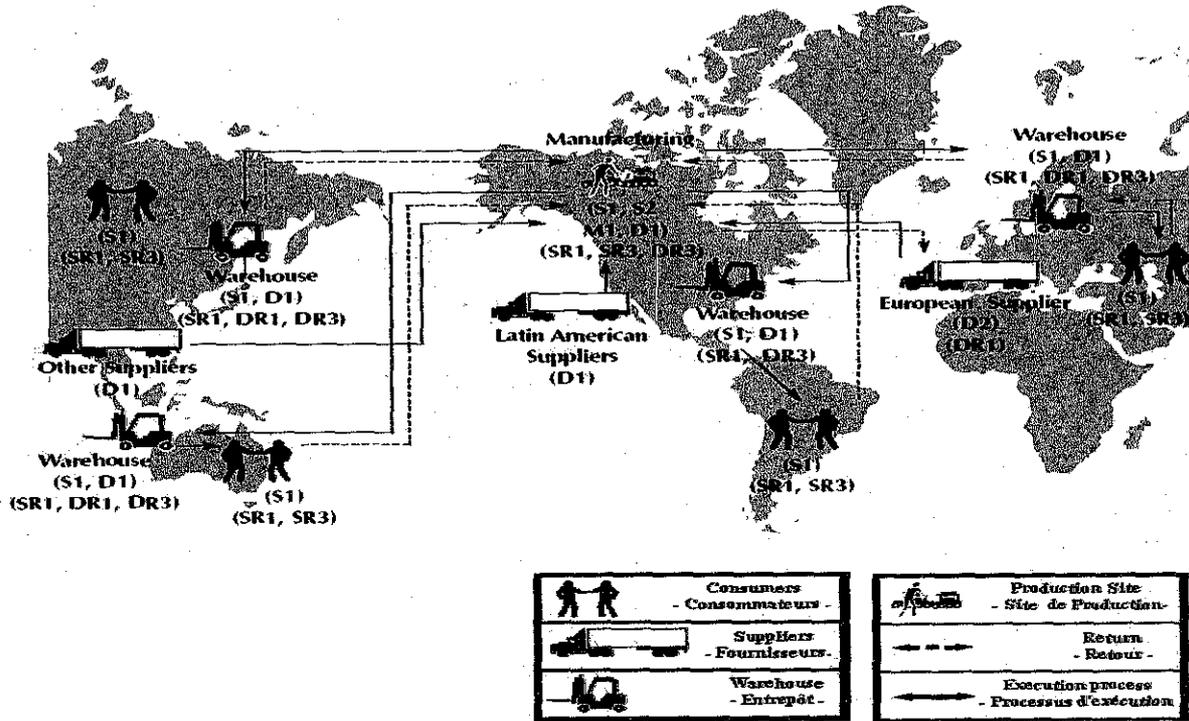


Figure 1.16 : Supply Chain - Représentation géographique des flux (exemple présenté par SCOR)

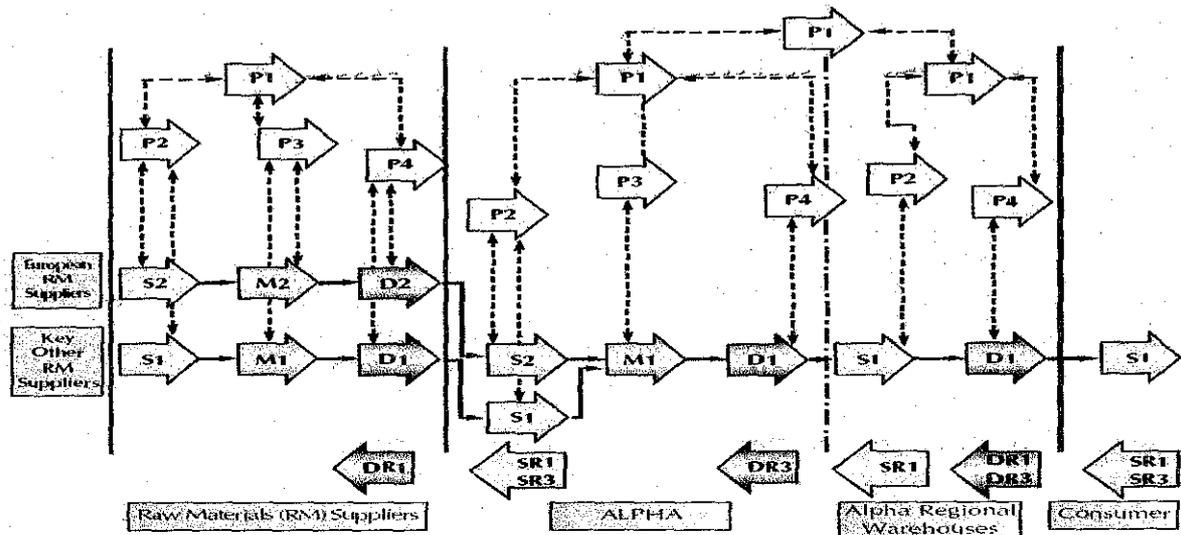


Figure 1.17 : représentation schématique des flux (exemple présenté par SCOR)

La modélisation de SCOR se fonde sur une description hiérarchique des processus sur quatre niveaux, suivant en cela une démarche classique dans l'analyse formelle des processus et dans certains logiciels de simulation.

- **Le niveau I** est celui du processus d'ensemble qui propose une architecture générale en six macro-processus de base: processus de pilotage (Plan), processus d'approvisionnement (Source), processus de production (Make), processus de livraison (Deliver), processus de retour des produits et processus de support (Return) de la SC. (figure 1.3).

Processus de pilotage : Processus qui équilibre la demande et l'approvisionnement global pour développer une ligne de conduite (actions) qui réunie les meilleures conditions d'approvisionnement, de production et de livraison. Il regroupe l'agrégation de la demande, la

détermination des besoins matières et des composants, des capacités globales, l'affectation des ressources et le niveau des stocks. Les décisions de « faire ou faire-faire », la planification de la capacité à long terme, la gestion des montées en charge, des lancements de nouveaux produits et des fins de vie constituant l'ensemble des problématiques à traiter à ce niveau.

Processus d'approvisionnement : Processus qui acquit les biens et services pour répondre à une demande prévue ou réelle. Il correspond à la planification des commandes, réceptions, contrôles et mises à disposition des matières et composants nécessaires à la fabrication. Il inclut également la certification des fournisseurs ainsi que le suivi de leurs performances en terme de délai et qualité.

Processus de production : Processus qui transforment le produit à un état fini pour répondre à une demande prévue ou réelle. Il englobe la réception des matières et composants, la fabrication, le contrôle et l'emballage ainsi que la gestion des sites de production et des équipements (aménagement, entretien, qualité, capacité court terme, ordonnancement).

Processus de livraison : Processus qui fournissent des produits finis et services pour répondre à une demande prévue ou réelle, typiquement comprenant le management des ordres, management du transport, et management de la distribution (traitement des commandes, de la gestion des entrepôts et des manutentions).

Processus de retour des produits et processus de support : Processus liés au retour ou à la réception des produits. Ces processus s'étendent au support à la clientèle du post-livraison.

- **Le niveau 2** – configuration de la SC – cette modélisation propose 29 processus génériques de base; une cartographie des relations entre ces processus est proposée. Une description simplifiée du niveau 2 de ce modèle est fournie à la figure 1.18 [Supply-Chain council, 2006].

► Cinq modules de pilotage (niveau tactique et opérationnel) : pilotage des approvisionnements, pilotage de la production, pilotage des livraisons, pilotage des retours et pilotage général;

► Dix modules de description de processus obtenus par croisement d'une typologie de production (production pour stock, assemblage à la commande, fabrication à la commande) et des trois phases (approvisionner, produire et livrer); six modules de description des retours obtenus par croisement du type d'entité concernée (client ou fournisseur) et des types de retour (produit défectueux, surplus, pièces de maintenance);

► Neuf modules de processus de support (*enable processes*) :

- Établissement et management des principes de management pertinents et cohérents pour l'ensemble de la SC, et des règles de gestion qui en découlent,
- Management de la mesure et de l'amélioration de la performance globale de la SC, portant sur les coûts, la fiabilité de la distribution, les temps de réponse, la réactivité et les actifs mobilisés,
- Gestion des informations agrégées et détaillées utilisées par la SC,
- Management intégré des stocks (matières premières et composants achetés, encours, produits finis) de la SC (niveau stratégique, tactique et opérationnel),
- Management de la capacité productive de la SC (acquisition, maintenance, externalisation),
- Management des transports,
- Management de la configuration de la SC, en cohérence avec le portefeuille de produits et son évolution liée à leurs cycles de vie,
- Management des réglementations (respect des contraintes légales et réglementaires jouant sur l'ensemble de la SC),

- Management stratégique de la cohérence de la SC avec la stratégie globale de l'entreprise.

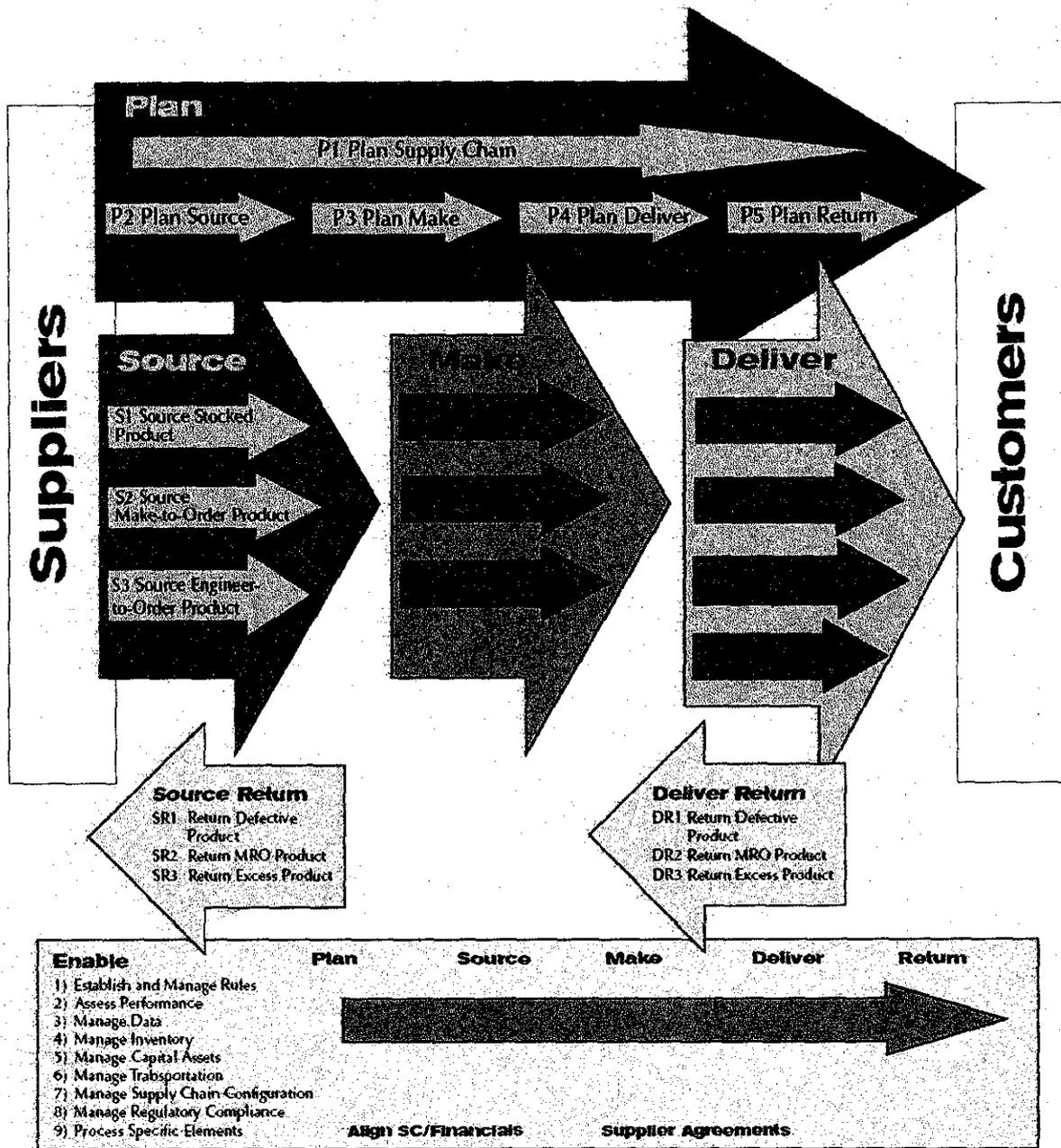


Figure 1.18 : Modèle SCOR niveau 2

- Les processus de **niveau 3** – processus élémentaires – correspondent à une décomposition de processus du niveau 2 en sous-processus. (Figure 1.19) [Supply-Chain council, 2006].

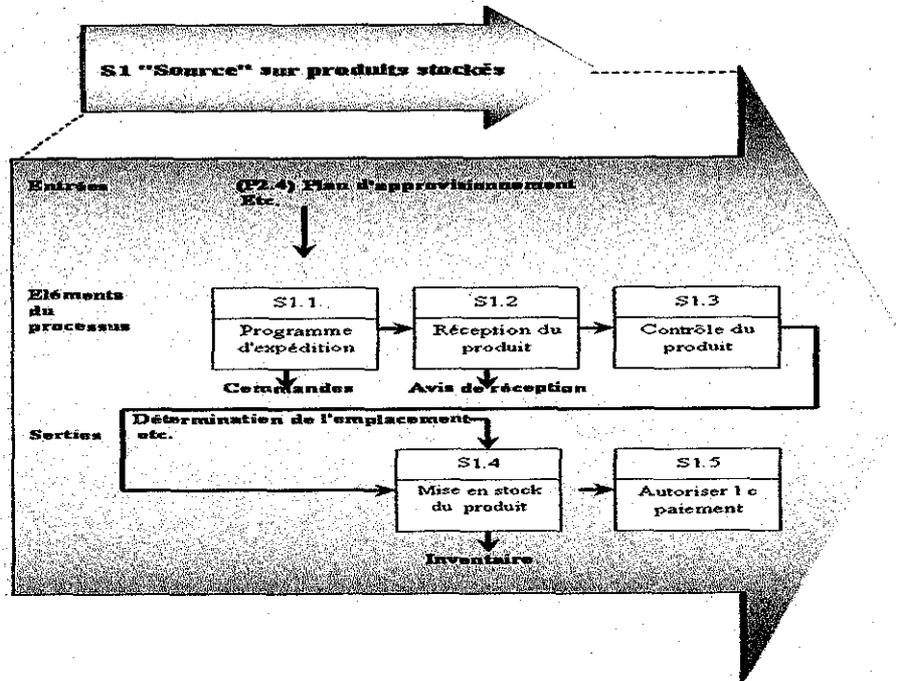


Figure 1.19 : Exemple de sous-processus de niveau 3

- Les processus du **niveau 4** – la mise en place (implémentation) – sont une décomposition de processus du niveau 3, correspondent aux processus réels d'une entreprise; ils sont donc contingents et non génériques. On descend ainsi progressivement jusqu'au niveau 5 et 6, ceci permet de représenter l'ensemble des processus de la SC de l'entreprise avec des méthodes standardisées. (Figure 1.20) [Supply-Chain council, 2006].

D1. livraison sur stock

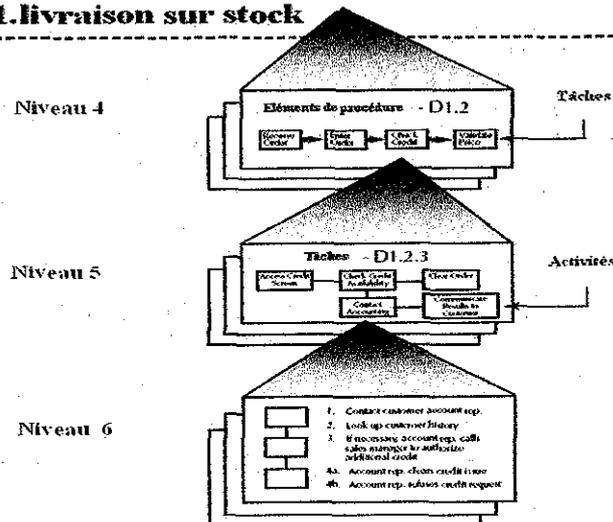


Figure 1.20 : Exemple des niveaux 4, 5 et 6 (exemple présenté par SCOR)

3.2.3. Métrique et meilleures pratiques

L'objectif du SCOR n'est cependant pas seulement d'établir une description fonctionnelle d'une SC, mais aussi de construire à partir d'un référentiel standardisé, une "métrique" – ensemble d'indicateurs quantitatifs coordonnés.

A chaque niveau d'analyse, on va donc trouver des indicateurs de performance calqués sur la structure d'analyse de la SC, telle l'analyse du niveau 1 (voir tableau 1.3 détailler au tableau 1.4 et 1.5). Le niveau 2 et 3 incluent une métrique plus spécifique et plus détaillée

correspondant aux catégories et aux éléments du processus. Réciproquement, les indicateurs d'un niveau sont obtenus par agrégation des données du niveau inférieur.

Tableau I.3 : Indicateurs de performance du niveau I

| Client externe (<i>Customer facing</i>) | | | Interne (<i>Internal facing</i>) | |
|--|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---|
| Fiabilité | Réactivité | Flexibilité | Coûts | Actifs |
| Performance de livraison (niveau de service) | délai de traitement des commandes | Temps de réponse de la SC | Coût total de la SC | Temps de cycles Cash to cash ¹ |
| Taux de satisfaction commandes | | Flexibilité de la production | Productivité de la valeur ajoutée | Nombre de jours en stock |
| | | | Coût des garanties et des retours | Rotation des actifs |

Sur les cinq attributs de performance retenus, trois sont orientés «client» et deux sont orientés «efficience»; ils portent sur la fiabilité, la réactivité, la flexibilité, les coûts et les actifs mobilisés. Cette fiche signalétique se poursuit par une liste des meilleures pratiques² repérées pour le processus étudié, avec leurs caractéristiques, tout ceci restant à un niveau générique.

Tableau I.4 : Indicateurs ayant un Impact perçu par le Client* (*Customer facing metrics*)

| Processus | Niv. | Indicateurs |
|--|------|---|
| Livraison | 1 | % de commandes livrées complètes, dans les délais par rapport à la date demandée. |
| | 1 | % de commandes traitées de façon parfaite (respect du délai et des produits commandés, montant facturé identique au montant de la commande). |
| | 1 | Par opposition, la non qualité se mesurera en évaluant le % de commandes livrées à une date supérieure (voire inférieure) par rapport à la date convenue avec le Client. |
| | 2 | - Source : % d'ordres d'achat ou d'approvisionnement commandes livrés complets, dans les délais par rapport à la date demandée - Make : % d'ordres de fabrication ou d'ordres de transfert exécutés totalement dans les délais selon le planning de fabrication - Deliver : % d'ordres d'expédition traités complètement dans les délais par rapport à la date demandée - Return : % d'ordres de retour reçus complets dans les délais |
| Délai d'exécution des commandes Client | 1 | Délai d'exécution logistique : temps écoulé entre l'acceptation de la commande Client et la réception des produits par le destinataire. |
| | 1 | Back order duration : il s'agit du délai d'exécution logistique des commandes non traitées en totalité. |
| | 2 | Il s'agit de calculer les indicateurs du niveau 1 par type de clients, catégories de produits ou politique de gestion (fabrication sur commande, pour stock et développement/fabrication sur commande). |
| | 1 | Il s'agit de détailler les différentes dates clés des process de traitement afin de calculer la durée de chaque opération : - Date de réception de la commande (A) - Date d'acceptation de la commande - Date de début de fabrication |

¹ Représente le délai entre le stockage et la vente d'un produit par rapport au paiement du fournisseur, il est calculé comme suit:

- Nombre de jours de stock : montants du stock / (montant d'acquisition du stock par an/365) (A)

- Nombre de jours de vente à recevoir : montants à percevoir / CA par jour (B)

- Nombre de jours d'achat à payer : montants à percevoir / (montant annuel des achats/365) (C)

Cash-to-cash cycle time = A+B-C

² La liste complète des métriques et des meilleures pratiques pour chaque catégorie et élément de processus sont données au [Supply-Chain Council, 2006, pp. 10-221].

³ www.scelimited.com

| | | |
|----------------------------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Date de fin de fabrication (ou d'expédition usine) - Date d'entrée en entrepôt - Date de sortie de l'entrepôt - Date de réception par le destinataire (B) - Date d'installation ou de mise en service <p>Délai d'exécution logistique = B - A</p> |
| Réactivité de la SC | 1 | Il s'agit d'évaluer le temps de réponse de la SC, incluant l'ensemble du process (dont la replanification), nécessaire pour répondre à une augmentation ou une diminution non planifiée de la demande de 20% sans sur-coût ou altération du niveau de service. |
| | 1 | Il s'agit de segmenter ce délai par process : temps de réponse de l'approvisionnement, temps de replanification (délai entre le début de la replanification et la diffusion du nouveau programme de fabrication), |

Tableau 1.5 : Indicateurs ayant un Impact perçu en interne (Internal facing metrics)

| | | |
|---------------------------------------|--|---|
| Coûts de gestion des commandes | Service Clients | <ul style="list-style-type: none"> - Enregistrement de la commande - Réservation des stocks - Vérifications financières (en-cours, ...) - Consolidation - Facturation - Réclamation |
| | Gestion de l'entrepôt de produits finis | <ul style="list-style-type: none"> - Stockage - Réception - Picking/préparation des commandes - Expédition |
| | Transport | Coûts liés à l'acheminement des commandes Client. |
| | Gestion des contrats | Coûts liés à la comparaison entre les volumes réalisés et les volumes convenus avec le Client (calcul des remises de fin d'année, politique d'incentives, ...). |
| | Installation et mise service des produits livrés | |
| | Recouvrement | Il s'agit des coûts liés à la gestion du recouvrement des factures Clients. |
| Coûts de l'approvisionnement | Achats | |
| | Gestion de l'entrepôt de matières premières | <ul style="list-style-type: none"> - Réception - Stockage - Transfert |
| | Qualité | Coûts liés à la gestion de la qualité des matières premières : système qualité, vérifications, mesures, |
| | Ingénierie / R&D | Coûts liés au développement de nouveaux produits. |
| | Transport | Coûts liés à l'acheminement des matières premières. |
| | Paiement | Coûts liés au paiement des factures et la gestion des réclamations. |
| Coûts de planification | Planification de la demande | Coûts liés à la planification des demandes (dont prévisions), des ressources : stockage, transport, |
| | Planification de l'approvisionnement | Coûts liés à la planification des approvisionnements, au plan directeur de production ou aux plannings de fabrication. |
| | Contrôles financiers | Coûts liés à la validation financière des planifications. |
| Stocks | Obsolescence | Coûts liés à la dépréciation du stock par obsolescence. |
| | Déstockage | Coûts liés au déstockage : destruction, remise, ... |
| | Taxes et | |

| | | |
|------------------------|-------------------------------|--|
| | assurances | |
| Systèmes d'information | Exploitation | Coûts liés à l'exploitation des systèmes utilisés pour l'ensemble des process. |
| | Développement, upgrade et R&D | |

3.2.4. Procédé d'application du SCOR

Après avoir décrit les éléments du modèle SCOR, le procédé d'application sera décrit. Ce procédé correspond au [Bolstorff, 2001] [Vieille, 2006]. Il se compose de quatre étapes :

- analyser la base de la concurrence
- configurer la SC
- aligner les niveaux des performances, les pratiques et les systèmes
- Implémenter les processus et les systèmes de SC

Les trois premières étapes correspondent aux trois niveaux du modèle SCOR. L'Étape quatre représente l'implémentation de la connaissance recueillie.

L'analyse de la base de la concurrence est basée sur la métrique du niveau 1 du modèle SCOR (voir tableau 3.1).

[Supply-Chain Council, 2006] recommande une approche de sept étapes pour configurer la SC.

1. Choisir l'entité qui doit être modélisé (géographie, ensemble de produit, organisation). (figure 1.16).
2. Illustrer les emplacements physiques de (figure 1.16) :
 - Équipements (site) de production (Make)
 - Activités de distribution (Deliver)
 - Activités d'approvisionnement et de fourniture (Source)
3. Illustrer le point primaire pour diriger des flux de matière en utilisant les flèches "en trait plein" (figure 1.16).
4. Installer des catégories plus appropriées de processus d'exécution du niveau 2 pour décrire les activités à chaque emplacement (figure 1.19).
5. Décrire chaque "lien " distincte de SC
6. Un lien de la SC attache conjointement l'ensemble des processus de Source-Make-Deliver de la SC qu'une famille de produit donnée traverse (figure 1.19).
 - Développer chaque lien séparément pour comprendre les catégories de processus commun et distinct, d'exécution et de retours
 - Considérer les liens bout à bout dans le cas inter-société
7. Placer les catégories de processus de planification, en utilisant des lignes tirées pour montrer les liens avec les procédés d'exécution.
8. Placer P1, comme approprié
 - P1 - Planifie les sorties agréger de la SC de P2, P3, et P4.

Après analyse de la base de la concurrence et configuration de la SC, *les niveaux de performances, pratiques et systèmes sont alignés*. Les catégories critiques du processus du niveau 2 peuvent être détaillées dans le niveau 3. À ce niveau la métrique et les meilleures pratiques sont disponibles. Ainsi, l'analyse et les améliorations détaillées des éléments du procédé sont soutenues.

L'implémentation des processus et des systèmes de SC, n'est pas une partie du modèle SCOR. Cependant, il est recommandé de continuer à employer la métrique du modèle SCOR. Ils fournissent des données pour des études benchmarking internes et externes et des documents conséquents de changement des processus dans une SC.

3.3. Typologie de la Supply Chain

Le modèle SCOR est un excellent outil pour analyser, visualiser, et discuter la structure de la SC et pour indiquer des redondances et des faiblesses. Il permet la formulation des changements structurels et des stratégies pour l'amélioration de la performance de la SC dans l'ensemble. Quand il vient à la planification, une typologie aidera à identifier le type de problèmes de décision se posant à la SC et à guider le choix de la norme ou des modules spécialisés, les modèles et algorithmes pour le support de décision. Une telle typologie sera discutée dans ce qui va suivre soutenu par le modèle SCOR du niveau 2.

3.3.1. Motivation et principes

Les APS sont beaucoup plus souple que les systèmes MRP et ERP, dus à leurs possibilités modélisantes et différentes procédures de solution. Les modules offerts par le fournisseur de logiciel peuvent encore mieux s'adapter à un type de SC que d'autres. Ainsi, notre but est de décrire *une typologie de la SC* qui laisse représenter une SC donnée par un ensemble d'attributs qui pourraient être importants pour la prise de décision et le choix d'un APS. Les attributs peuvent avoir des propriétés nominales (par exemple un produit est stockable ou pas), des propriétés ordinales (par exemple la puissance d'une entité et l'impact sur la prise de décision) ou des propriétés cardinales (c.-à-d. l'attribut peut être compté, comme le nombre d'entités légalement séparées dans une SC).

Les attributs avec le même centre d'intérêt sont groupés dans une catégorie particulière pour mieux indiquer la structure de notre typologie (tableau 1.6 et 1.8). Nous distinguons les attributs "fonctionnels" à appliquer à chaque organisation, entité, membre, ou emplacement d'une SC de même que les attributs "structuraux" décrivant les relations entre ses entités.

3.3.2. Attributs fonctionnels

Les attributs fonctionnels (le tableau 1.6) d'une entité sont groupés dans quatre catégories

- type d'approvisionnement
- type de production
- type de distribution et
- Type de ventes.

Le type d'approvisionnement se relie *au nombre* (peu... beaucoup) et *type de produits* à obtenir, le dernier s'étendant des produits standard aux produits fortement spécifiques exigeant un savoir-faire du procédé de production (ou d'équipement). Le second attribut dépend *du type d'approvisionnement*: approvisionnement simple, double ou multiple. L'approvisionnement simple (unique) existe s'il y a un seul fournisseur qui livre le produit. Dans l'approvisionnement double il y a deux fournisseurs chacun accomplit une partie de la demande du produit (par exemple 60 % de la demande est accomplie par le fournisseur principal, 40 % par le deuxième fournisseur). Les contrats d'approvisionnement avec les fournisseurs sont habituellement valides à moyen terme (par exemple, selon le cycle de vie d'un produit). Autrement, les produits peuvent être approvisionnés de multiples fournisseurs. Ensuite, *la flexibilité des fournisseurs* en ce qui concerne les quantités à fournir. Les quantités peuvent être fixes, suite à des limites indiquées dans les contrats (des fournisseurs) où directement disponibles. *Le délai d'exécution* et *la fiabilité des fournisseurs* sont étroitement liés. Le délai d'exécution d'un fournisseur définit l'intervalle moyen de temps entre le passage d'une commande d'un matériel spécifique et sa réception. Habituellement, les délais d'exécution sont plus courts, plus les dates promises d'obtention sont fiables. *Les cycles de vie des composants* ou *des matériaux* ont un impact direct sur le risque d'obsolescence des stocks. Plus les cycles de vie sont courts, plus en doit plus souvent s'inquiéter de substituer le vieux matériel avec un plus nouveau.

Le type de production est constitué de beaucoup d'attributs. Les deux importants sont l'organisation du procédé de production et la répétition des opérations [Giard, 2003] [Courtois et al., 2005]. L'organisation en processus et lignes de production ou fabrication représentent les propriétés les plus connues du procédé de production. L'organisation en processus exige que toutes les ressources capables d'accomplir une tâche (spéciale) doivent être situées dans le même atelier. Habituellement un produit doit passer par plusieurs ateliers jusqu'à ce qu'il soit fini. Un *flow shop*¹ (flux unidirectionnel) existe si tous les produits passent les ateliers dans le même ordre, autrement c'est le *job shop*² (atelier à cheminement multiple).

Les principales opérations que peut trouver dans ce type d'industrie sont :

(I-a) les opérations de traitement (les industries du papier, d'acier, d'aluminium, chimiques, et les raffineries).

(I-b) les opérations de transformation et de finitions

Une ligne de production existe au cas où des ressources seraient arrangées les unes auprès des autres correspondant à l'ordre des opérations de fabrication exigées par les produits. Habituellement les capacités dans une ligne de fabrication sont synchronisées et les stocks intermédiaires ne sont pas possibles³. Par conséquent, pour des buts de planification une ligne de production peut être considérée comme une seule entité.

Tableau 16 : les attributs fonctionnels de la typologie de la Supply Chain

| Attributs fonctionnels | |
|--|---|
| Catégories | Attributs |
| Type de fourniture (approvisionnement) | Nombre et type de produits acheter Type d'approvisionnement Flexibilité des fournisseurs Le délai d'exécution et la fiabilité des fournisseurs Les cycles de vie des composants ou des matériaux |
| Type de production | L'organisation du procédé de production La répétition des opérations Caractéristiques de changement Goulots d'étranglement dans la production Flexibilité de temps de travail Etc. |
| Type de distribution | structure de distribution le modèle de livraison déploiement des moyens de transport les bornes possibles de chargement |
| Type de ventes | la relation avec ses clients disponibilité de futures demandes la courbe de demande cycle de vie d'un produit nombre de types de produit le degré de personnalisation nomenclatures la portion des opérations de service |

Les principales opérations que peut trouver dans ce type d'industrie sont [Kreipl et al., 2004] :

(II-a) opérations de transformation primaire (par exemple, découpage et formation des feuilles de métal, etc.)

¹ Industrie de fabrication continue (*Continuous manufacturing industries*)

² Industrie de fabrication discrète ou discontinue (*Discrete manufacturing industries*)

³ L'idée que Goldratt et Fox ont popularisée est celle d'une synchronisation des flux, rythmés par la production du goulot d'étranglement, puisque toute accélération de débit en amont du goulot ne peut que conduire à la création inutile d'encours

(II-b) *opérations de productions* (par exemple, production des moteurs, cartes, etc.)

(II-c) *opérations d'assemblage* (par exemple les voitures, etc.)

L'attribut *répétition des opérations* à trois larges propriétés, production en série, fabrication par lots et production en série unitaire. Dans la production en série le même produit est produit constamment sur une longue période. Dans la fabrication par lots plusieurs unités d'une opération donnée sont groupées ensemble pour former un groupe (batch) et sont exécutées une après l'autre. Dans la production en série unitaire, ou la fabrication d'un produit est spécifique pour un ordre (client), une attention particulière est nécessaire pour programmer les nombreuses opérations appartenant habituellement à l'ordre (client).

L'influence des coûts d'installation et leurs périodes respectives peuvent être plus élevées ou infimes. Par conséquent, leurs degrés peuvent être indiqués par des attributs optionnels *d'un changement des caractéristiques*. Si les coûts (ou le temps) d'installation changent même en ce qui concerne l'ordre des batch ou des lots, des coûts dépendants de changement d'"ordre" sont indiqués. Si la capacité de production est un problème sérieux, l'attribut *goulots dans la production* essaiera de caractériser la cause. Dans un système de production à plusieurs étages, les machines de goulot peuvent être stationnaires et connues, ou décalant (fréquemment) selon le mix de la demande. Les possibilités et les délais d'exécution d'adapter le temps de travail au modèle variable de la demande sont décrits par l'attribut *flexibilité de temps de travail*. Avec d'autres caractéristiques du type de production.

Il y a quelques différences de base entre les paramètres et les caractéristiques de fonctionnement des équipements dans les deux catégories principales décrites ci-dessus. Plusieurs de ces différenciations ont un impact sur les procédés de planification et d'ordonnancement [Kreipl *et al.*, 2004], (i) l'horizon de planification, (ii) "clock-speed", et (iii) niveau de la différenciation de produit.

(i) *L'horizon de planification* dans l'industrie de *process* tend à être plus long que l'horizon de planification dans les lignes de fabrication. Mais dans les deux cas, l'horizon de planification tend à être court chaque fois qu'on se dirige vers l'aval de la SC

(ii) La prétendue "*clock-speed*" tend à être plus élevée dans l'industrie de *process* que celle des lignes de production. Une "*clock-speed*" élevée implique que les plans et les programmes existants doivent souvent être changés ou ajustés ; c'est-à-dire, la planification et l'ordonnancement sont plus réactifs. Mais dans les deux cas, le "*clock-speed*" tend à augmenter chaque fois qu'on se dirige plus vers le client.

(iii) Dans la production discrète, il peut y avoir un niveau significatif de *personnalisation et de différenciation de produit*. Dans la production continue, la personnalisation ne joue pas un rôle très important. Le nombre de SKU dans la production discrète tend à être sensiblement plus grand que le nombre de SKU dans la production continue. Le nombre de SKU tend à augmenter plus en se dirigeant en aval de la SC.

Tableau 1.7 : caractéristiques des opérations

| Secteur | Processus | L'horizon | Clock-speed | Différenciation du produit |
|---------|------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|
| (I-a) | Planification | Long/moyen | Bas | Très Réduit |
| (I-b) | Planification/ordonnancement | Moyen/court | Moyen/élevé | Moyen/ Réduit |
| (II-a) | Planification/ordonnancement | Moyen/court | Moyen | Très Réduit |
| (II-b) | Planification/ordonnancement | Moyen/court | Moyen | Moyen/ Réduit |
| (II-c) | Ordonnancement | Court | Elevé | Elevé |

Le type de distribution comprend la structure de distribution, le modèle de livraison, déploiement des moyens de transport, et les borne possibles de chargement. *La structure de distribution* décrit le réseau des liens entre l'usine (entrepôt) et le (s) client (s). Une structure

en une étape de distribution existe s'il y a seulement des liens directs entre une usine (entrepôt) et ses clients. Au cas où le réseau de distribution aurait une construction intermédiaire (par exemple entrepôts centraux (CW) ou entrepôts régionaux (RW) une structure de distribution à deux étages est donnée. Une structure de distribution à trois étages incorpore une construction additionnelle (par exemple. CW et RW).

Le modèle de livraison est cyclique ou dynamique. Dans un modèle cyclique, les marchandises sont transportées à intervalles de temps fixes. Un modèle dynamique est donné si la livraison suit la variabilité de la demande. En ce qui concerne *le déploiement des moyens de transport* on peut distinguer le déploiement des véhicules sur plusieurs itinéraires (les itinéraires standard ou les itinéraires variable selon la demande) ou simplement selon une capacité donnée à transporter dans un lien unique dans le réseau de distribution. Il peut même être possible d'assumer des capacités illimitées de transport et de considérer seulement une fonction de coût donnée (par exemple basé sur un contrat avec un grand fournisseur de service de tiers). *Les restrictions de chargement* (comme la condition d'un chargement plein de camion) peuvent former une autre condition.

Le type des ventes d'une entité dans la SC dépend en grande partie *de sa relation avec ses clients*. Une extrémité peut être une entité aval dans la SC (avec un certain genre d'accord concernant des demandes prévues et un écoulement ouvert de l'information) que l'autre extrémité peut être une relation pure du marché avec beaucoup de concurrents (par exemple enchères par l'intermédiaire de l'Internet conduit par les services des achats d'une grande compagnie). Cet attribut est étroitement lié à *la disponibilité de futures demandes*. Ceux-ci peuvent être connues (par le contrat) ou doivent être prévues. L'existence de prévisions (fiables) de la demande est mieux décrite par la longueur de l'horizon de prévision. Sans compter l'intérêt de la disponibilité générale d'information sur la demande, et la forme de *la courbe de la demande*. La demande d'un produit spécifique peut, par exemple, être tout à fait statique, sporadique, ou saisonnière.

La longueur *du cycle de vie d'un produit* influence de manière significative le marketing, la planification de la production et les stratégies financières. En ce qui concerne les produits à vendre en devrait distinguer *le nombre de types de produit offert et le degré de personnalisation*. Le dernier peut s'étendre des produits standard aux produits fortement spécifiques (conformément aux produits obtenus). L'attribut *nomenclatures (BOM)* montre la manière dont les matières premières et les composants sont composés ou décomposés afin de fabriquer des produits finis. Si les matières premières sont changées dans leurs tailles et formes, une structure périodique est donnée. Dans une structure convergente, plusieurs entrée de produits sont assemblés (ou mélangés) pour former un produit unique de sortie. Tandis que dans une structure divergente, un produit unique est démonté et plusieurs produits de en sont le résultat. Naturellement, une structure d'un type mix – combinant les propriétés convergentes et divergentes – est également possible.

3.3.3. Attributs structuraux

Les attributs structuraux (tableau 1.8) d'une SC sont groupés dans deux catégories

- topographie d'une SC
- Intégration et coordination.

En ce qui concerne **la topographie d'une SC** l'attribut *structure du réseau* décrit les flux matériels depuis l'amont des entités à l'aval qui sont périodiques, convergent, divergent, ou à un mix des trois. Noter que la structure de réseau coïncide souvent avec le BOM. *Le degré de globalisation* s'étend des SC fonctionnant dans un seul pays à ceux avec des entités dans plusieurs continents. En outre *l'emplacement du point (s) de découplage* dans la SC doit être mentionné. C'est la première étape (ou endroit) dans les flux des matériaux où une étape de

transformation plus ultérieure ou un changement de la localisation d'un produit sera exécuté en ce qui concerne l'ordre d'un client. L'attribut *contraintes principales* donne une impression sur les goulots de la SC (dans l'ensemble). Ceux-ci peuvent, par exemple, limiter les possibilités de production d'un certain membre (s) ou limiter la disponibilité de quelques matériaux critiques.

Tableau 1.8 : attribues structuraux de la typologie de la Supply Chain

| Attribues structuraux | |
|-----------------------------|--|
| Catégories | Attribues |
| topographie de la SC | structure du réseau degré de globalisation l'emplacement du point (s) de découplage contraintes principales |
| Intégration et coordination | La position légale l'équilibre des forces la direction de la coordination le type d'information échangé |

L'intégration et la coordination concernent les attributs position légale, l'équilibre des forces, la direction de la coordination et le type d'information échangée. *La position légale* des entités a été déjà mentionnée. Au cas où des entités seraient légalement séparées, les SC inter-organisationnelles existent, autrement elles s'appellent intra-organisationnelle. Pour la SC intra-organisationnelle il sera beaucoup plus facile de coordonner centralement les flux que pour les SC inter-organisationnelles. En outre *l'équilibre des forces* dans une SC inter-organisationnelle joue un rôle essentiel pour la prise de décision. Un membre dominant dans la SC peut agir en tant que société focale. D'autre part, nous avons une SC d'égaux, appelée une SC polycentrique.

En ce qui concerne les flux d'information, plusieurs attributs peuvent être considérés. Comme par exemple, considérer *la direction de la coordination*. Elle peut être purement vertical ou purement horizontal ou un mix des deux. Les flux verticaux d'information sont conformes à la planification hiérarchique. D'autre part, les flux horizontaux peuvent exister entre deux entités adjacentes dans la SC qui peut facilement et rapidement se servir de l'information locale (par exemple pour surmonter les effets d'une panne d'une machine). En outre le *type d'information échangé* entre les membres influence la planification (par exemple quelques entités peuvent hésiter à indiquer leurs coûts de fabrication mais sont disposées à fournir des informations au sujet des capacités disponibles).

Alors que les attributs décrivant un type de production sont généralement acceptés et aujourd'hui validés, une typologie du secteur des services est toujours dans sa première genèse.

Une fois que la liste d'attributs fonctionnels a été établie pour chaque entité d'une SC, elle montrera le degré de diversité existant dans la SC. Pour des associés ayant les propriétés semblables le choix d'un outil approprié de prise de décision (ou du module d'un APS) peut être fait conjointement, économisant ainsi des coûts et du temps.

Conclusion :

Dans un contexte de globalisation des marchés, les organisations s'engagent dans une course pour développer des activités à haute valeur ajoutée qui les démarqueraient de la concurrence. La SC et son management sont au cœur de cette quête, puisqu'ils représentent pour plusieurs organisations une perspective qui permet de mettre à jour de nouvelles sources de valeur.

Dans cette optique, nous avons présenté dans ce chapitre ces concepts relativement récents, en commençant, tout d'abord, par une étude littérale du paradigme de SC qui est à l'origine de son management, et de se fait poser une définition. Ensuite, une étude plus étendue des différentes définitions du SCM, se situant dans la littérature, nous a permis de déterminer ses principaux éléments, et ainsi de placer son essence et construire une définition plus générale mais précise.

N'ayant pas pour seule cause, la SC à son apparition, nous avons traité en plus, ces autres sources qui peuvent se résumer dans : la recherche de conduits qui s'inscrit dans la réflexion conduite sur le *postponement*, le besoin de collaboration et de coopération inter-organisationnel, repérage des inventaires dans le réseau de production-distribution, le théorème de l'effet de *bullwhip* et enfin la planification hiérarchique.

Puisque le concept de SCM est un mode de gestion fédératif son application demande, avant tout, une analyse de la situation est la structure existante et ceci afin de prendre les meilleures décisions d'amélioration. C'est pourquoi, nous avons étudié les principaux outils d'analyse des opérations, stocks et processus de la SC, à savoir : les indicateurs, dans la mesure où ils permettent de décrire la situation passée et présente (actuelle) et de fixer des objectifs pour le futur, et l'analyse des stocks, parce qu'ils sont nécessaires et de se fait il y a un besoin de les contrôler.

La multiplication des benchmarks logistiques, ces dernières années, a montrée qu'il était extrêmement difficile de rapprocher les indicateurs d'une entreprise à l'autre à cause des différences base de calcul. Dans cette perspective, et à fin de permettre à chaque entreprise de construire un modèle (référentiel) progressivement détaillé de ces procédures et flux de son organisation, nous avons traité dans ce chapitre, le modèle SCOR, qui est un modèle de référence qui définit une terminologie et processus standard permettant une description générale de la SC. En plus, l'objectif du SCOR et de construire une métrique des référentiels normalisés, de ce fait, on va trouver à chaque niveau des indicateurs de performances calqués sur la structure d'analyse de la SC et ainsi permettre une comparaison à d'autres entreprises (benchmarking) et l'application des meilleures pratiques.

Le SCM nécessite de prendre plusieurs décisions, c'est pourquoi nous avons donné une typologie des SC qui aidera à identifier le type de problème de décision qui se pose à la SC et guide le choix des modules, modèles et algorithmes pour le support de décision.

Avant le choix de ses dernier, une identification des décisions et le support qui peut leur est attribué est nécessaire, ceci est traitée dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Aide à la décision et technologie de l'information pour le Management de la Supply Chain

| | | |
|------------------|--|-----------|
| <u>I.</u> | <u>AIDE A LA DECISION DANS LE CONTEXTE DU MANAGEMENT DE LA SUPPLY CHAIN</u> | 56 |
| 1.1. | Place de la prise de décision dans le management de la SC..... | 56 |
| 1.2. | Typologie de la décision dans le cadre du management de la SC..... | 57 |
| 1.3. | La portée des différents types de décision :..... | 61 |
| 1.4. | La planification avancée..... | 66 |
| <u>2.</u> | <u>SYSTEMES D'INFORMATION, D'AIDE A LA DECISION ET LA STRUCTURE DES SYSTEMES DE PLANIFICATION AVANCEE</u> | 78 |
| 2.1. | Définition d'un système..... | 79 |
| 2.2. | Les objectifs du système..... | 79 |
| 2.3. | Les éléments du système..... | 79 |
| 2.4. | Système d'Information et d'aide à la décision..... | 80 |
| 2.5. | Les systèmes APS..... | 88 |
| 2.6. | Structure des systèmes APS | 89 |

Nous assistons depuis le début des années quatre-vingts à une évolution des systèmes industriels et des mentalités, en accord avec la modification des méthodes de management, l'arrivée massive et la mise en oeuvre de concepts comme le Juste-A-Temps, la Supply Chain globale, l'ingénierie simultanée, le Kaizen, le TQM, ..., SCM. Ceci, suite à une concurrence de plus en plus forte due en partie à l'ouverture des marchés et à l'augmentation constante des exigences des clients en terme de coût, délai, qualité et service.

L'efficacité du processus de management, réside dans son adaptation à ces évolutions. Ainsi, si l'entreprise veut fonctionner efficacement, elle doit s'adapter à ces changements tout en maintenant une cohérence dans ses flux, et dans la structure de support de son système décisionnel.

D'autre part, si elle veut survivre dans un environnement changeant, elle doit rester réactive et flexible. Son « tryptique » « physique-information-décision » doit alors être à son tour organisé et opérant en temps réel. [Bitton, 1990] appelle l'entreprise d'aujourd'hui, « l'entreprise du temps réel » (l'illustration la plus parlante étant la constante diminution des cycles de vie tant des produits que des systèmes de production).

Dans le cadre de cette maîtrise des systèmes, complexifiée par un environnement en constante évolution et une concurrence acharnée, le recours aux méthodes d'aide à la décision devient indispensable. Mais ces méthodes (modèles), compte tenu de la complexité et de l'amplitude des calculs et des données requises, doivent être soutenues par un système informatique (d'information). Selon [Simchi-Levi *et al.*, 2000] les technologies de l'information constituent un élément important de la gestion efficace d'une SC. L'intérêt présent pour le SCM est principalement motivé par les possibilités introduites par l'abondance de données et les économies induites par l'analyse sophistiquée de ces données.

Il existe diverses applications des technologies de l'information dans le cadre du SCM. Parmi celles qui offre des options d'améliorations, nous pouvons citer les trois principales : les Progiciels de Gestion Intégrée (PGI en anglais ERP pour *Entreprise Resource Planning*) qui permettent de collecter l'information, le commerce électronique et les systèmes d'aide à la décision qui assiste les dirigeants (DSS en anglais pour *Decision Support System*). Ces derniers prennent le nom d'APS (Advanced Planning and Scheduling) [Moyaux, 2002].

I. Aide à la Décision dans le contexte du Management de la Supply Chain

I.I. Place de la prise de décision dans le management de la SC

Les travaux traitant la théorie de la décision sont récents et se sont développés durant la deuxième guerre mondiale, lorsque mathématiciens et statisticiens anglo-saxons élaboraient des méthodes pour rationaliser les choix militaires et économiques, qui seront connues sous le nom de recherche opérationnelle [Lemaître, 1981]. La recherche opérationnelle englobe un ensemble d'outils d'aide à la prise de décision. Ce sont des techniques scientifiques permettant de traiter des problèmes diversifiés, en intégrant les données de l'entreprise, les outils mathématiques et l'informatique [Thiel, 1990].

La définition première de la décision, selon le Petit Robert, est *l'action de décider* (porter un jugement, adopter une conclusion définitive sur un point en litige : régler, résoudre, trancher), de convaincre, persuader, de disposer en maître par son action et son jugement, de choisir, opter, se prononcer ; *c'est choisir le comportement optimal en fonction des informations disponibles*. Selon [Barabel, 1996], l'activité de décision est définie comme « *l'ensemble des actions que le décideur effectue pour prendre sa décision et la mettre en oeuvre* ». Cette activité varie selon les entreprises et les types de décisions : la prise de décision stratégique, par exemple, est considérée comme étant celle qui conditionne le plus la survie de l'entreprise à long terme. Pour [Le Moigne, 1974], décider, c'est « identifier et

résoudre les problèmes que rencontre toute organisation ». Dans le cadre de notre travail nous choisirons la définition suivante : *la décision est définie comme la sélection de l'éventualité dont on pense qu'elle permettra d'obtenir les avantages optimaux et les inconvénients minimaux.* [Claire, 2006].

La décision est partie intégrante du management. Et pour gérer, nous serons confronté à un choix.

I.1.1. La décision monocritère

Tant que le but est unique, le choix « est simple »; il suffit de préciser *la nature du critère* et de le comparer aux incidences de chacune des actions envisagées dans chacune des situations possibles : il s'agit de décision monocritère.

I.1.2. La décision multicritère

Mais dans la plupart des cas, l'entreprise doit faire face à des situations plus délicates, avec des objectifs multiples, comme réduire les coûts, améliorer la qualité, réduire les délais de livraison, ... Ses derniers sont souvent contradictoires et impliquent une prise de décision difficile. *L'analyse multicritère* [Roy, 1985] [Roy et al., 1993] vise à fournir au décideur une solution satisfaisante en prenant en compte plusieurs facteurs simultanément. Le principe est de faire un choix avec rigueur en confrontant les solutions envisagées avec les objectifs fixés au départ [Kalfoun et al., 1995].

La prise de décision est considérée alors *comme le processus d'élaboration et de sélection progressive de solutions...* et à tout moment, dans une analyse multicritère, le décideur se trouve confronté à un *grand nombre de choix*

I.2. Typologie de la décision dans le cadre du management de la SC

Le SCM nécessite de prendre un ensemble de décisions. Ce management peut s'envisager aux trois niveaux stratégique, tactique et opérationnel. Classifier les décisions liées au SCM est très difficile. Il n'existe pas de méthode générique qui pourrait s'appliquer à l'ensemble des secteurs industriels et de services. Par la suite, nous ne présenterons pas une méthode générique, mais une trame pour présenter les décisions, ce qui facilitera la discussion ultérieure dans ce travail

Par la suite nous détaillons, en ce qui concerne la SC, les décisions les plus importantes à traiter à chacun des niveaux décisionnels.

Diverses classifications en été citées par différents auteurs [Lefebvre, 1975] [Lemaître, 1981] [Sfez, 1984] [Bitton, 1990] [Simon, 1993] [Barabel, 1996] [Pellegrin, 1997] [Pierreval, 1999], et que nous traiterons comme une *typologie de la décision* selon les points de vue suivants [Claire, 2006] :

I.2.1. Les décisions selon l'horizon de production

Cette classification est la plus utilisée autant dans le milieu industriel que dans celui de la recherche. Les décisions peuvent être hiérarchisées suivant un horizon correspondant à leur implication dans l'évolution de l'entreprise. Ainsi, de manière classique, la littérature [Anthony, 1965] [Lemaître, 1981] [Pellegrin, 1997] présentent les trois niveaux temporels : les horizons à long, moyen et court termes.

▪ Les décisions stratégiques à long terme

Elles concernent la politique globale de l'entreprise, et relèvent des relations entre l'entreprise dans son ensemble et son milieu environnant, dans le but de choisir l'axe production-marché qui sera suivi. Alors elles ont une influence importante sur la stratégie concurrentielle et donc sur la viabilité à long terme de l'entreprise. Elles sont prises normalement par la direction de

l'entreprise – comité de coordination. Une autre caractéristique des décisions stratégiques est qu'elles ont une forte répercussion sur les décisions des niveaux inférieurs (système hiérarchique). Elles influent aussi sur l'environnement industriel du secteur concerné et en conséquence induisent de nouvelles données stratégiques pour les entreprises du secteur.

Enfin le caractère d'irréversibilité est une autre caractéristique des décisions stratégiques, car le fait de revenir sur ces décisions est très coûteux (§ III.1).

▪ Les décisions tactiques à moyen terme

Elles découlent soit de décisions stratégiques, soit de problèmes plus « opérationnels » (les uns et les autres pouvant d'ailleurs être contradictoires). Elles mettent souvent en conflits les objectifs de l'organisation et ceux des individus, et impliquent une liaison étroite entre les variables économiques et les aspects sociaux. Ces décisions concernent en particulier la planification mensuelle des flux de produits tout au long de la SC (par exemple les approvisionnements matières, la production, le stockage, les investissements, la sous-traitance, les méthodes et procédures, ...), et la gestion des moyens physiques et humains impliquant des décisions sur cette période (par exemple la modification de la politique d'approvisionnement d'un composant).

▪ Les décisions opérationnelles à court terme

Ce sont celles qu'on rencontre couramment, presque quotidiennement. Elles concernent l'utilisation « combinée » des ressources de l'entreprise. Ce sont généralement des décisions fréquemment nécessaires, qui peuvent être prises à un niveau assez décentralisé (par exemple l'ordonnancement de la production). Elles se restructurent elles-mêmes (implantation de l'atelier, changement technique de fabrication sur une machine, changement du type de série,...).

1.2.2. Les décisions selon la périodicité et la fréquence des événements

Les décisions peuvent également être classées soit à l'événement, soit à la périodicité [Gershwin, 1987] [Bitton, 1990] :

▪ Les décisions à la période

Elles répondent à un schéma stabilisé « horizon-période », pour lequel l'aspect planification est majoritaire. Cette famille de décisions est assurée par le « système de décision », qui construit ses décisions sur la base des activités globalement connues et répétitives du système de production (définition du plan directeur de production).

▪ Les décisions à l'événement

Elles répondent à l'aspect « réaction à l'événement ». Cette famille est assurée par le « système d'exploitation », qui construit ses décisions sur des principes de réactions à l'événement (aléa, dérive), par exemple la réallocation des tâches suite à une panne machine.

Ce système a pour vocation l'anticipation, c'est-à-dire que le centre de pilotage n'attend pas la période suivante pour prendre la décision. Le système d'exploitation a pour but de mettre en place des actions de pilotage du système physique.

Ces deux types de décision peuvent mettre en évidence la capacité de réactivité du système de production. En ce qui concerne la relation entre les acteurs décideurs et cette classification de décision, le système de décision est lié aux niveaux hauts de la prise de décision, et le système d'exploitation aux niveaux bas. Ceci signifie que le court terme fait plus souvent appel à des décisions basées sur la réaction aux événements que des décisions basées sur la périodicité. Et inversement pour le long terme. Cette « répartition » est représentée schématiquement par la figure ci-dessous.

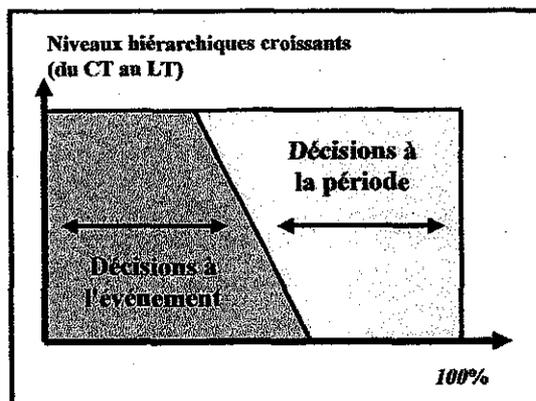


Figure 2.1 : les décisions selon la périodicité

1.2.3. Les décisions en temps réel

L'objectif de cette typologie est de faciliter l'identification des décisions lors de l'analyse de l'atelier, de contribuer à un vocabulaire commun, de faciliter leur représentation dans un modèle et d'avancer vers une modélisation plus générique, utilisable dans les logiciels de simulation [Pierreval, 1999] :

- Les décisions d'affectation

Elles ont pour conséquence de réduire l'ensemble des ressources pouvant être concernées par l'exécution finale d'une tâche. En parle d'affectation mono-ressource, lorsqu'un seul type de ressource est requis, et de multi-ressources lorsque plusieurs types sont impliqués (opérateurs, machines, ...).

- Les décisions d'attribution ou d'allocation

Elles surviennent lorsqu'à un instant donné, une ou plusieurs ressources ont le choix entre différents travaux à exécuter. Elles entraînent la réservation de ressources par une entité à partir d'un moment donné (règles de priorité), pour savoir quel travail sera d'abord exécuté. Plusieurs travaux peuvent être sélectionnés en même temps, En parle de décisions d'attribution multiples.

- Les décisions de remise en cause

Elles vont consister à ne rien modifier ou au contraire à reconsidérer des activités initialement prévues (ré-ordonnancement), suite à l'arrivée d'une perturbation (événement) qui va déclencher un choix entre plusieurs actions (activités) possibles.

- Les décisions d'anticipation

Elles proviennent de l'initiative d'effectuer certaines activités, à un moment où les coûts qui en résultent sont plus faibles que si elles avaient été effectuées plus tard. Il est donc nécessaire de décider en temps réel du « bon instant » (mettre un outil en chauffe, ordre de réapprovisionnement, ...). Ces décisions ne sont en général pas déclenchées par un événement.

Il s'agit donc de déterminer, lors du déroulement de la simulation et des changements d'état, l'instant propice.

- Les décisions de déclenchement des activités de maintenance ou d'entretien

Elles concernent le choix de l'instant où l'action de maintenance doit être effectuée. Trop tôt, la production peut être perturbée inutilement, et trop tard, la qualité de la production ou les installations peuvent être dégradées.

▪ Les décisions de régulation et d'ajustement

Elles visent à ralentir ou accélérer les flux (par exemple l'ajout ou le retrait d'étiquettes kanban), ajuster un débit, une capacité, pour plus de flexibilité dans le pilotage du flux. Ces différents types de décisions peuvent également se combiner entre eux. Ces décisions seront soit déclenchées par un événement, soit par la fin d'une période, lors de l'analyse du système : cette classification est donc étroitement liée à la classification précédente.

1.2.4. Les décisions selon le domaine d'application

Les décisions peuvent aussi dépendre du domaine dont elles relèvent, et peuvent être associées aux différents niveaux temporels précédents [Lemaître, 1981] :

- Les décisions économiques sont de nature financière ou commerciale et couvrent généralement le moyen et surtout le long terme;
- Les décisions technologiques concernent l'organisation du travail et surtout les ressources physiques de production (équipements...) et couvrent davantage moyen et court termes;
- Les décisions humaines concernent le fonctionnement de l'entreprise, la gestion du personnel, ..., et sont applicables à court, moyen et long terme.

1.2.5. Les décisions selon le nombre d'acteurs

[Simon, 1993] distingue deux approches dans la théorie de la décision : le champ de l'analyse des *décisions individuelles*, et celui des *décisions collectives*. Selon l'auteur, « beaucoup de décisions dans les organisations sont prises en groupe, même quand un individu pense qu'il a pris seul cette responsabilité ». D'abord puisque l'endroit où se prend la décision est l'organisation. Ensuite puisque l'information qui conduit à la décision provient par divers canaux, formels et informels, de l'organisation. Et enfin, puisque pour la plupart des décisions, beaucoup d'individus sont impliqués explicitement dans le processus (réunions,...).

Nous définissons ainsi deux types d'acteurs dans le processus de prise de décision par rapport à leur degré de liaison avec la décision finale :

- Les acteurs décideurs directs, directement liés au Centre de Pilotage étudié
- Les acteurs décideurs indirects, liés aux centres de pilotage voisins, dont les objectifs propres correspondent aux contraintes qui seront prises en compte par le centre de pilotage principal lors de l'évaluation de la performance.

Ces différentes classifications peuvent être faites selon les niveaux de prise de décision est par conséquent selon l'horizon de production, et ceci conformément à la figure suivante :

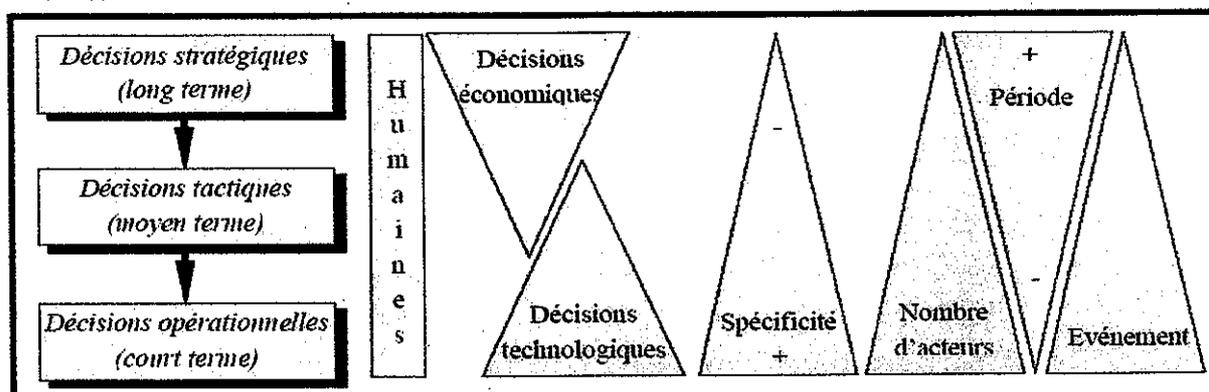


Figure 2.2 : Typologie de la décision dans le pilotage industriel et de la SC [Claire, 2006]

I.3. La portée des différents types de décision :

En ce qui concerne la SC, les décisions les plus importantes à traiter à chacun des niveaux décisionnels sont comme suit [Akbari Jokar, 2001] :

I.3.1. Décisions stratégiques

Les décisions stratégiques d'une SC sont celles qui déterminent la structure de la chaîne. Ce sont les décisions portant sur :

- Faire ou faire-faire (Make or Buy)
- Nombre des fournisseurs
- Choix de fournisseurs
- Nombre de sites
- Localisation
- Capacités des sites
- Technologies des sites
- ...etc.

I.3.1.1. « Faire » ou « faire-faire »

Une entreprise dispose de multiples possibilités pour se procurer les matières, produits semi-finis et services (transport, stockage,...) nécessaires à son activité. De manière très générale, elle peut

- 1) les réaliser en interne par ses propres moyens (Faire)
- 2) passer par une entreprise extérieure et indépendante (Faire-Faire).
- 3) passer par une entreprise qui sous une forme ou une autre, a des liens privilégiés avec elle (joint venture, alliance stratégique, etc.) (Quasi faire).

I.3.1.2. Nombre des fournisseurs

On peut acheter les composants à un fournisseur (mono fournisseur ou mono source) ou les acheter auprès de plusieurs fournisseurs (multi fournisseur). Le nombre des fournisseurs peut être grand (pour jouer sur la concurrence) ou bien il peut être réduit (pour augmenter le niveau de coopération)

I.3.1.3. Choix de fournisseurs

Pour les produits ou les pièces externalisées, il faudra sélectionner un ou plusieurs fournisseurs.

I.3.1.4. Nombre de sites

Une autre problématique est de déterminer le nombre de sites de production, de stockage, etc. Un nombre élevé de sites de production ou d'entrepôts peut augmenter les coûts de production et de stockage mais cette décentralisation peut diminuer les coûts de transport ou raccourcir les délais de livraison. La figure 2.3 montre les politiques de « groupage » et de « dégroupage ». Une politique de groupage signifie que l'entreprise regroupe les produits avant d'effectuer une livraison unique au moment souhaité par le client. Ceci permet de faire des économies d'échelle en utilisant des modes de transport moins coûteux (comme le train au lieu de la route). L'entreprise peut être intéressée par une politique de « dégroupage ». Dans ce cas l'entreprise transporte ses produits en grande quantité vers une plate forme et ensuite utilise des moyens de transport de petite taille pour livrer les demandes des divers clients.

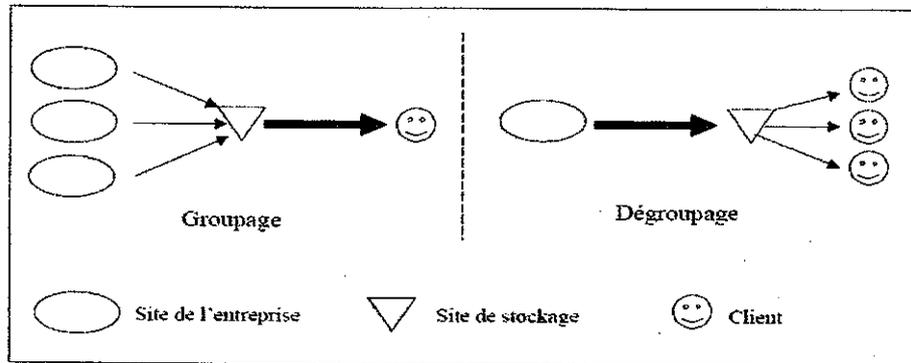


Figure 2.3 : groupage - dégroupage

1.3.1.5. Localisation

Pour les produits ou les pièces que l'entreprise a choisi de garder en interne, il faudra déterminer où l'entreprise doit les produire. C'est une problématique de localisation des sites de production. Outre les sites de production, l'entreprise est confrontée à d'autres types de problèmes de localisation : localisation des différents sites de stockages des matières premières, des produits semi-finis, des produits finis, des centres de services après vente, etc.

1.3.1.6. Capacités des sites

La détermination de la capacité des différents sites est une problématique très liée à la problématique du « nombre de sites ». Un nombre important de sites de production ou de stockage implique une faible capacité de production ou de stockage pour chacun des sites.

1.3.1.7. Technologies des sites

Une autre décision à prendre lors du SCM est de choisir la technologie de chaque site de production, de stockage, etc. Cette décision dépend de certains critères économiques, financiers, sociaux, etc. Cette décision a normalement un lien important avec la décision sur les capacités des sites, car une capacité donnée peut contraindre le choix de la technologie. Inversement une technologie choisie peut, pour être économiquement rentable, nécessiter une capacité minimale d'utilisation.

1.3.2. Décisions tactiques

Ces décisions reposent plutôt sur les modalités de circulation des marchandises dans la structure conçue au niveau stratégique. Ce sont :

- Allocation des fournisseurs aux sites de production
- Allocation des produits aux sites de production
- Allocation des sites de stockage aux clients
- Niveaux de stock
- Transport individuel ou collectif
- Transport intégré ou séparé
- Mode de transport
- Itinéraire fixe ou variable
- Mode de manutention
- Allocation des équipements communs aux sites
- ...etc.

1.3.2.1. Allocation des fournisseurs aux sites de production

Ici on s'intéresse à spécifier les fournisseurs retenus pour approvisionner un site de production donné. Un donneur d'ordre peut avoir plusieurs fournisseurs pour une pièce

donnée et il doit trouver une allocation « optimale » des fournisseurs aux divers sites de production.

1.3.2.2. Allocation des produits aux sites de production

Les coûts de production ainsi que les coûts de transport sont différents d'un site à l'autre. De plus la capacité de production d'un site donné est limitée. On ne peut donc pas toujours produire la totalité de la demande sur un seul site. Le manager de la SC doit considérer ces conditions et ces contraintes pour déterminer les produits et les quantités à produire pour chacun des sites de production.

1.3.2.3. Allocation des produits aux sites de stockage

Cette décision porte sur l'allocation des sites de stockage. La solution optimale dépend du coût de stockage de chaque produit dans chaque site de production, les capacités des sites de stockage, les coûts de transport entre les sites de production et les sites de stockage. En outre, cette décision est liée à l'allocation des sites de stockage aux clients.

1.3.2.4. Allocation des sites de stockage aux clients

Ici on s'attache à trouver une allocation des sites de stockage pour desservir les différents clients, tout en considérant la capacité des sites de stockage et la demande client, afin d'optimiser un ou plusieurs critères (le plus souvent coût de transport et niveau de service).

1.3.2.5. Niveaux de stock

Les quantités commandées et la fréquence des commandes sont des décisions qui ont un impact important sur les coûts de stockage d'une part et le niveau de service à la clientèle d'autre part. Une commande par grande quantité augmente les coûts de stockage mais par contre, elle peut diminuer les coûts de transport grâce aux économies d'échelle réalisées sur le transport. Un stock de sécurité important assure une meilleure qualité de service mais il accroît les coûts de stockage. En outre la stratégie de l'entreprise sur les flux influence directement sur les décisions concernant le niveau de stock dans les centres de stockage. Une stratégie de type flux poussé nécessite souvent un stock plus important qu'une stratégie de flux tiré.

Le niveau du stock et la politique de commande peuvent être révisés en fonction des évolutions des caractéristiques du marché et de l'entreprise.

1.3.2.6. Transport individuel ou collectif

Comme on peut le voir sur la figure 2.4, pour livrer les produits chez les clients, on peut envoyer un camion spécifique à chaque client (transport individuel) ou bien à chaque voyage, un camion peut livrer plusieurs clients (transport collectif). Cette décision dépend en particulier du mode de transport et de la quantité demandée par chaque client. [Burns, 1985] montre que dans certains cas, un transport collectif est moins cher (en considérant le coût global de transport et de stockage chez le client et le fournisseur) qu'un transport séparé quand les produits à transporter sont coûteux (le coût de stockage augmente en fonction de la valeur du produit). Il montre aussi que le transport intégré est plus avantageux quand la distance entre le fournisseur (ou le site de stockage) et les clients est importante, ou bien quand la distance entre les clients est faible, et que la capacité des moyens de transport est importante. En effet, une politique de transport collectif est un moyen pour profiter « d'économie d'échelle » en regroupant les petites quantités à livrer afin d'atteindre une quantité économique. Mais cette politique n'est pas le seul moyen pour profiter d'économie d'échelle. Par exemple, planifier la production en considérant la capacité des moyens de transport pour déterminer la taille de lots de production ou une politique de groupage sont d'autres moyens de faire des économies d'échelle dans le transport.

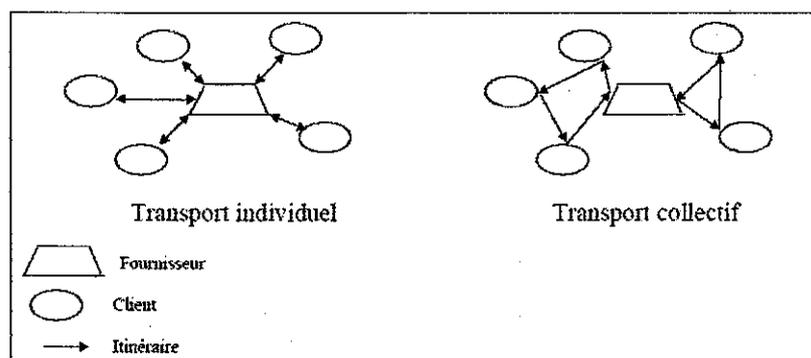


Figure 2.4 : transport individuel/collectif

1.3.2.7. Transport intégré ou séparé

Traditionnellement, l'approvisionnement des matières premières et/ou produits semi-finis et la distribution des produits finis sont traités de manière indépendante par deux services différents de l'entreprise. La coordination entre ces services peut augmenter le taux d'utilisation des moyens de transport. Dans ce cas, un camion envoyé pour livrer une commande donnée peut rapporter au retour des matières premières d'un fournisseur. La gestion d'un système de transport intégré est plus difficile mais cette difficulté peut être compensée par une utilisation performante des moyens de transport.

1.3.2.8. Mode de transport

Il y a plusieurs possibilités pour transporter les produits finis et matières premières, par exemple camion, train, bateau, etc. Les moyens de transport rapides sont normalement plus coûteux. A l'inverse, un moyen lent accroît le délai de livraison par conséquent une hausse de la quantité du stock de sécurité (pour faire face à l'incertitude de la demande) et un accroissement du coût de stockage.

1.3.2.9. Modalité de vente

Comme on peut le voir dans la figure 2.5, chaque client peut être livré par un seul centre de distribution/vente/stockage (mono vendeur ou *single sourcing*) ou bien il peut être livré par plusieurs centres (multi vendeur ou *split sourcing*). La politique de mono vendeur simplifie la SC et donc le coût de gestion de la chaîne diminue [Artiba, 1997]. Un choix de multi vendeurs peut augmenter le taux de service à la clientèle car en l'absence d'un produit chez un vendeur, la demande peut être assurée par un autre vendeur. En revanche, ce choix peut augmenter le coût de transport, soit parce que le nouveau vendeur est éloigné du client, soit parce qu'il est approvisionné en faible quantité, ce qui peut augmenter le coût global de transport.

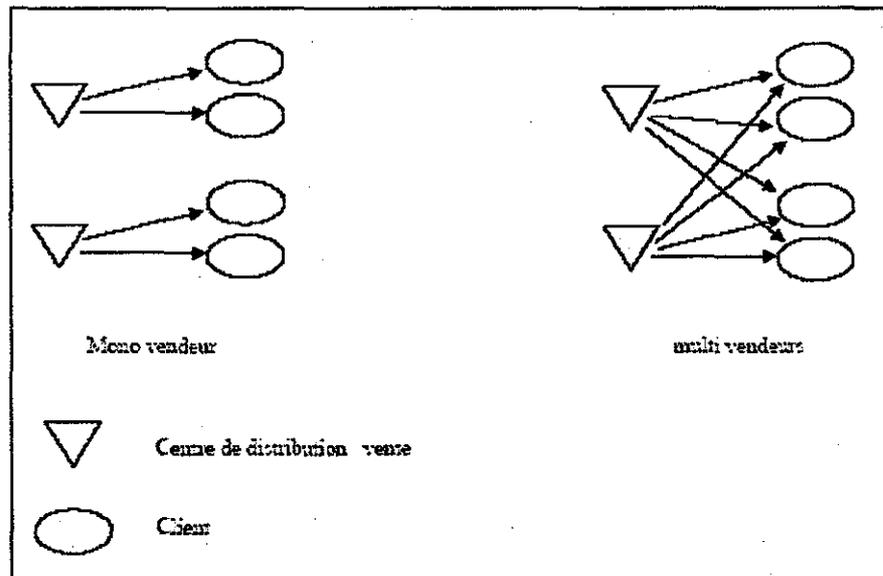


Figure 4.5 : mono/multi vendeur

1.3.2.10. Itinéraire fixe ou variable

L'itinéraire entre deux points de la SC peut être fixe ou modifiable. Une politique d'itinéraire fixe est d'une part plus facile à mettre en oeuvre et d'autre part, les conducteurs ont la possibilité de se familiariser avec les itinéraires concernés. En revanche une politique d'itinéraire flexible, peut augmenter le taux d'utilisation des moyens de transport.

1.3.2.11. Mode de manutention

Ici se pose le problème du choix des moyens de manutention au moment de la livraison et du stockage.

1.3.2.12. Allocation des équipements communs aux sites

Lorsque des équipements communs à plusieurs sites sont limités, il faut avoir une politique d'allocation des équipements communs aux différents sites.

1.3.3. Décisions opérationnelles

Elles assurent sur le court terme la gestion des moyens et le fonctionnement quotidien de la SC. On trouvera ci-après les décisions opérationnelles les plus importantes d'une SC :

- Programme de livraison
- Allocation des moyens de transport aux sites
- Programme de transport
- Sélection d'itinéraire
- Etc.

1.3.3.1. Programme de livraison

Ce programme donne les livraisons qui doivent être effectuées pour un site donné. Ce programme donne les produits, la destination, la quantité à livrer. Ce programme est une des entrées nécessaires pour établir un programme de transport.

1.3.3.2. Allocation des moyens de transport aux sites

Le nombre des moyens de transport est limité. Il est nécessaire que ces moyens soient alloués aux différents sites en se basant sur le programme de livraison de chaque site.

I.3.3. Programme de transport

Ce programme qui s'établit pour chaque site donne l'allocation des chargements aux moyens de transport et les charges journalières de chaque conducteur. Dans ce programme le contenu de chaque véhicule, sa destination, l'heure de départ et l'heure d'arrivée, etc. sont bien déterminés.

I.3.4. Sélection d'itinéraire

En se basant sur les positions géographiques des demandes à livrer ou des approvisionnements à faire, et en tenant compte du trafic, il faudra déterminer l'itinéraire le moins cher ou le plus rapide selon l'objectif considéré. Grâce aux nouvelles technologies de communications, le trajet d'un véhicule peut être modifié en permanence en fonction des modifications effectuées sur le programme de transport et les conditions de circulation.

I.4. La planification avancée

Le long d'une SC des centaines voir des milliers de différentes décisions doivent être prises et coordonnées chaque minute. Ces décisions sont de différentes importances. Plus une décision est importante, plus elle doit être mieux défini.

Cette définition est le travail *de la planification*. La planification soutient la prise de décision en identifiant des solutions de rechange de futures activités et en choisissant celles qui sont satisfaisantes ou même meilleures. La planification peut être subdivisée en phases [Jones *et al.*, 2003] [Gomez-Mejia *et al.*, 2001] :

- *identification* et *analyse* d'un problème de décision,
- *définition* des objectifs,
- *prévisions* de futurs développements,
- *identification* et *évaluation* des activités faisables (*solutions*), et finalement
- *choix* des meilleures solutions

Les SC sont très complexes. Non chaque détail qui doit être traité en réalité peut et devrait être respecté dans un plan et pendant le procédé de planification. Par conséquent, il est toujours nécessaire de soustraire et d'employer une copie simplifiée de la réalité; le supposé *modèle*, en tant que base. L'art de la construction d'un modèle est celui de représenter la réalité aussi simplement que possible mais nécessairement détailler, c.-à-d. sans ignorer aucune contrainte.

Les modèles *de prévisions* et *de simulation* (modèles d'aide à la décision) essayent de prévoir de futurs développements et d'expliquer les rapports entre les entrées et les sorties des systèmes complexes.

Les plans ne sont pas faits pour l'éternité. La validité d'un plan est limitée à *un horizon de planification* prédéfini. En atteignant l'horizon de planification, au plus tard, on doit faire un nouveau plan qui reflète l'état actuel de la SC. Selon la durée de l'horizon de planification et l'importance des décisions à faire, les tâches de planification sont habituellement classifiées en trois différents niveaux de planification (Anthony, 1965) :

Planification à long terme : les décisions de ce niveau s'appellent *les décisions stratégiques*. Elles concernent typiquement la conception et la structure d'une SC et ont des effets à long terme, apparents sur plusieurs années (section précédente).

Planification à moyen terme : les décisions de ce niveau s'appellent *les décisions tactiques*. Dans la portée des décisions stratégiques, la planification à moyen terme détermine les grandes lignes des opérations régulières, en particulier les quantités et les périodes pour les flux et les ressources approximatives dans une SC donnée. L'horizon de planification s'étend

de 6 à 24 mois, permettant la considération des développements saisonniers, par exemple de la demande.

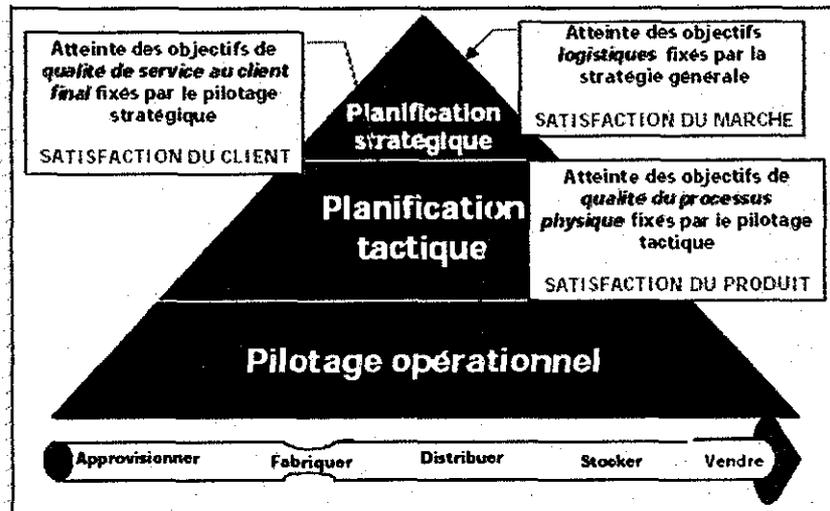


Figure 2.6 : les trois niveaux de planification [Le Denn, 2001]

Planification à court terme : les décisions de ce niveau s'appellent *les décisions opérationnelles*. Ce niveau (plus bas) de planification doit indiquer toutes les activités en tant que directives détaillées pour l'exécution et le contrôle immédiats. Par conséquent, les modèles de planification à court terme exigent un degré plus élevé de détail et de certitude. L'horizon de planification va de quelques jours (heures) à trois mois. La planification à court terme est limitée par les décisions sur la structure et la portée quantitative des niveaux supérieurs. Néanmoins, c'est un facteur important pour l'exécution réelle de la SC, par exemple au sujet des délais d'exécution, retard, service à la clientèle et d'autres issues stratégiques.

1.4.1. Typologie des modèles d'aide à la décision

Après avoir présenté les principales décisions de la SC se rattachant aux trois niveaux de planification « stratégique », « tactique » et « opérationnel ». En va présenter les différents modèles d'aide à la décision de la littérature développés par les chercheurs et praticiens pour traiter les décisions. Ceci permettra entre autres de mieux cerner le caractère spécifique de ces décisions et les champs d'action des méthodes existantes [Akbari Jokar, 2001].

Dans la littérature, peu d'articles sur la classification des modèles logistiques, existent. [Thomas, 1996] répertorie les travaux ayant pour objectif de coordonner deux ou trois stades logistiques. Il classe ces travaux en trois catégories :

- 1- Coordination entre acheteur et vendeur : les travaux cités ont pour but de déterminer la quantité économique de commande qui minimise les coûts totaux des deux parties.
- 2- Coordination entre la production et la distribution : les travaux cités dans cette catégorie cherchent à trouver par exemple le lot de production et/ou de transport, le mode de transport, le programme de production et de transport, etc. qui minimise les coûts totaux de production et de distribution.
- 3- Coordination entre stockage et distribution : ici on cherche plutôt à déterminer les politiques de stockage (niveaux des stocks, quantité de commande, période de commande) pour les différents sites d'un système de distribution multi échelon.

Un autre travail bibliographique sur les modèles logistiques est celui de [Vidal, 1997]. Il présente différentes méthodes mathématiques pour traiter diverses problématiques de coordination entre systèmes de production et de distribution.

Cependant, ces deux contributions restent parcellaires. Elles passent en revue des modèles d'aide à la décision qui intègrent plusieurs stades logistiques (production, transport, stockage, etc.), mais ne présentent pas de travaux portant sur la totalité des décisions logistiques. De plus, le travail de Thomas classe les travaux de la littérature à partir de leurs objectifs alors que Vidal classe les modèles production - distribution à partir des méthodes de résolution utilisées. Par conséquent, une classification plus globale qui concerne d'une part la totalité des décisions de la SC présentées et d'autre part qui se base sur un ensemble plus vaste de facteurs de classification, est présentée .

Il faut noter que cette classification, est non exhaustive, compte tenu du nombre important de travaux étudiés portant sur ces décisions. Une partie importante des travaux présentés est issue de la littérature en Recherche Opérationnelle. Cependant, cette classification est fédérative pour un nombre important de décisions de la SC.

1.4.1.1. Critères de classification

Les différents modèles rencontrés dans la littérature sont classés à partir de 4 principaux critères de classification : type de décision, approche, critères de décision, méthode. Cette classification nous aidera à connaître les caractéristiques des décisions de la SC et l'état actuel de la littérature concernant ces décisions [Akbari Jokar, 2001].

1.4.1.1.1. Critère 1 : décision concernée

Comme nous l'avons montré, on peut classer les décisions de la SC en trois grandes catégories. Qui sont :

- a) Décisions stratégiques
- b) Décisions tactiques
- c) Décisions opérationnelles

Un modèle peut s'intéresser à une ou plusieurs de ces décisions, le plus souvent d'une même catégorie. Mais on peut aussi trouver dans la littérature des modèles qui s'intéressent à une combinaison de ces trois catégories.

1.4.1.1.2. Critère 2 : Approche

On peut distinguer trois types d'approches correspondant aux trois périodes de la SC que nous appelons : « *Supply Chain Séparée* », « *Supply Chain Intégrée* », « *Supply Chain Coopérative* » [Akbari Jokar, 2000].

a) Approche séparée :

Dans cette approche chaque service (exemple : production, transport, stockage, etc.) améliore sa performance sans tenir compte des intérêts des autres services. La formule de Wilson appartient à ce type d'approche. La quantité économique de commande détermine la quantité optimale à commander pour minimiser les coûts de commande et de possession des pièces. Mais, on n'a pas une vue globale pour considérer directement les contraintes et les intérêts des autres services concernés (comme la production ou les transports).

b) Approche intégrée :

Les modèles correspondant à cette approche ont pour but d'améliorer la performance d'un service dans une entreprise en tenant compte des intérêts d'autres services de l'entreprise. Ceci a conduit, à développer surtout des modèles mathématiques pour déterminer les quantités à produire en tenant compte des contraintes à la fois des sites de production et des centres de stockage/distribution. On a donc une optimisation globale dans le cadre de l'entreprise et non une suite d'optimisations locales.

On trouve par exemple des modèles ayant pour objectif de spécifier la taille des lots de production en vue de minimiser tout à la fois les coûts de changement (intérêt du site de production) et les coûts de stockage final (intérêt de l'entrepôt des produits finis). [Cohen, 1988] dans son article propose un modèle pour déterminer à la fois la quantité de commande et le point de commande des matières premières, la taille du lot de production, la quantité de commande et le point de commande du site de stockage des produits finis. La plupart des modèles intégrés portent sur les décisions opérationnelles ou tactiques.

➤ **Type d'intégration décisionnelle**

Selon les modèles, on prend en compte ou non, les relations existant entre les services dans (entre) une (plusieurs) entreprise(s). On rencontre en particulier les relations suivantes :

Stockage - Stockage (S-S)

Ici, on cherche à trouver la politique qui minimise le coût de commande et de stockage entre deux sites de stockage. Le site fournisseur préfère des livraisons par quantité importante (pour diminuer le coût fixe de préparation des demandes). Mais de telles livraisons accroissent les coûts de possession du donneur d'ordre. Une solution optimale envisage une quantité qui minimise le coût total des deux parties. Cette solution optimale se calcule en considérant les autres paramètres du système, comme le niveau de service client, l'incertitude de la demande, les caractéristiques non déterministes de la préparation de la commande, du transport etc. Divers auteurs [Erkip, 1990], [Ernst, 1993], [Svoronos, 1991] s'intéressent à ce type de relation.

Stockage - Production (SP ou P-S)

Il faut distinguer deux cas, suivant que l'on considère les matières premières (site amont), ou les produits finis (site aval). Dans le premier cas, on s'intéresse à déterminer la taille des lots de production, en considérant les divers coûts :

- Coûts dans le site de production
 - Coût de pénurie
 - Coût de changement de production
 - Coût de commande
 - Coût de rupture des matières premières
- Coût du site de stockage :
 - Coût de possession des matières premières
 - Coût de commande
 - Coût de préparation de la livraison demandée par le site de production.

Dans ce type de modèle, le site de production peut être confronté à des demandes non déterministes. Le site de stockage des matières premières à son tour est confronté à des livraisons non déterministes de son propre fournisseur et à des demandes non déterministes du site de production. Cet aspect non déterministe privilégie les modèles stochastiques. Les capacités de production et de stockage sont bien sûr des contraintes qui influent sur la solution optimale.

Dans le deuxième cas, le stock est un stock de produits finis. On veut déterminer la taille des lots de production qui minimise les coûts suivants :

- Coûts du site de production :
 - Coût de changement de production
 - Coût de commande des matières premières
- Coût du site de stockage :
 - Coût de possession des produits finis
 - Coût de pénurie en produit fini

- Coût de commande

Stockage - Transport (S-T)

Ici on s'intéresse à trouver une stratégie de transport et la quantité à transporter pour minimiser les coûts de transport et de stockage des produits finis. Par exemple, [Burns *et al.*, 1985] dans leur article détermine la quantité optimale à transporter pour les deux stratégies « transport individuel » et « transport collectif ». Dans le choix du mode de transport, il y a toujours un compromis à trouver entre coût de stockage et coût de transport. Un mode de transport rapide comme l'avion induit un coût élevé mais diminue le temps de stockage (dans l'entrepôt et pendant le transport) qui est à l'origine du coût de stockage. Si une entreprise installe/loue un nombre élevé d'entrepôts pour ses produits finis, le coût de transport des marchandises vers les clients diminue, mais en revanche les coûts de stockage augmentent [Benjamin, 1990], [Chien, 1993], [Chandra *et al.*, 1994], [Ernst *et al.*, 1993].

Production - Transport (P-T)

Dans cette relation, on détermine un programme de production en considérant le système de transport. Par exemple, les demandes des clients installés dans une même région seront produites dans une même période, afin de permettre une livraison groupée et de diminuer le coût de transport. [Chandra *et al.*, 1994] dans leur article montrent l'intérêt de l'intégration de l'ordonnancement de la production et du choix des tournées de livraison. Il montre qu'un modèle intégré comparé au modèle résolvant séparément chacun des problèmes, permet de gagner entre 3 et 20 % sur le coût global.

Production - Production (P-P)

Dans cette relation on s'intéresse à une affectation optimale des pièces à produire aux sites de production pendant une ou plusieurs périodes de temps. Le coût de fabrication d'une pièce change d'un site à l'autre. Chaque site a une capacité limitée et il peut produire une ou plusieurs familles spécifiques de pièces. L'objectif est de minimiser le coût de production (coût de fabrication et de reconversion) et les autres coûts du système comme le coût de stockage, de transport, etc. [Thierry *et al.*, 1993].

On peut rencontrer dans la littérature des modèles qui s'intéressent à une combinaison des modèles susmentionnés.

c) Approche coopérative

Il s'agit d'améliorer la performance d'un service (le donneur d'ordre) tout en tenant compte des intérêts d'un partenaire externe (entreprise fournisseur ou client). Par exemple [Kohli *et al.*, 1994] propose un modèle pour spécifier la quantité optimale de commande qui minimise les coûts de production du fournisseur et les coûts de stockage du donneur d'ordre.

1.4.1.1.3. Critère 3 : Critères de décisions :

Ce sont les éléments qui doivent être optimisés dans le modèle, par exemple : le coût de la production, de stockage, de transport, les taxes, les bénéfices, la qualité du produit, la qualité de la livraison et le temps de cycle [Arntzen, 1995].

a) Nature

Dans la littérature on rencontre des critères concernant les décisions de la SC de deux natures : critères subjectifs, critères objectifs. Un critère subjectif est un critère qui est l'objet d'interprétations. Il est difficilement quantifiable, car on ne peut pas le traduire en grandeur mesurable comme un coût ou un gain monétaire. Pour mesurer ces critères on fait appel à une dimension « fictive » (par exemple une échelle numérique de 1 à 10) et on demande l'avis de plusieurs experts du domaine afin de leur associer d'une manière ou d'une autre une note.

A l'inverse, les critères objectifs peuvent se quantifier. Bien souvent, ils sont traduits sous forme monétaire.

b) Nombre de critères

Les décisions SC peuvent être traitées en considérant un seul critère ou un ensemble de critères (mono, multicritères). Les décisions SC de type stratégique nécessitent normalement de considérer simultanément un ensemble de critères subjectifs et objectifs. Par contre les décisions opérationnelles sont souvent traitées avec un seul critère de décision, généralement le coût de la SC.

1.4.1.1.4. Critère 4 : Méthode

a) Méthodes d'optimisation mathématique

Ces méthodes sont utilisées pour les trois types de décisions (stratégique, tactique, opérationnelle). La principale limite de ces méthodes d'optimisation est leur impuissance à considérer plusieurs critères qualitatifs ou subjectifs. Cet inconvénient est très important quand il s'agit de décisions stratégiques.

Il existe différents types de méthodes d'optimisation mathématiques. Ce sont : la programmation linéaire ou non linéaire avec des variables continues ou/et des variables en nombre entier ou/et des variables binaires.

Un modèle d'optimisation mathématique a deux parties principales : la fonction objectif et les contraintes. De plus, chaque modèle traite un problème spécifique avec des entités modélisées de manière différente.

Contraintes

Elles vont restreindre le champ des décisions. Les contraintes les plus importantes sont les suivantes :

- le budget
- les demandes à satisfaire
- les capacités des sites de production, de stockage et des moyens de transports
- les dates d'exigibilité (*due date*)
- ...

Entités modélisées

Les éléments importants à considérer dans les modèles de la SC sont : les clients, les producteurs, les fournisseurs, les stocks, les produits, les moyens de transports, les itinéraires. Chacun de ces modèles retient quelques-uns de ces éléments. Chaque élément peut être unique ou multiple, et donc chacun des modèles peut être :

- mono/Multi Client (m/M/C) [Pirkul *et al.*, 1996]
- mono/Multi Producteur (m/M/Pr) [Eijs, 1994]
- mono/Multi fournisseur (m/M/F) [Ghodsypour, 1998]
- mono/Multi stock (m/M/S) [Cohen *et al.*, 1988]
- mono/Multi produit (m/M/P) [Kohli *et al.*, 1994]
- mono/Multi itinéraire (m/M/I) [Hansen *et al.*, 1994]
- mono/Multi type de véhicule (m/M/V) [Laporte, 1992]
- mono/Multi période de temps (m/M/Pt) [Chandra *et al.*, 1994]

b) Méthodes multicritère

L'aide à la décision multicritères est souvent appelée « Analyse Multicritère » (*Multi Criteria Decision Making (MCDM)*). [Zanakis *et al.*, 1998] a classé les méthodes multicritère en deux grandes catégories : « Multiple Attribute Decision Making » (MADM) et « Multiple

Objective Decision Making » (MODM). La différence entre MADM et MODM est le nombre des choix d'actions (ou alternatives) possibles. Dans un MADM le nombre d'alternatives est assez limité et suffisamment petit pour que l'énumération soit possible. Dans un MODM le nombre des alternatives est infini (choix continus) ou fini mais trop grand pour que l'énumération soit possible. « Goal Programming » ou « Multi-Objective Programming » sont des méthodes mathématiques pour traiter des MODM.

L'aide à la décision multicritères vise à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte.

c) Méthodes exploratoires

Ces méthodes ne proposent pas directement une méthode d'aide à la décision mais elles éclairent les conséquences positives et négatives des choix, les facteurs déterminants, les critères de décision et les contextes industriels. Les critères utilisés dans ces méthodes sont rarement quantitatifs. Ces méthodes sont développées plutôt par les gestionnaires et se basent souvent sur les méthodes d'analyse stratégique comme les travaux de [Porter, 1980], la matrice BCG [BCG, 1980], l'analyse du cycle de vie des produits, l'analyse des coûts de transaction [Williamson, 1975-1991], etc.

1.4.1.2. Structure des modèles logistiques

Comme on peut le voir sur la figure 2.7 [Akbari Jokar, 2001], un modèle logistique peut s'intéresser par exemple à une décision tactique avec une approche intégrée. Cette approche peut concerner plusieurs types d'intégration par exemple S-T qui intègre une décision de Stockage et une décision de Transport. Pour ce modèle il y a différentes entités modélisées possibles, par exemple un modèle peut s'intéresser à un problème de multi client, mono produit, etc. L'objectif de ce modèle peut s'orienter vers la minimisation des coûts de production. Les contraintes concernées peuvent être le budget et la capacité, et enfin tous les paramètres du modèle peuvent être déterministes ou non.

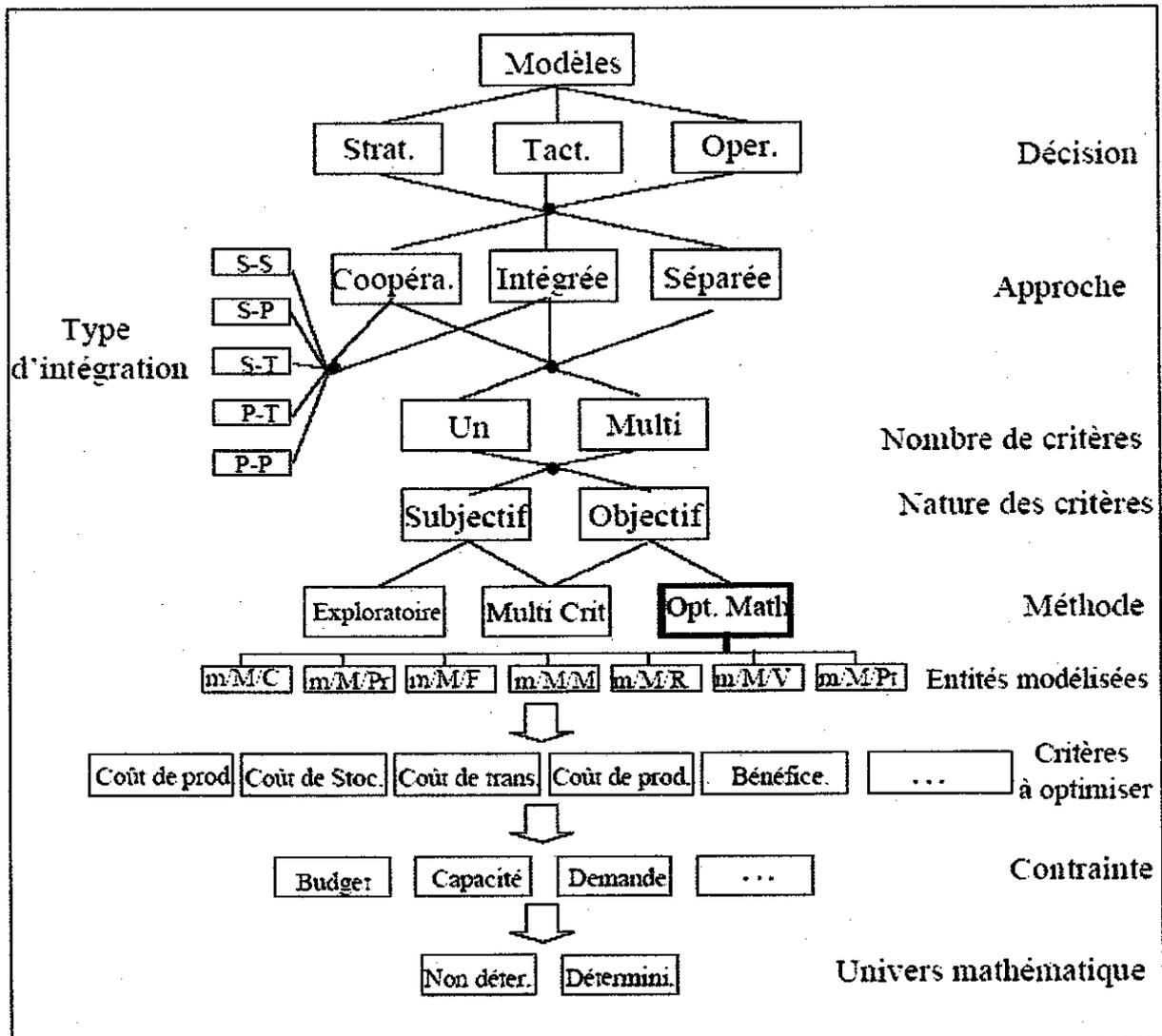


Figure 2.7 : Structure des modèles logistique

1.4.1.3. Planification à horizon glissant :

La planification prévoit de futures activités en se basant sur des données au sujet de futurs développements. Les données peuvent être estimées par les modèles de prévisions, mais il y aura plus ou moins d'importantes erreurs de prévision. Ces erreurs réduisent la disponibilité des produits et réduit donc le service à la clientèle. Pour l'amélioration du service on peut utiliser les stocks de sécurité qui protègent contre la fluctuation de la demande. Cependant, ce n'est pas la seule manière d'aborder l'incertitude.

Presque toujours, la réalité déviara du plan. La déviation doit être contrôlée et le plan doit être mis à jour si l'anomalie est trop grande. La planification sur *une base d'horizon glissant* est un accomplissement de cette interaction de révision et de contrôle du plan. C'est à dire que le plan est caractérisé par [Thierry, 2003] :

- l'horizon de planification (H) qui représente l'ensemble des périodes sur lesquelles est établi le plan. Cet horizon doit être choisi de manière à ce que l'influence des données situées au-delà de cet horizon soit négligeable et que la fiabilité des données prises en compte soit assurée.
- la périodicité de planification (période de révision) qui représente la période de temps entre deux planifications successives (R). En effet, les décisions qui sont prises sur un horizon de temps donné sont remises en cause à intervalle de temps régulier. Le choix de la périodicité

est délicat. En théorie la périodicité maximale envisageable correspond à la longueur de l'horizon de planification. En pratique, il est souvent souhaitable d'augmenter la fréquence de planification pour prendre en compte les aléas le plus tôt possible.

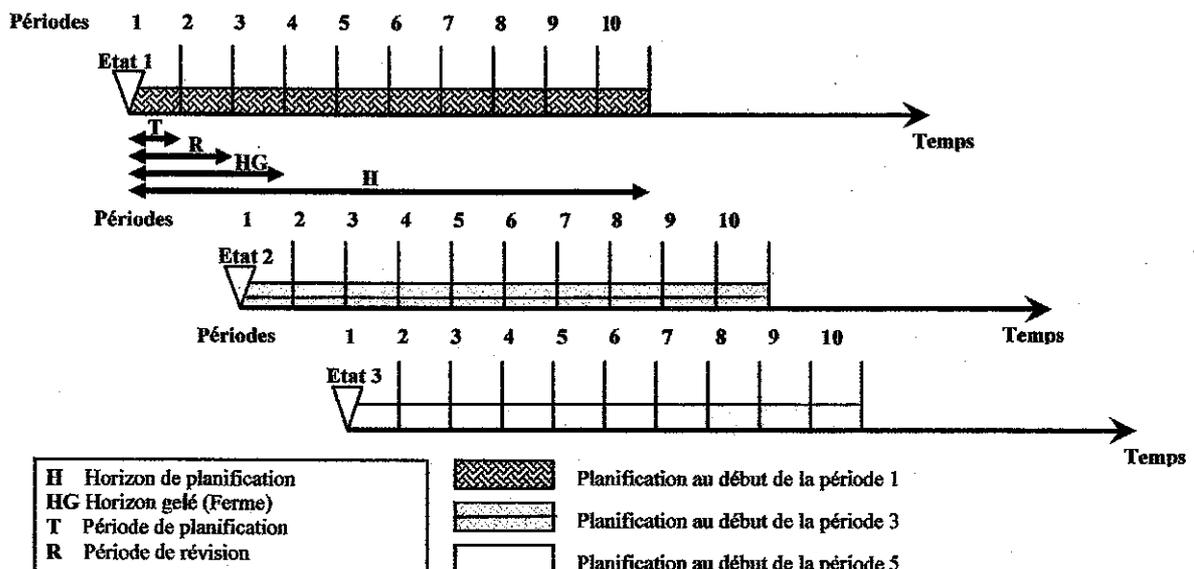


Figure 2.8 : Procédure de planification à horizon glissant

Ce processus dynamique permet donc une éventuelle ré-actualisation des informations déjà disponibles lors des planifications précédentes et une prise en compte de nouvelles informations au fur et à mesure de leur disponibilité, permettant ainsi de réagir en fonction des perturbations passées.

Lorsque la planification est mise en oeuvre en horizon glissant, seules les décisions correspondant au début de l'horizon de planification (horizon gelé – ferme – HG) sont réellement implémentées. Ces décisions sont dites « gelées » c'est à dire quelles ne peuvent être remises en cause par les planifications ultérieures.

Ce procédé est une manière commune de faire face à l'incertitude dans la planification opérationnelle dans les systèmes de planification classiques et dans les APS. Une façon plus efficace, de mettre à jour les plans, est la *planification orientée par événement*. Un nouveau plan n'est pas élaboré dans des intervalles réguliers mais en cas d'événement important, par exemple des ventes inattendues, changement majeur dans les ordres de client, la panne d'une machine etc. Ce procédé exige que toutes les données qui sont nécessaires pour la planification, par exemple les stocks, avancement des travaux etc., soient mises à jour sans interruption de sorte qu'elles soient disponibles à n'importe quelle heure d'événement arbitraire. C'est le cas d'un APS qui est basé sur les données d'un système de planification de ressource d'entreprise (ERP) [Stadtler *et al.*, 2000].

1.4.1.4. Matrice de planification de la SC

La *matrice de planification de la SC* (SCP-Matrix) classe les tâches de planification selon deux dimensions "horizon de planification" et "processus de la SC". Figure 2.9 montre les tâches typiques qui se trouvent dans la plupart des types de SC, mais avec divers contenus dans les entreprises particulières. La SCP-Matrix est employée pour positionner les *modules de logiciel* de la plupart des fournisseurs d'APS [Stadtler *et al.*, 2000].

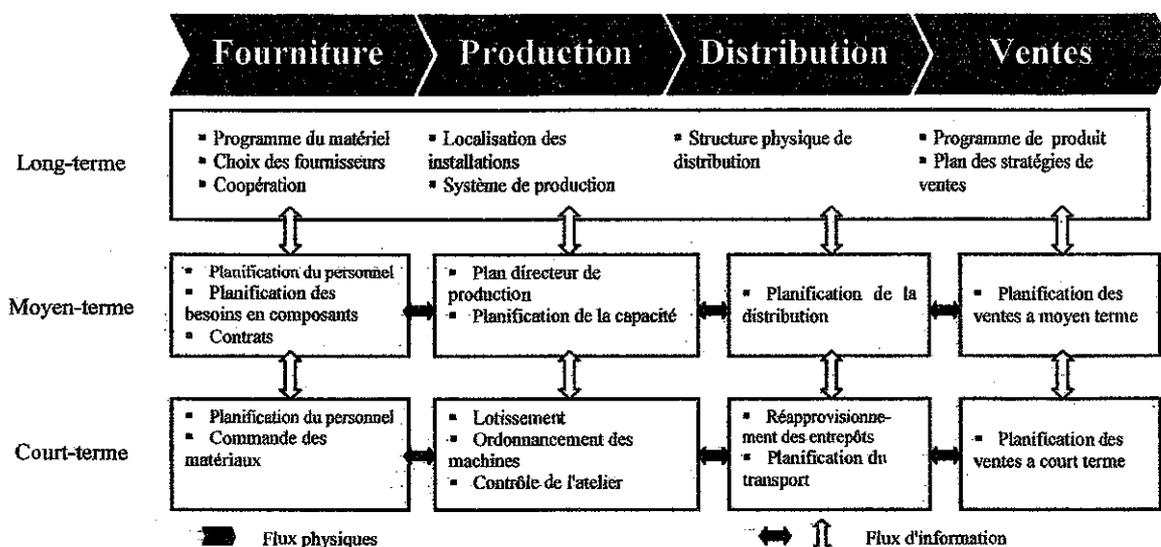


Figure 2.9 : la matrice de planification de la Supply Chain

1.4.1.5. Planification des tâches le long de la SC

Le réseau de la SC en totalité peut être divisé en SC interne pour chacun des associés dans le réseau, chacun se compose de quatre principaux processus de SC avec des tâches de planification substantiellement différentes. *Fourniture* inclut tous les sous-processus qui procure les ressources (par exemple matériaux, le personnel etc...) nécessaire pour la production. La capacité limitée des ressources est une entrée au procédé de *production* qui peut se composer de divers sous-processus. *La distribution* relie l'emplacement de production et les clients. Tous les processus logistiques ci-dessus sont conduits par des prévisions de la demande et/ou des quantités d'ordres déterminés par le processus des *ventes*.

Tâches de planification à long terme

Programme du produit et planification de la stratégie des ventes Les décisions stratégiques sont relatives au positionnement désiré par l'entreprise à long terme, c'est-à-dire à la définition cohérente en composition et volume de son portefeuille de produits et de services qu'elle désire mettre sur le marché, et du portefeuille de ressources permanentes physiques, humaines et informationnelles qu'elle entend mobiliser pour réaliser cette offre. La cohérence entre les fins et les moyens est essentielle et le réalisme impose une vision claire et réaliste des grandes décisions à prendre dans les années à venir pour atteindre ces objectifs du long terme (horizon de cinq - dix ans).

Une telle prévision inclut les dépendances entre les produits existants et les futurs développements du produit, et également le potentiel de nouvelles régions de ventes. Il est souvent nécessaire de créer différents scénarios selon la décision de portefeuille de produit. Les prévisions, de ce fait, considèrent l'information sur les cycles de vie du produit et les facteurs économiques, politiques, et concurrentiels. Il n'est pas possible d'estimer les ventes, à long terme, pour chaque article, c'est pourquoi les produits doivent être agrégés en groupes d'articles partageant des caractéristiques communes de production et de ventes.

Quand un membre d'une SC pense présenter un nouveau produit (groupe), il doit déterminer l'endroit des points de découplage quant aux clients ou marchés considérés. L'endroit du point de découplage est prédéfini par la décision (stratégique) dans les délais d'exécution d'ordre (temps entre l'enregistrement des commandes et la livraison prévue) qui seront probablement acceptés par les clients et devraient donc être assignés à une combinaison respective de produit / marché. Plus le délai d'exécution d'ordre est court, mieux les clients

seront satisfaits, mais – d'autre part – plus le point de découplage doit être arrangé plus en aval.

Structure de distribution physique tant que de plus en plus de compagnies concentrent leurs capacités de production, en raison des investissements élevés en usinage, la distance entre le service de production et les clients et les coûts de distribution respectifs augmenteront. De telles tendances et un environnement en permanente évolution exigent une réorganisation du système de distribution. La structure physique comporte le nombre et la dimension des d'entrepôts et les points cross-docking comprenant les liens de transport nécessaires.

Le principal objectif est de réduire au minimum les coûts à long terme pour le transport, le stockage, la manutention, et l'investissement des actifs (par exemple entrepôts, les moyens de gestion etc.). La Direction Générale d'une entreprise peut décider de soustraire tout ou partie de sa distribution et, dans ce cas, se pose la question de savoir à qui confier la délivrance de ces prestations. S'il est décidé que tout ou partie de ces prestations est à exécuter en interne, se pose alors le problème de l'architecture du réseau de distribution

Localisation des installations et système de production les changements à long terme des portefeuilles du produit ou des figures des ventes exigent de passer en revue les capacités et endroits existants de production. En plus, l'amélioration continue des technologies de production mène à de nouvelles conditions. Par conséquent, les systèmes de production et de décision doivent être vérifiés. Habituellement, les décisions sur les emplacements des installations et la structure de distribution sont faites ensemble

Programme des matériaux et choix de fournisseur le programme des matériaux est souvent directement relié au portefeuille de produit parce que les produits finis se composent de quelques items et matières premières prédéfinis. Leurs choix pour le programme matériel, devraient être basés sur le prix, la qualité, et la disponibilité.

Dans la plupart des industries les coûts des matières premières et des produits achetés sont très importants. Cela peut aller jusqu'à 80% (classe A de l'analyse ABC) du coût final du produit. Cela montre l'importance des décisions concernant l'activité d'approvisionnement, car elles déterminent la partie la plus importante du coût final du produit c'est pourquoi il est rationnel de se procurer ces pièces par des canaux spéciaux d'approvisionnement. Parmi les décisions liées à cette tâche, est le choix des fournisseurs. Ce choix est sans aucun doute une des décisions qui déterminent la viabilité à long terme de l'entreprise.

Coopération davantage de réduction de coûts de fourniture est souvent réalisée par une coopération stratégique avec les fournisseurs des articles de classe A (classe A de l'analyse ABC). La planification et l'évaluation des concepts de collaboration gagnent de l'importance parce que non seulement les compagnies, mais les SC entières, concourent les unes contre les autres. Ces concepts incluent la réduction simultanée de stock et de commandes en attente en utilisant des concepts comme le *VMI (Vendor Managed Inventory)*, *EDLP (Every Day Low Price strategies)*, et *JIT (Just In Time)*.

Tâches de planification à moyen terme

Planification des ventes à moyen terme les principales tâches dans la planification des ventes à moyen terme est de prévoir les ventes potentielles pour des groupes de produit dans des régions spécifiques. La prévision est habituellement calculée sur une base hebdomadaire ou mensuelle pendant une année ou moins. Les stocks de sécurité nécessaires pour les produits finis sont principalement déterminés par la qualité de la prévision.

Planification de la distribution la planification de la distribution à moyen terme comporte la planification des transports entre les entrepôts et la détermination des niveaux de stocks

nécessaires. Un plan faisable remplit la demande estimée (prévisions) et considère les capacités disponibles de transport et de stockage tout en réduisant au minimum les coûts appropriés. L'horizon de planification est hebdomadaire ou mensuel. Par conséquent, le modèle principal considère seulement les capacités agrégées (par exemple capacité disponible de camion). Le plan de distribution pourrait énoncé également le procéder d'utilisation d'une flotte et la capacité nécessaire qui doit être pourvue au tiers.

Programme directeur de production et planification de capacité le résultat de cette tâche de planification montre comment employer la capacité disponible de production d'un ou plusieurs équipements d'une façon efficace (en matière de coût). Le plan directeur de production (MPS – Master Production Schedule) doit traiter les fluctuations saisonnières de la demande et calculer les durées nécessaires en cas d'heures supplémentaires. L'objectif est d'équilibrer le coût de capacité vis-à-vis du coût de stock (saisonniers). Si plus d'un service de production est considéré, les coûts de transport entre les emplacements doivent être inclus dans la fonction objectif.

Planification du personnel la planification des capacités donne une vue d'ensemble approximative du temps de travail nécessaire pour les produits finis. La planification du personnel doit calculer la capacité de personnel pour les composants et d'autres étapes de production qui doivent être passés avant l'assemblage final des produits. Cette étape de planification considère le savoir-faire des groupes de personnel et de leur disponibilité selon les contrats de travail. S'il n'y a pas assez d'employés disponibles pour accomplir la charge de travail, la planification du personnel indique le nombre nécessaire de mi-temps additionnelle employés.

Planification des besoins en matières (composants) doit calculer les quantités de production et d'ordre pour tous les articles. Ceci pourrait être réalisé par le concept MRP classiqué. Le calcul des besoins en matériaux devrait soutenir les décisions de lotissement pour chaque article dans les nomenclatures (BOM) et considérer les dépendances entre les lots à différents niveaux du BOM. La planification a moyen terme installe des structures pour des quantités d'ordre et des niveaux hebdomadaires ou mensuels de stock de sécurité qui assurent un niveau de service désiré pour la production.

Contrats sur la base des conditions hebdomadaires ou mensuelles obtenues à partir de la MRP, des accords de base avec des fournisseurs de composants de classe A peuvent être construit. De tels contrats disposent le prix, le montant total, et d'autres conditions pour que les matériaux soient livrés durant le prochain horizon de planification.

Tâches de planification à court terme

Planification des ventes à court terme dans un environnement make-to-stock, la planification de ventes à court terme, comporte la réalisation des ordres de client sur stocks. Par conséquent, les stocks en main peuvent être divisés en des stocks engagés et quantité available *to promise* (ATP). Si un client demande un produit, la/le responsable des ventes vérifie en ligne si la quantité pourrait être accomplie de l'ATP et retourne la quantité priée en stock engagé. La quantité de l'ATP est calculée en ajoutant des stocks en main et des quantités de production prévues. La fonctionnalité *capable to promise* (CTP) ou *capable to match* (CTM) est une prolongation de la tâche traditionnelle de l'ATP qui a l'option additionnelle de créer de nouveaux ordres de production [Dickersbach, 2005] [Boucher, 2006].

Réapprovisionnement d'entrepôt et planification de transport alors que la planification de la distribution à moyen terme insuffit le transport de quantités hebdomadaires ou mensuelles de familles de produits, le réapprovisionnement d'entrepôt à court terme spécifie

cette planification en quantité quotidienne. Cette fois, le programme de déploiement considère les capacités détaillées de transport (par exemple camions disponibles) et des ordres réels de client ou des prévisions à court terme.

Les transports se produisent non seulement dans le procédé de distribution, mais également en tant qu'élément de prestation et donc peuvent être commandés par le fournisseur ou le récepteur.

Ordonnancement des machines et lotissement, contrôle des employés la planification de la production à court terme comporte la détermination des taille des lots et leur ordres sur les machines. La taille des lots doit équilibrer les coûts des changements et les stocks tenus quant aux dépendances entre différents produits. Ces lots sont programmés selon leurs dates dues et la capacité disponible. Les deux tâches peuvent indépendamment être exécutées si les changements ne dépendent pas de l'ordre des produits. Puisque les interruptions ou les retards sont courant dans les environnements complexes de production, les ouvriers doivent être contrôlés activement et les ordres doivent être re-ordonnés correctement.

Planification à court terme du personnel le programme de production à court terme détermine le personnel approprié de l'atelier quant aux connaissances et potentialités. La planification à court terme du personnel détermine le programme détaillé du personnel en considérant des accords d'emploi et des coûts de la main-d'oeuvre

Coordination et Intégration

Les modules de planification doivent être reliés par des flux d'information.

Flux d'information horizontaux les principaux flux horizontaux vont en amont, et sont constitués des ordres de client, les prévisions de ventes, commandes internes pour le réapprovisionnement d'entrepôt et pour la production dans les divers départements, aussi bien que des ordres d'achat aux fournisseurs. De cette façon, la SC en totalité est conduite par les clients. Cependant, l'échange d'information additionnelle dans les deux directions et non seulement entre les modules contigus, peut améliorer la performance de la SC de manière significative (l'effet de bullwhip). Ceci concerne en particulier les stocks réels, les délais d'exécution de la capacité disponible, et les données sur les points de ventes.

Flux d'information verticaux les flux descendants coordonnent les plans subalternes au moyen des résultats d'un plan de niveau supérieur. Les informations typiques sont les quantités globales, assignées aux sites de production, les départements, ou les processus. La synchronisation des quantités est mieux exprimée sous la forme de stocks finals projetés à la fin de l'horizon de planification inférieur parce que ceci inclut des informations sur un horizon de planification plus long dans le niveau supérieur et fournit plus de flexibilité sur le niveau inférieur. La coordination est également réalisée par l'allocation des capacités et la fixation des dates dues.

Les flux ascendants fournissent au niveau supérieur des données plus détaillées sur la performance de la SC, par exemple les coûts effectifs, taux de production, utilisation de l'équipement, délais d'exécution etc...

2. Systèmes d'information, d'aide à la décision et la structure des systèmes de planification avancée

Le pilotage d'une entreprise consiste essentiellement, pour son responsable, à prendre des décisions sur l'ensemble des ressources dont dispose ou qui sont en relation avec cette entreprise. Par ses décisions, le responsable cherche à atteindre un résultat qu'il s'est ou qu'on lui a défini. Ce résultat doit être [Javel, 2003, p. 59] :

- Limité dans le temps, et donc comporter une date d'échéance précise;
- Réalisable et réaliste, tenir compte des limites humaines, techniques et environnementales et n'être ni trop facile ni trop difficile;
- Concret et explicite en décrivant une situation précise;
- Mesurable et observable en précisant le degré de réalisation à obtenir;
- Maîtrisable par celui qui en est responsable en s'assurant qu'il a la possibilité de le réaliser et qu'il en a le contrôle;
- Utile et utilisable en visant un résultat qui répond véritablement à un besoin attendu.

Toutefois, une décision ne peut être prise que si ce responsable possède les informations qui lui permettent d'élaborer les décisions qu'il doit prendre. C'est informations concernent la SC dans l'ensemble.

Pour faire face à ces problèmes de décision, l'organisation peut être vue comme un système [Aouni, 2002] [Mintzberg, 1993].

2.1. Définition d'un système

Le degré de maîtrise qu'il est possible d'atteindre dépend de la complexité du processus, de la sophistication du système et du caractère de l'environnement [Plossl, 1993]. La production, processus pourtant extrêmement complexe, peut-être maîtrisée à l'aide d'un système. Un système est un ensemble identifiable formé d'éléments ou de sous-ensembles en interaction et remplissant les deux conditions suivantes : 1- Placé dans un environnement donné 2- Ayant des objectifs définis ou porteur de finalité [Boyer et al., 1982]. Le système traite les données ; son rôle est de fournir un ensemble de plans intégrés, de comparer ce qui est réalisé à ce qui est prévu et de signaler les écarts significatifs. Toute action corrective se fonde sur des informations que des hommes doivent extraire des données, analyser et interpréter pour pouvoir agir. Alors les systèmes informatisés sont des aides à la planification et à la maîtrise ; mais ce sont les hommes qui exécutent [Plossl, 1993].

2.2. Les objectifs du système

Les systèmes de planification et de maîtrise de la production permettent de développer des plans totalement intégrés pour maîtriser le flux de tous les matériaux et apporter les informations pertinentes à ceux qui en ont besoin. Le système ne comporte que des données – chiffres, mots et symbole – à partir desquelles l'on extrait des informations. Chaque élément physique – hommes, matériaux, machines, argent – qui participe à la production doit être représenté par un chiffre ou un symbole pour pouvoir entrer dans le système.

Il en résulte d'énormes quantités de données, même pour des opérations de taille modeste, qui imposent de disposer d'ordinateurs puissants ainsi que de matériel de collecte et de transmission de données. On peut ainsi traiter les données rapidement, de façon fiable et à moindres frais, pour répondre aux exigences d'une planification et d'une maîtrise efficaces.

2.3. Les éléments du système

Deux questions sont fondamentales pour la planification et la maîtrise de toutes les opérations industrielles : « produisons-nous suffisamment ? » Et « travaillons-nous actuellement sur les produits appropriés ? ». La réponse doit être un double oui pour que la production soit maîtrisée [Plossl, 1993].

Le cœur de tout système de planification et de maîtrise est présenté dans la figure 2.10 [Plossl, 1993]. Elle montre les relations entre les différentes composantes de la hiérarchie de planification, ainsi que les deux volets, capacité (partie droite) et priorité (partie gauche), de la planification et de la maîtrise. Les flèches indiquent le flux d'information entre les éléments.

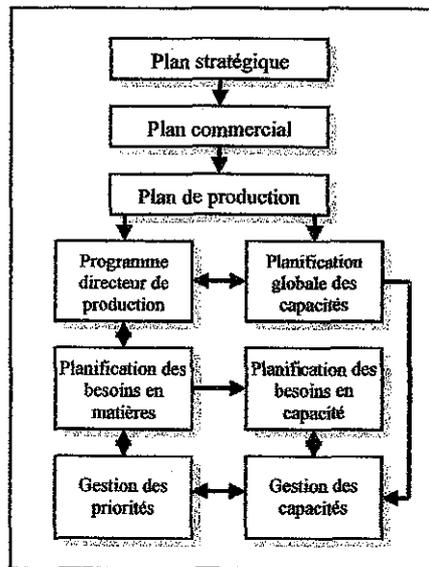


Figure 2.10 : les éléments du système

2.4. Système d'information et d'aide à la décision

2.4.1. Système d'information

2.4.1.1. Définitions

L'apparition du concept de systèmes d'information est lié aux avancées de la technologie en matière de systèmes intégrateurs d'information (les architectures client /serveur, intranet, Internet, les bases de données distribuer...). Les définitions intègrent des éléments tels que les utilisateurs, les fournisseurs et les différentes sources d'information.

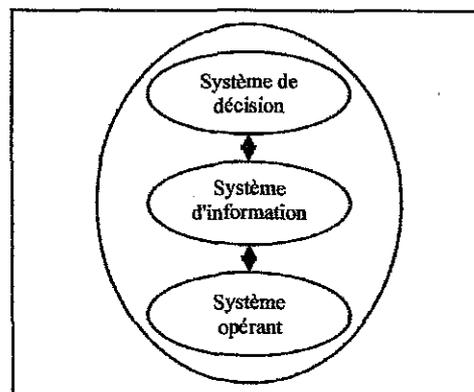


Figure 2.11 : Compositions du système d'information organisationnel

En sciences des organisations, on parle de systèmes d'information organisationnelle, c'est le système autour duquel s'organise et se développe les activités de l'entreprise. [Le Moigne, 1986] définit le Système d'Information Organisationnel (SIO) comme « un outil intégré de performance organisationnelle, une interface assurant le couplage opération-décision ». Ce couplage est assuré par trois sous systèmes, un système de décision, un système d'opération est un système d'information. D'ailleurs, on remarque que la notion de systèmes d'information apparaît naturellement comme étant un lien indispensable entre le système opérant et le système de décision, comme le montre la figure 2.11. On retrouve la même idée chez [Simon, 1991] dans la pyramide de la décision, comme le montre la figure 2.12.

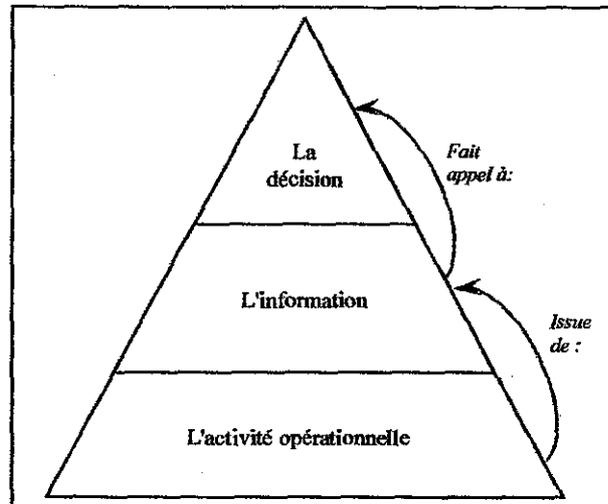


Figure 2.12 : Pyramide de la décision de [Simon, 1991]

Le système de décision ou de pilotage a pour rôle de contrôler et de prendre des décisions en réponse aux événements provenant de son système d'information. Le système d'opération exécute les tâches en provenance de son système de décision. Le système d'information a pour mission d'assurer la communication entre ces deux systèmes et l'environnement. De ce fait, il permet de recevoir et d'émettre des informations est aussi de gérer les informations internes. Le pilotage de l'entreprise comme le montre [Alquier, 1993] s'appuie sur son système d'information. En effet, le système d'information peut être vu comme étant un système qui rend possible la mise en commun d'information appartenant à des ressources séparées.

Un système peut être aussi défini comme un ensemble d'éléments qui interagissent entre eux en échangeant des informations internes et externes, avec pour support des voies de communication [Bouzgoub, 1983]. De ce fait, le système d'information est considéré comme un pont entre la théorie d'organisation de l'entreprise et celle de traitement des informations [Le Moigne, 1990]. Il assure donc le pilotage de l'entreprise. Piloté l'entreprise c'est gérer un tout, un ensemble de composants. En effet, l'entreprise est composée d'individus, de département, de direction, de plusieurs unités en entités, chacune ayant sa mission, son but, ces compétences et par conséquent ces propres processus cognitifs et linguistiques [Baghdadi, 1997]. Ainsi certains auteurs considèrent qu'il n'existe pas un seul et unique système d'information, mais plusieurs sous-ensembles du système d'information [Alquier, 1993].

Le système d'information a donc pour objectif de transformer l'information brute ou élaborer en information de décision. En effet, l'information passe d'un premier état brut à un état final qui est l'information traitée. Ces critères ne sont attribués qu'en fonction du jugement et des besoins des utilisateurs.

2.4.1.2. Typologie des systèmes d'information

Les typologies des systèmes d'information que nous présentons dans cette partie repose sur les critères suivants [Bouaka, 2004] :

- les types de décision,
- une version cybernétique de l'entreprise et
- le fonctionnement interne des systèmes d'information, autrement dit, sur leur finalité.

Typologie des systèmes d'information basée sur les situations de décisions. Typologie développée par [Gorry *et al.*, 1971]. Cette dernière permet de faire correspondre à chaque fonction managériale de l'entreprise un type de systèmes d'information. Cette typologie permet de rendre compte de différents degrés de complexité des décisions et donc des problèmes décisionnels. Elle se présente ainsi :

- le système de traitement des transactions : ce système a pour objectif d'accomplir les tâches routinières, les décisions qu'il supporte sont essentiellement programmées,
- le système de production des rapports : ce système permet de déterminer les grandes orientations organisationnelles de l'entreprise. Il s'intéresse surtout aux activités de contrôle. Les décisions sont d'ordres semi-structurés,
- le système d'aide à la décision : ce système a pour but d'assister le décideur dans son activité de prise de décision. Ce type de décision est supposé comme non programmée.

Les systèmes de production de rapports sont susceptibles d'être englobés dans le segment d'aide à la décision, car ils peuvent produire des rapports pour assister les décideurs dans leurs processus de prise de décision dans le cadre de résolution des problèmes non structurés.

En se basant sur la typologie présentée par [Gorry *et al.*, 1971], [Reix, 2000] proposa une autre typologie qui s'oriente vers la segmentation des systèmes d'information selon deux entités (figure 2.13). En effet, Reix fait la distinction entre les systèmes supportant les opérations routinières et automatisable et système assistant le décideur dans sa prise de décision. Ces systèmes se présente ainsi :

- les systèmes supports d'opérations, se composent eux mêmes de trois types de systèmes :
 - les systèmes de traitement des transactions. Ils assurent de nombreuses transactions quotidiennes dans l'entreprise (traitement de commandes, facturation, etc.)

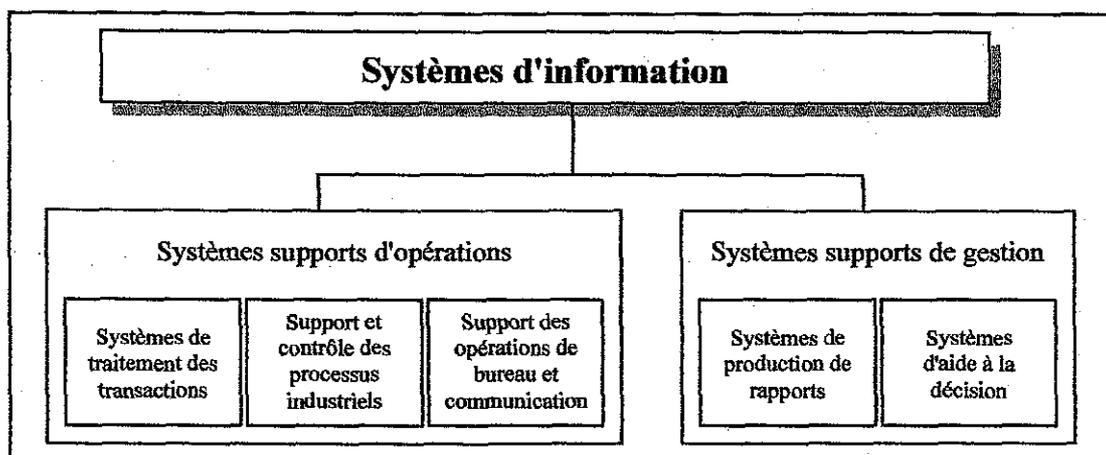


Figure 2.13 : La typologie de [Reix, 2000]

- les supports et contrôles des processus industriels. Ils permettent de réaliser et de contrôler les systèmes de production sans nécessairement d'intervention humaine systématique (production assistée par ordinateur, contre le processus, etc.)
 - les supports des opérations de bureau et communication. Ils permettent d'assister l'entreprise dans leurs activités de bureau (traitement de texte, tableurs, etc.) ou de communication (messagerie, échange de données informatisées, etc.)
- les systèmes supports de gestion, englobent deux types de systèmes :

- les systèmes de production de rapports : Ils permettent d'accéder manuellement ou automatiquement à des rapports, qui sont le fruit des données mémorisées dans les systèmes de traitement des transactions. Leur objectif est de produire des tableaux de données utilisables par le décideur dans le cadre de sa prise de décision.
- Les systèmes d'aide à la décision : leur objectif est de fournir une assistance au décideur, principalement dans le cadre des problèmes non totalement structurés.

Typologie basée sur une vision cybernétique de l'entreprise [Malese, 1976] a présenté une classification qui appréhende l'entreprise selon une vision cybernétique comme le montre la figure 2.14. En effet, il distingue :

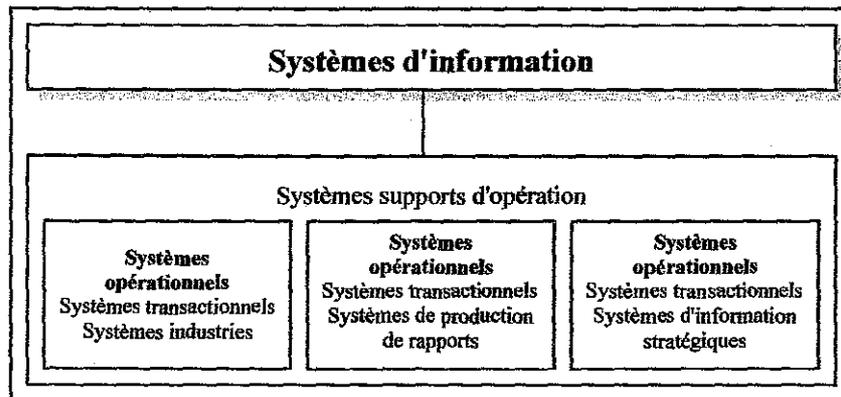


Figure 2.14 : La typologie de [Malese, 1976]

- les systèmes physiques qui ont pour objectif l'exécution des opérations,
- les systèmes de gestions qui ont pour objectif de transformer les objectifs en directives et contrôles et interagissent avec les systèmes de pilotage afin d'assurer une certaine cohérence des actions,
- les systèmes de pilotages qui ont pour objectif la formulation des objectifs à long terme ainsi que le contrôle de la réalisation.

Typologie basée sur le fonctionnement interne des systèmes d'information. L'organisation interne des systèmes d'information dépend, en fait, des besoins en information des utilisateurs.

En effet, deux familles de systèmes d'information ont été identifiées. La première se base sur une approche appelée « approche à la demande » et la deuxième se base sur une autre approche connue sous le nom « approche de la demande anticipée ».

- **Approche à la demande** : il s'agit d'un processus classique qui procède en deux étapes :
 - Partant de la question posée par l'utilisateur, le système d'information va pouvoir identifier les sources d'informations appropriées pour répondre à la demande de l'utilisateur, formule un lot de sous questions pour chaque source,
 - Une fois les résultats obtenus à partir des sources, les informations sont traduites, filtrées et rassemblées pour être données à l'utilisateur.

Les cas d'utilisation de ce type de système d'information sont résumés par les points suivants :

- Les besoins en information sont imprévisibles, touchant à plusieurs domaines et s'échelonnant sur de multiples sources hétérogènes,
- Les utilisateurs ont besoin d'information actuelle. Les questions sont nécessairement traitées de façons plus lentes, car les sources à exploiter sont multiples.

– **Approche de la demande anticipée** : ce processus est appliqué pour les entrepôts de données (data warehouses). Un « data warehouse » se définit comme « un ensemble de données orienté sujet, intégré, prenant en compte la variante temps, opérant une collecte des données non volatiles et organisées pour le support d'un processus d'aide à la décision » [Inmon *et al.*, 1994]. En effet, le data warehouse est considéré comme un système d'information indépendant de tout système de production, dont le rôle est de stocker des informations organisées pour le support d'un processus d'aide à la décision.

Dans ce cas le processus de systèmes d'information est un processus intégrateur qui rassemble dans un même endroit toutes les informations des sources. Ce type de systèmes est recommandé dans les cas suivants [Thierry, 2004] :

- Les besoins en information sont connus, du même ordre est souvent répétitifs,
- les réponses doivent être immédiates,
- l'information est traitée et filtrée pour une éventuelle utilisation,
- l'importance est mise sur l'information orientée vers l'analyse en profondeur, le système d'information fournit donc une photographie de l'information disponible à l'instant t ou la mise à jour n'est pas essentielle,
- les systèmes d'information intègre périodiquement les informations dans la base modèle. Cette configuration permet de fournir un déroulement historique des informations, qui ne dépendent plus des sources mères.

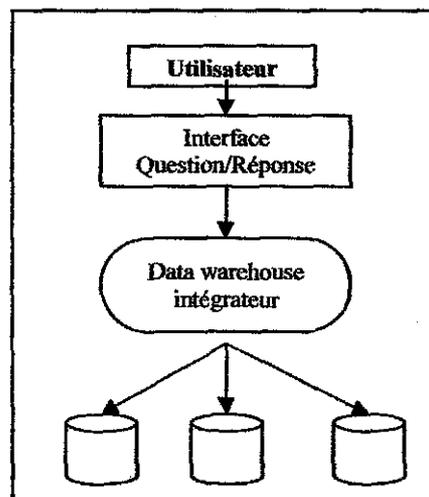


Figure 2.15 : Le système d'information intégrateur

Les systèmes d'information de type data warehouse ont donc pour objectif de soutenir la vie d'une organisation en termes de gestion des informations dans le temps et en terme d'aide à la prise de décision. L'accès à l'information est assurée par le classement des informations par sujet des génériques (clients, fournisseurs, etc.) et, non pas, par fonction.

Dans le premier cas, le fonctionnement du système d'information s'adapte aux sources d'information hétérogènes. Cependant, dans le deuxième cas, le système d'information est un intégrateur [Leitzelman *et al.*, 1998] (figure 2.15). L'organisation interne des systèmes d'information dépend des besoins en information des utilisateurs. Ainsi à chaque type de fonctionnement de systèmes d'information correspond, une famille de besoins particuliers. En effet, la diversité des systèmes d'information s'explique par la volonté de s'adapter aux besoins des entreprises.

2.4.2. Systèmes d'aide à la décision

2.4.2.1. Définitions

L'aide à la décision stratégique nécessite toujours une information importante sur l'environnement de l'entreprise (clients, marchés, concurrent, technologies disponibles, environnement économique et physique...). Dans la section précédente nous avons vu que le système d'aide à la décision est une classe spécifique de système d'information qui a pour objectif le soutien des activités du décideur à l'échelle stratégique. Le système interactif d'aide à la décision (SIAD) apporte aux acteurs de la décision une assistance dans le cadre de problèmes complexes. Ces systèmes, qui nécessitent l'intervention de l'utilisateur final pour établir des liens logiques entre les données et les problèmes décisionnels, constituent des supports décisionnels précieux dans le cadre de l'activité du décideur. Dans cette perspective, [Peucelle, 1981] avance « le décideur réel est alors amené à s'inspirer de ce que disent les modèles quantitatifs, mais il exerce son jugement pour jauger en quoi la situation s'y rapporte. L'informatique décisionnelle est alors un moyen d'explorer les diverses hypothèses. Elle aide à la décision sans jamais pouvoir préconiser, sans nuances, une solution plutôt qu'une autre ». De ce fait, les systèmes décisionnels ont une place grandissante auprès des décideurs et plus globalement des organisations.

Afin de pouvoir juger le rôle de ces systèmes dans notre cadre de recherche nous présentons dans ce qui suit différentes typologie de systèmes d'aide à la décision.

2.4.2.2. Typologie des systèmes d'aide à la décision

Depuis l'émergence des systèmes d'aide à la décision, de nombreuses typologies ont été proposées [Bouaka, 2004]. Nous nous limitons dans cette section aux typologies les plus classiques [Thierry, 2004]. [Silver, 1991] a présenté une typologie basée sur le type d'assistance apportée par les systèmes décisionnels aux acteurs de la décision est distingué :

- les systèmes d'aide à la décision suggestifs : ces systèmes proposent au décideur des recommandations dans leurs tâches de jugement,
- les systèmes d'aide à la décision informatifs : ces systèmes fournissent des informations pertinentes pour éclairer les décideurs dans leurs jugements.

D'autres auteurs comme [Reix, 2000], ont proposé des classifications basées sur les fonctionnalités des systèmes d'aide à la décision. Il a différencié les systèmes interactifs d'aide à la décision, des applications de l'intelligence artificielle et des systèmes d'aide à la décision de groupe. Dans cette même perspective, [Lebraty, 1994] a distingué trois types de systèmes d'aide à la décision :

- les systèmes interactifs d'aide à la décision,
- les systèmes experts, appelés aussi les systèmes à base de savoir-faire, sont construits à partir des connaissances qu'utilisent les experts du domaine pour résoudre chacun des problèmes de ce domaine,
- les réseaux de neurones, appelés aussi systèmes à base savoir factuel, sont généralement construits par apprentissage par le système d'un grand nombre de problèmes du domaine qui ont déjà été rencontrés et dont on connaît plus ou moins la solution.

Quant a [Le Moigne, 1999], il n'a proposé que deux types de systèmes d'aide à la décision : les systèmes interactifs d'aide à la décision et les systèmes experts. [Uselsinger, 2002] a présenté une typologie adaptée de Reix (figure 2.16). On y distingue les systèmes interactifs des systèmes non interactifs. Cette typologie se détache des cadres d'analyses classiques qui se limitent généralement à distinguer les principales applications traditionnelles d'aide à la décision.

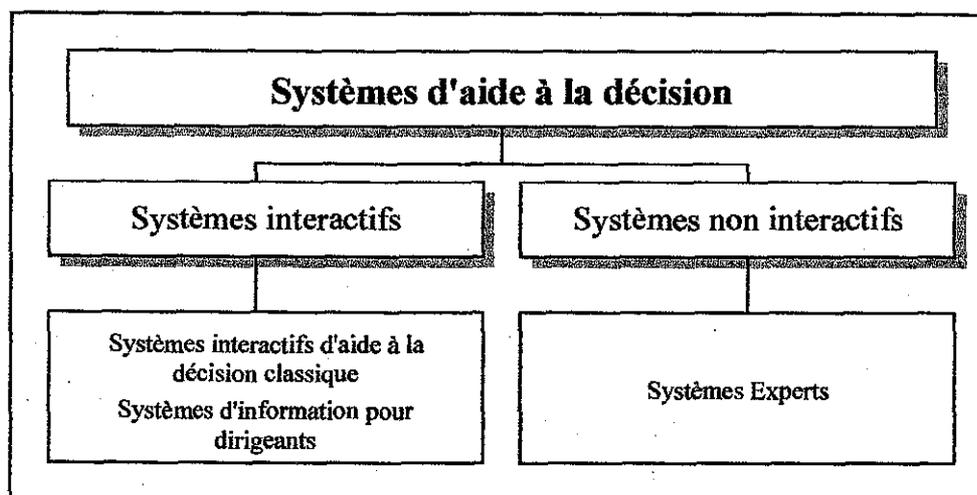


Figure 2.16 : Typologie des systèmes d'aide à la décision

Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD). Dans sa famille, les premiers systèmes (classiques) ont vu le jour dans les années 1970. Ils se contentent sur le futur de l'organisation (perspective à long terme) [Kolodziej, 1989]. Étant donné l'insatisfaction manifestée à l'égard de ces systèmes, une seconde génération de **SIAD** est apparue. Il s'agit d'« Executive Information Systems » (EIS). Ces systèmes sont focalisés sur leur quotidien (perspective à court terme). Nous présentons dans la suite ces deux types de systèmes.

Systèmes d'aide à la décision classique (SIAD). Il s'agit du premier type de systèmes proposés aux décideurs dont l'objectif est de les assister dans leurs processus de prise de décision. Grâce aux fonctions de collecte et de traitement de l'information, ils offrent au manager des synthèses pour l'aide dans la résolution de problèmes plus ou moins structurés. L'objectif de ces systèmes est d'améliorer l'efficacité des processus décisionnels et, par voie de conséquence, la qualité des décisions prises [Grandillot, 1988] [Carlson *et al.*, 1999].

Bien que les **SIAD** Classiques soient utilisés pour améliorer la qualité de la décision, il se heurte à un certain nombre de limites. [Lebraty, 1994] considère que la première difficulté des **SIAD** classiques relève de leurs dimensions purement informationnelle, aussi bien en ce qui concerne la prise en compte des besoins informationnels que la validité des informations. L'une des principales limites réside donc dans la maîtrise des besoins en information des utilisateurs, des besoins souvent hétérogènes, évolutifs et peu prévisibles, ainsi que dans la validité des informations qui leur sont fournies, autrement dit, le degré de confiance accordé aux interprétations. La deuxième limite relève des qualités requises pour ce type de systèmes. Les **SIAD** doivent être évolutifs et flexible pour s'adapter à la diversité des décideurs et de leurs besoins [Reix, 2000]. Une autre limite concerne les utilisateurs eux-mêmes. Les **SIAD** doivent être adaptables à des conditions d'informations variées et à des méthodes d'approche contingentes à leurs utilisateurs. Malheureusement, ces systèmes engendrent souvent un comportement de conformité de la part des utilisateurs du fait du caractère normalisé de l'information utilisée pour prendre une décision. Ceci remet en cause leur fonction même d'aide au raisonnement.

Executive Information Systems (EIS). Connu aussi sous le nom des systèmes pour dirigeants ou Executive Support Systems (ESS). Les **EIS** sont apparus au début des années 80, il cherche à répondre aux besoins spécifiques des dirigeants en leur permettant d'accéder de façon simple et rapide à des données à caractère stratégique dans le cadre de leurs activités décisionnelles [Wetherbe, 1991]. Depuis leur émergence, les innovations qui se sont

succédées en matière d'EIS ont ouvert le champ des possibilités et ce dans une double perspective. Dans un premier temps, les évolutions récentes qu'ils ont connues contribuent à en faire des outils adaptés aux besoins des responsables de tous niveaux, et non plus exclusivement à ceux des dirigeants exécutifs comme l'a souligné [Geneau, 1993] : « les EIS concernent initialement les dirigeants, mais s'adressent désormais également aux cadres moyens ». Dans un second temps, les progrès récemment accomplis en matière EIS ont eu d'importantes conséquences sur les fonctionnalités offertes par ce type d'outils [Rainer, 1992]. Alors qu'à leur origine les fonctions proposées étaient rudimentaires, celles-ci sont désormais multiples et variées. Même si la principale fonction significative de tels systèmes est la fourniture d'informations de base, les EIS sont aussi capables d'offrir un potentiel d'utilisation nettement plus conséquent, entre autres, l'analyse de modèles, l'interrogation de bases de données ou encore l'automatisation des processus de bureautique.

Les limites de ces systèmes peuvent être récapitulées en deux points : des limites techniques et heuristiques. Techniquement, les systèmes interactifs d'aide à la décision souffrent de leur étroite dépendance de la qualité des systèmes fonctionnels alimentant en données et de la lourdeur de leur évolutivité due à la complexité [Reix, 2000].

Quant aux limites d'ordre heuristique, elle découle directement de la limite technique. Ces limites d'ordre technique et heuristique attestent donc du chemin à parcourir par les EIS avant qu'ils ne soient adaptés et pratiqués avec succès dans les organisations.

Systèmes experts ou systèmes d'aide à la décision non interactifs. Les systèmes experts ou les systèmes à base de connaissances sont définis comme « des programmes informatiques destinés à simuler le raisonnement humain, des experts dans la résolution de problèmes » [Schneider, 2001]. En effet, l'objectif de ces systèmes est de se rapprocher le plus au processus de raisonnement humain d'experts dans des domaines de connaissances spécifiques. Pour ce faire, le savoir des experts doit être préalablement transcrits. Cette phase d'extraction de règles, de procédures et de stratégies à partir des experts d'un domaine ainsi que leurs présentations à l'aide de programmes informatiques relèvent du domaine de l'ingénierie de la connaissance. L'enregistrement de l'expertise dans une base de connaissance prend ainsi directement appui sur les techniques de l'intelligence artificielle. L'idée sous-jacente aux systèmes experts est d'extraire l'expertise de spécialistes dans un domaine spécifique et de l'intégrer au sein de logiciels informatiques qui seront, en définitive, utilisés soit par des experts, soit par des non-experts. Les problèmes auxquels ils s'adressent couvrent les problèmes structurés et non structurés. Malgré l'amplitude des problèmes concernés par ce type d'outils, cinq constantes peuvent toutefois être mises en avant : la multiplicité d'occurrence de problèmes, leur complexité et la caractéristique formalisable de l'expertise [Coursey, 1989]. Outre la diversité des problèmes couverts par ces outils, leurs domaines d'applications ainsi que leurs fonctions sont également variées.

Les systèmes experts sont considérés comme une extension des systèmes interactifs d'aide à la décision. Néanmoins certaines différences méritent d'être révélées. Selon [Efroymson *et al.*, 1987], les systèmes interactifs d'aide à la décision se limitent à fournir des informations aux décideurs pour les assister dans leurs processus de prise de décision et n'automatisent en aucun cas les décisions, contrairement aux systèmes experts qui peuvent proposer voire même automatiser les décisions. Une deuxième différence est identifiée par [Valdes-Perez, 1999]. En effet il considère que les systèmes interactifs d'aide à la décision requièrent que les problèmes soient quantifiés par des valeurs numériques et des formules mathématiques tandis que les systèmes experts modélisent les problèmes à partir d'heuristique et ne les simplifient pas, contrairement à leurs homologues, en un certain nombre de relations numériques. [Davis *et al.*, 1985] considère que, dans le cadre des problèmes non structurés, situé dans un niveau indéterminé, les systèmes experts se révèlent plus flexibles

que les SIAD. Enfin, le développement des SIAD nécessite l'implication des utilisateurs finals alors que celui des systèmes experts fait d'avantage appel aux experts [Davidson *et al.*, 1999].

L'aide à la décision met en rapport un décideur et un système d'informations qui, à travers les données, des modèles et des dialogues, permet ou facilite la prise de décision. En effet trois dimensions peuvent être dégagées : une dimension informative, une dimension applicative et une dimension interactive. Ces dimensions permettent d'apprécier le niveau de l'aide à la décision que peuvent procurer les systèmes d'aide à la décision.

2.5. Les systèmes APS

Les systèmes APS sont des systèmes informatiques d'aide à la décision [Deirmendjian, 2006]. Ils permettent aux compagnies d'améliorer leurs méthodes de prévisions, de planification, d'ordonnancement et de distribution via des algorithmes mathématiques d'optimisation. Ces logiciels proposent des solutions optimales en tenant compte de la demande, de la capacité et des aléas, de façon simultanée et en temps réel.

Il y a trois caractéristiques principales des APS [Stadtler *et al.*, 2000] :

- *planification intégrale* de la SC, au moins du fournisseur au client d'une entreprise, ou même d'un réseau complet d'entreprises;
- *L'optimisation exact* en définissant correctement des solutions de rechange, des objectifs, et des contraintes pour les divers problèmes de planification, en employant les méthodes d'optimisation de la planification, ou l'heuristique;
- *Le système de planification hiérarchique* (HPS – Hierarchical Planning System) est le seul cadre permettant la combinaison des deux propriétés précédentes : la planification optimale d'une SC entière n'est ni l'un ni l'autre possible sous la forme de système monolithique qui accomplit toutes les tâches de planification *simultanément* – ce serait complètement inutilisable – ni en accomplissant les diverses tâches de planification successivement – ceci manquerait d'optimalité. La planification hiérarchique est un compromis entre la praticabilité et la considération des interdépendances entre les tâches de planification.

L'idée principale de la planification hiérarchique est de décomposer toute la tâche de planification en *modules de planification* [Teimpelmeier, 2006], c.-à-d. des plans partiels, assignés à différents niveaux où chaque niveau couvre la SC complète mais les tâches diffèrent d'un niveau à un autre : dans la plupart des niveaux supérieur, il y a seulement un module, le développement d'une entreprise étendu, à long terme mais avec un plan très approximatif. Plus les niveaux sont fin, plus les sections de la SC sont couvertes par un plan plus restreint, plus l'horizon est court plus le plan est détaillé. Les plans pour les différentes sections de la SC à un niveau donnée sont coordonnés par un plan plus complet sur le niveau supérieur adjacent dans une structure hiérarchique.

Le degré croissant de détail est réalisé par la désagrégation des données et des résultats en partant vers le bas dans la hiérarchie. *L'agrégation* concerne

- les produits, agrégé dans des groupes
- les ressources, agrégé dans des groupes de capacité, et
- le temps : périodes, agrégé dans des durées.

Les modules sont liés par des flux d'information verticaux et horizontaux. La conception d'un *système de planification hiérarchique* (HPS) exige une définition soignée de la structure modulaire, l'attribution des tâches de planification aux modules, et les spécifications des flux d'information entre eux [Stadtler *et al.*, 2000].

Les APS informatisent la planification. Cette informatisation est basée sur trois principaux avantages : la visualisation de l'information, réduction du temps de planification, et l'application facile des méthodes d'optimisation. Cependant, modéliser est toujours une recreation de la réalité. Par conséquent, la connaissance, l'expérience, et la compétence humaines sont encore exigées pour établir le lien entre le modèle et la réalité. N'importe quel système de planification *avancée*, quelque soit sa puissance, demeurent un système interactif d'aide à la décision, c.-à-d. il soutient le planificateur qui décide si un plan doit d'être mis à jour ou pas.

2.6. Structure des systèmes APS :

On assiste au développement de la collaboration entre les différents acteurs de la SC. Les systèmes APS favorisent l'application de ce principe en élargissant la gestion interne des entreprises à une gestion globale de la chaîne (figure 2.18).

Pour ce faire les systèmes APS se composent généralement de modules (figure 2.17 - [Tempelmeier, 2006] [Rohde, 2004]) qui englobent de nombreux outils de planification permettant d'optimiser la chaîne au complet. Le nom des modules qui forme les systèmes APS varie d'un fournisseur¹ à un autre, mais les tâches de planification qui y sont soutenues sont typiquement les mêmes (Matrice de SCP).

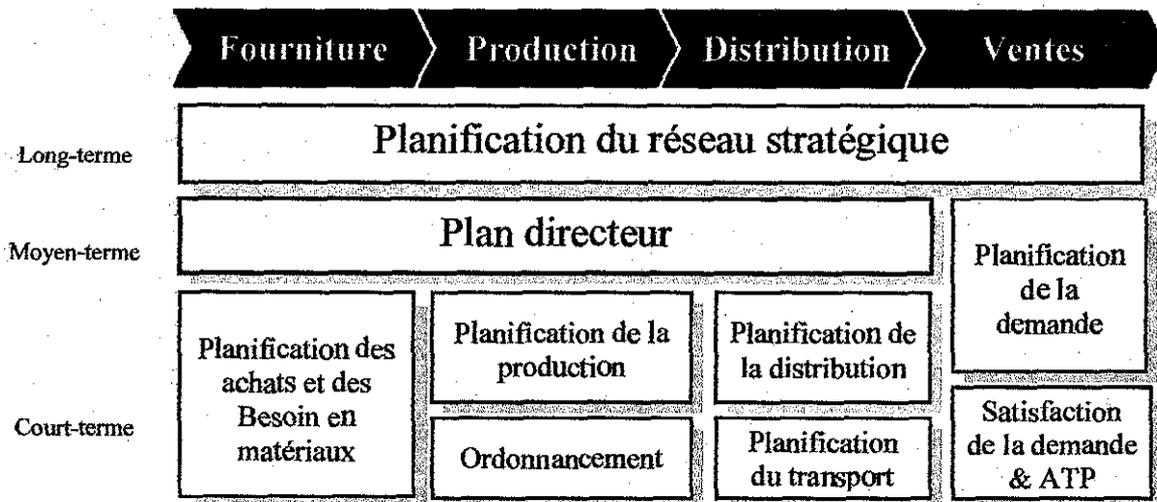


Figure 2.17 : les modules de logiciels qui couvrent la matrice de SCP

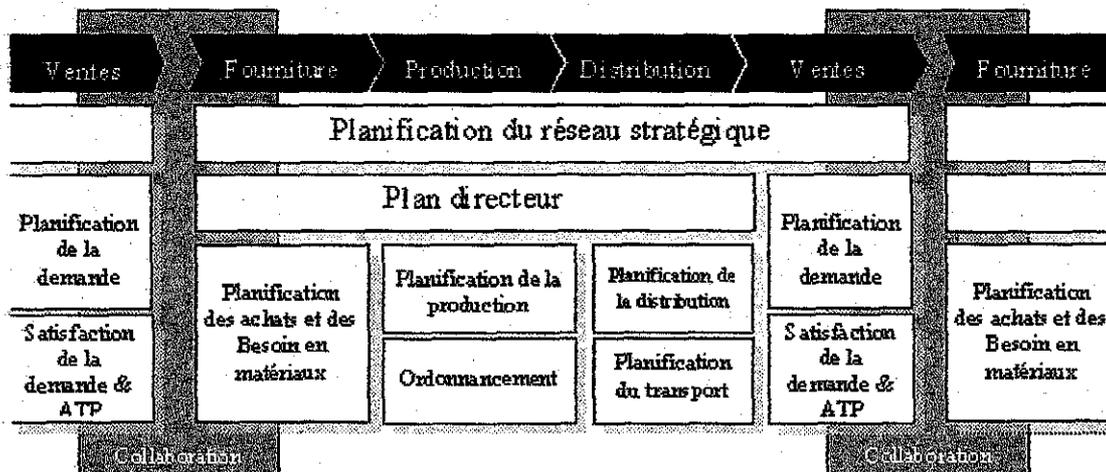


Figure 2.18 : collaboration entre APS

¹ SAP, JD Edward PeopleSoft, Oracle, Baan, i2 Technologies et Manugistics.

Conclusion :

Le SCM nécessite de prendre un ensemble de décisions, ces derniers sont d'ordre et de niveau d'importance différente. Cette importance doit être mieux définie pour mieux répondre aux problèmes décisionnels. Cette définition et le rôle de la planification.

Dans ce chapitre, nous avons analysé, tout d'abord, la décision et sa typologie, ceci nous a permis de les classer selon les trois niveaux de planification (d'importance) admis généralement dans toute organisation, à savoir : le long, le moyen et le court terme.

Dans le cadre de la complexité des processus et systèmes de gestion caractérisée par une constante évolution et une concurrence acharnée, la prise de décision (de nature multicritères, incommensurable et la contradiction des critères de décision) tend à devenir de plus en plus difficile pour les décideurs. Pour cela, le recours aux méthodes d'aide à la décision devient indispensable. En conséquence, nous avons présenté et classé les différents modèles d'aide à la décision de la SC et ceci selon quatre critères à savoir : le type de décision, approche, critères de décision et méthode est de la sorte posé une structure globale des modèles correspondants à la SC.

La planification vise à prévoir de futurs développements, c'est pourquoi, il y aura plus au moins des erreurs de prévision. Afin de diminuer ces erreurs, une planification à horizon glissant est appliquée. Dans ce type de planification seules les décisions correspondant au début de l'horizon de planification (horizon gelé) sont prises en compte.

Après avoir déterminé les horizons de planification et leurs décisions respectives, une classification des tâches de planification de la SC est présentée. Ces tâches sont relatives à la matrice de planification de la SC (SCP Matrix).

Bien que ces méthodes peuvent aider le décideur dans son procédé de prise de décision, leur complexité et l'amplitude de leurs calculs ainsi que leurs besoins grandissants de données nécessitent d'être soutenus par un système informatique de support.

Les systèmes d'aide à la décision apportent aux acteurs une assistance dans le cadre de problèmes complexes, ainsi ils permettent d'explorer les divers hypothèses sans jamais pouvoir préconiser une solution plutôt qu'une autre. Classe spécifique des systèmes d'information, les besoins en information sont largement comblés.

Dans le cadre du SCM, les systèmes qui permettent d'aborder ceux-ci, et aident à optimiser la SC dans l'ensemble, on trouve les systèmes APS. Ces derniers leur permettent d'améliorer leurs méthodes de prévisions, de planification et d'ordonnement dans l'optique d'une collaboration plus étroite des acteurs de la chaîne.

Puisque le système APS se base sur des modèles et techniques plus avancés de planification. Ces derniers sont abordés dans les deux chapitres suivants de ce mémoire.

Chapitre III

La planification à long terme – conception du réseau stratégique

| | | |
|-----------|---|------------|
| 1. | <u>LES DECISIONS STRATEGIQUES</u> | 92 |
| 1.1. | Importance des décisions stratégiques..... | 92 |
| 1.2. | Caractéristiques des décisions stratégiques de la SC | 92 |
| 1.3. | Revue de la littérature..... | 95 |
| 2. | <u>APPROCHES GLOBALES POUR LES DECISIONS (PLANIFICATION) STRATEGIQUE</u> | 96 |
| 2.1. | Démarche globale pour la décision de « faire » ou « faire-faire »..... | 96 |
| 2.2. | Démarche globale pour le choix des fournisseurs | 107 |
| 2.3. | L'approche globale pour la localisation des sites | 113 |
| 3. | <u>DEMARCHE INTEGREE POUR LA PLANIFICATION STRATEGIQUE D'UNE SC</u> | 122 |
| 3.1. | Analyse des relations inter - décisionnelles | 123 |
| 3.2. | La Démarche..... | 127 |
| 4. | <u>L'ORGANISATION PHYSIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION</u> | 131 |
| 4.1. | La sous-traitance de la distribution | 132 |
| 4.2. | Architecture du réseau de distribution..... | 132 |

L'état actuel de l'environnement industriel qui se traduit par une concurrence très importante dans la plupart des secteurs industriels, conduit l'entreprise à améliorer ses niveaux de service sur: coût, qualité, délai et réactivité. Dans ce contexte, les activités logistiques ont une influence importante sur ces trois points. C'est pourquoi l'entreprise d'aujourd'hui met en place d'autres modes de management de la SC. Dans ce nouveau mode de management, l'entreprise a une vue globale sur les différents éléments d'une SC et elle tente d'optimiser l'ensemble des activités de la chaîne.

I. Les décisions stratégiques

Les décisions stratégiques ont une influence plus importante que les décisions tactiques et opérationnelles sur la position concurrentielle de l'entreprise. Dans la section suivante nous discutons de façons plus détaillées les effets des décisions stratégiques d'une SC [Akbari Jokar, 2001].

I.1. Importance des décisions stratégiques

Nous avons classé les décisions d'une SC en trois niveaux, les décisions stratégiques, les décisions tactiques et les décisions opérationnelles.

Ces trois catégories de décision sont importantes mais les décisions stratégiques ont quelques particularités essentielles :

- a) Les conséquences de ces décisions sont très coûteuses. Considérons une entreprise dont la localisation des sites de production et d'entreposage n'est pas optimale. Cette situation induit des coûts permanents et considérables de transport. Le changement de localisation des sites est évidemment très coûteux.
- b) La viabilité long terme de l'entreprise dépend de ces décisions. Par exemple la décision de faire-faire un composant stratégique en raison d'un coût moins élevé du fournisseur pourrait avoir des conséquences sur la position concurrentielle de l'entreprise.
- c) Les décisions stratégiques déterminent les solutions admissibles des niveaux tactiques et opérationnels. Autrement dit la solution optimale d'une décision tactique ou opérationnelle dépend de la solution prise au niveau stratégique. Par exemple, le choix des fournisseurs (leurs profils, leur situation géographique, etc.) contraint le plan d'allocation des fournisseurs aux sites de production. Un mauvais choix des fournisseurs peut engager des coûts très importants même si ensuite l'allocation de ces fournisseurs à différents sites de production est optimale.

I.2. Caractéristiques des décisions stratégiques de la SC

Ci-après les caractéristiques des décisions stratégiques sont présentées. Cette connaissance nous aidera à connaître les exigences d'une démarche pertinente d'aide à la décision.

I.2.1. Multicritères

Un critère est une fonction définie sur l'ensemble des alternatives [Roy, 1993]. Une alternative A1 est meilleure que l'alternative A2 si le critère de décision C prend une valeur plus importante pour A1 que pour A2. Par exemple pour choisir une voiture parmi quelques voitures (alternatives), la sécurité est un critère de décision. La plupart des décisions qu'on prend, ont un caractère multicritères. Autrement dit, on compare des alternatives vis-à-vis de plusieurs critères. Dans cette situation, une alternative qui aurait la note la plus importante vis-à-vis de tous les critères serait bien sûr la meilleure dans l'absolu. Malheureusement dans la réalité, il est rare de trouver une telle alternative, car bien souvent les critères de décision sont contradictoires. Par exemple pour l'exemple de la voiture le critère « sécurité » est en contradiction avec le critère « prix ». C'est pourquoi on cherche le plus souvent une alternative qui propose un meilleur compromis entre les divers critères de décision.

Les décisions stratégiques d'une SC (telles que nous les avons présentées dans la section II.1.3) sont multicritères. De manière générale, ces décisions stratégiques influent sur les différents sous systèmes de l'entreprise et de son environnement, ce qui nécessite de considérer différents points de vue. L'aspect multicritères de ces décisions est inévitable. Par exemple le choix de localisation d'un site de production/d'assemblage repose sur plusieurs critères de décision comme la distance entre le site et les clients et les fournisseurs, le coût d'implantation, les infrastructures locales, etc.

Un nombre important des travaux classiques d'aide à la décision ne sont pas multicritères. Dans la littérature, on trouve de nombreux travaux qui s'intéressent à la problématique de localisation en se basant sur les méthodes classiques d'optimisation mathématique et en considérant le plus souvent la distance ou le coût de transport et d'implantation comme seul critère à optimiser. En tous cas, l'aspect multicritères des décisions logistiques est à considérer dans une véritable démarche d'aide à la décision.

1.2.2. Critères subjectifs et objectifs

Une autre caractéristique des décisions stratégiques est que les critères de décision ne sont pas de même nature. Un nombre important de critères sont subjectifs. Par exemple, dans la problématique de choix des fournisseurs, le critère : « désir manifesté par un fournisseur » est un critère subjectif.

Outre les critères subjectifs, on a aussi des critères objectifs. Un critère objectif est un critère que l'on peut mesurer par une dimension quantitative concrète (comme le coût). Le fait de trouver une dimension quantitative est plus ou moins facile. Par exemple le critère « prix du produit chez le fournisseur » est un critère « facile » à mesurer, car on peut le mesurer directement. En revanche « la qualité du produit » est un critère « difficile », car on ne peut pas le mesurer directement. On doit calculer le coût de rejet du produit, le coût du service après vente, etc.

Le fait d'avoir des critères de différentes natures, objectifs et subjectifs, nécessite plusieurs unités de mesure ce qui complique le processus de prise de décision.

1.2.3. Contraintes

Les contraintes limitent le champ d'actions pour une décision donnée. Un choix issu d'un processus de prise de décision sera applicable s'il respecte toutes les contraintes concernées.

Par exemple la capacité de production d'une entreprise contraint la quantité des pièces à «faire» dans cette entreprise. Les modèles d'optimisation mathématiques peuvent prendre en compte différentes contraintes liées à une décision. A l'inverse, les modèles d'aide à la décision multicritères (qui sont nécessaires pour ce type de décision) comme AHP¹ n'ont pas la possibilité de considérer les contraintes liées à une décision. Elles considèrent que toutes les alternatives (solutions) respectent toutes les contraintes de décision.

Dans le cas où le nombre des alternatives serait important (voire illimité), on aura besoin de méthodes de type optimisation mathématique qui ont la capacité de proposer des solutions réalisables (qui respectent les contraintes du problème) parmi un nombre important de solutions.

1.2.4. Interaction avec la stratégie de l'entreprise

Élaborer la stratégie de l'entreprise, c'est choisir les domaines d'activité dans lesquels l'entreprise entend être présente et allouer des ressources de façon à ce qu'elle s'y maintienne et s'y développe » [Strategor, 1993]. Cette définition identifie deux niveaux de stratégie, la stratégie de groupe et la stratégie concurrentielle.

¹ La méthode AHP, Analytic Hierarchical Process a été proposée par Saaty [Saaty 80].

La stratégie de groupe : (*corporate strategy*) détermine les domaines d'activité de l'entreprise. C'est cette stratégie de groupe qui conduit l'entreprise à s'engager dans tel ou tel secteur ou à se retirer de tel ou tel autre, afin de se constituer un portefeuille équilibré d'activités.

La stratégie concurrentielle : (*business strategy*) est mise en oeuvre dans chacun des domaines d'activité stratégiques. Cette stratégie concurrentielle définit les manoeuvres que l'entreprise doit accomplir afin de se positionner favorablement face à ses concurrents dans un secteur donné (Strategor, 1993).

Michaël Porter à la fin des années 1970 établit une classification des stratégies concurrentielles possibles qui sont appelées les « stratégies génériques » de Porter. Ce sont :

- la domination par les coûts
- la différenciation
- la concentration
 - par le coût
 - par la différenciation

La stratégie de l'entreprise détermine, alors, les domaines d'activité de l'entreprise et la façon retenue par elle pour se positionner de manière concurrentielle sur le marché. Il est donc essentiel que toutes les décisions prises dans une entreprise, en particulier celles qui ont une influence importante sur la réussite de la stratégie, soient cohérentes avec cette stratégie.

Les décisions stratégiques d'une SC telle que localisation, choix des fournisseurs, faire ou faire-faire, etc. ont une influence énorme sur la réussite de la stratégie de l'entreprise. Il est donc impératif que ces décisions soient prises d'une manière qui renforce la stratégie de l'entreprise.

On peut distinguer trois types de situations entre deux ou plusieurs décisions.

- Pas de relation : Dans cette relation deux décisions sont complètement indépendantes l'une de l'autre. Ceci signifie que, quelle que soit la solution retenue pour une décision, elle n'influera pas la solution optimale de l'autre. Dans cette situation une intégration décisionnelle n'amène aucun avantage.
- Une relation hiérarchisée. Dans cette situation une des décisions influe l'autre mais la réciproque n'est pas vraie. Dans ce cas, une solution globalement optimale peut être trouvée par une approche séquentielle. On trouve la solution optimale de la décision influente et ensuite on cherche la solution optimale de la décision dominée.
- Une relation mutuelle. Dans cette situation il y a une dépendance mutuelle des décisions. Une démarche indépendante ou une solution hiérarchisée ne garantissent pas d'amener à la solution optimale. Dans ce cas une démarche intégrée sera nécessaire pour trouver la solution optimale.

L'entreprise peut traiter ces trois décisions en utilisant :

- 1) Une démarche séparée. Selon cette approche chaque décision est prise à partir de critères qui lui sont propres. Autrement dit, le décideur ne considère pas les interactions entre les décisions.
- 2) Une démarche hiérarchisée (ou séquentielle). On commence par la décision que l'entreprise estime la plus importante, en ne retenant que des critères indépendants des autres décisions. La deuxième décision sera prise en considérant le choix retenu pour la première décision et évidemment sans tenir compte les critères qui nécessitent le résultat de la troisième décision. La dernière décision sera prise en considérant les choix retenus pour les deux premières décisions.

- 3) Une énumération complète des hiérarchisations possibles (6 hiérarchisations possibles dans le cas des trois décisions). On détermine la solution de chacune des hiérarchisations et on choisit la hiérarchisation qui donne la meilleure solution.
- 4) Une démarche hiérarchisée avec des aller-retour (cyclique), en commençant par une décision et en revenant sur cette décision si nécessaire.
- 5) Une démarche intégrée qui considère en même temps les trois décisions. Vu l'importance de ces décisions et leur influence sur la position concurrentielle de l'entreprise, tout effort pour améliorer le choix de l'entreprise sera important.

La première démarche ne propose généralement pas une solution optimale, car les décisions ne sont pas prises à partir de tous les critères. En effet dans cette démarche les critères dépendants ne sont pas pris en compte.

La deuxième démarche propose une solution meilleure que la première démarche, car on considère partiellement les critères dépendants. Mais la solution proposée par cette approche n'est pas toujours optimale car on ne considère pas la totalité des critères de décisions. Autrement dit la solution finale est le résultat d'une suite d'optimisations locales qui ne donnent pas toujours la solution optimale.

La troisième démarche examine un ensemble plus important de solutions possibles. Donc elle peut fournir une solution meilleure (en tout état de cause, pas plus mauvaise) que les deux premières approches.

La quatrième démarche, se situe entre une démarche intégrée et une démarche hiérarchisée. Cette démarche nécessite des règles de retour souvent très subjectives et difficiles à définir et à mettre en oeuvre. Cette démarche de manière générale, ne trouve pas la solution optimale.

En ajoutant la démarche intégrée, on obtient cinq façons différentes pour traiter les trois décisions (figure 3.1)

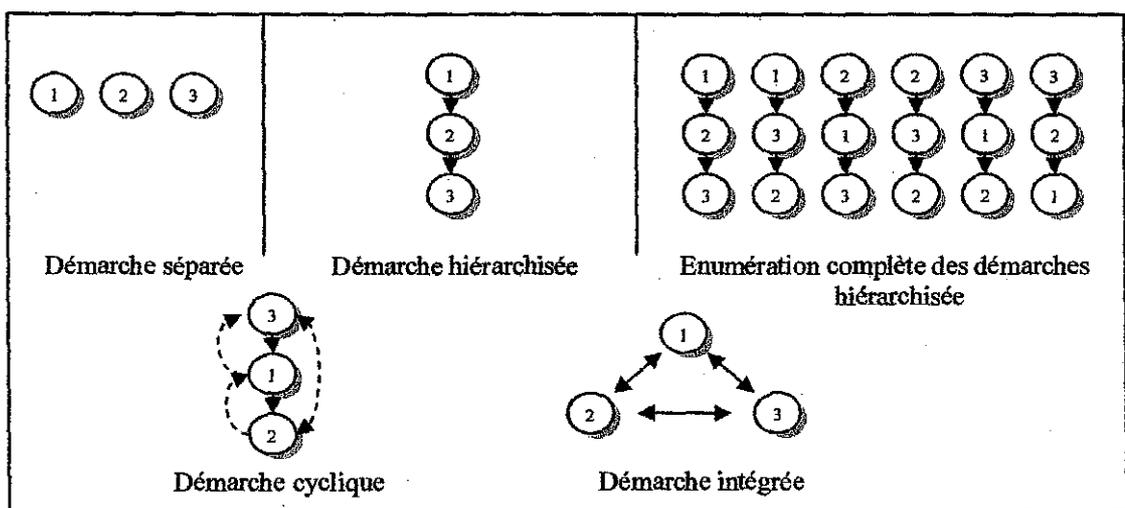


Figure 3.1 : les cinq démarches pour traiter les trois décisions

1.3. Revue de la littérature

Les travaux concernant les décisions stratégiques peuvent être classés en : 1- « travaux quantitatifs » 2- « travaux qualitatifs ». Les « travaux quantitatifs » sont ceux qui considèrent des critères objectifs. Ces travaux se basent plus particulièrement sur les méthodes de type Recherche Opérationnelle [Akbari Jokar, 2001].

Les travaux qualitatifs sont également divers. Ils considèrent d'une manière ou d'une autre des critères subjectifs. Il y a des travaux qui se basent sur la théorie multicritères et aussi des travaux plutôt explicatifs qui traitent ces décisions au niveau stratégique en appuyant sur les conséquences stratégiques de ces décisions.

Une autre façon de classer les travaux de la littérature est selon leur « vision ». Ces décisions sont abordées avec deux visions différentes. Une vision « court terme » ne considère que les facteurs et les critères opérationnels comme le coût et la qualité. Ces facteurs sont importants lors de la prise de décision mais une vision purement opérationnelle peut conduire l'entreprise vers une impasse à long terme. De son côté, une vision « long terme » s'intéresse aux facteurs et aux critères qui déterminent la viabilité à long terme de l'entreprise sur un marché concurrentiel. Aucune de ces deux visions seule ne peut être suffisante car la première peut diriger l'entreprise vers une impasse concurrentielle à long terme et l'autre peut proposer une solution impraticable en ne considérant pas les critères opérationnels.

2. Approches globales pour les décisions (planification) stratégique

2.1. Démarche globale pour la décision de « faire¹ » ou « faire-faire »

Dans une économie de production, les facteurs de compétitivité étaient avant tout les facteurs de coût. L'évolution actuelle se caractérise par l'émergence de nouveaux facteurs. Les entreprises doivent, conjointement à la réduction des coûts, mobiliser d'autres sources de compétitivité : qualité des produits et services offerts, délais de mise sur le marché, respect des délais de livraison, diversification de l'offre, efficacité des réseaux et des coopérations interentreprises, etc. C'est dans ce contexte concurrentiel nouveau que doit être pensée la question de l'externalisation. Il existe cinq catégories d'activités qu'il est possible d'externaliser. Ce sont [Giard, 2003] [Akbari Jokar, 2001] :

1. La conception (d'un composant ou d'un produit)
2. La fabrication
3. Le marketing
4. La logistique
5. Les activités de service : engineering, informatique, gestion de la paie, entretien des locaux, etc.

Une entreprise dispose de diverses possibilités pour se procurer les composants ou les processus nécessaires à la réalisation de ses produits et à leur distribution. De manière très générale, elle peut :

- 1) passer par une entreprise extérieure et indépendante (*faire-faire*).
- 2) où se procurer les composants ou les processus est de les réaliser en interne par ses propres moyens puis les distribués (*faire*)

Il y a trois concepts plus au moins liés au concept de faire ou faire-faire, qui sont : le métier (*business*), la stratégie de groupe (*corporate strategy*) et l'intégration verticale (*vertical integration*).

Le *métier* d'une entreprise est une combinaison de compétences qui, lorsqu'elles se trouvent réunies, constituent un métier bien déterminé [Sicard, 1997]. Le choix du (des) métier(s) de l'entreprise est la décision la plus stratégique de l'entreprise.

Une fois prise la décision sur le(s) métier(s) de l'entreprise, c'est la *stratégie de groupe* de l'entreprise qui détermine le(s) produit(s) à mettre sur le marché. C'est cette

¹ Production, fabrication ou assemblage.

stratégie de groupe qui conduit l'entreprise à s'engager dans tel ou tel secteur ou à se retirer de tel ou tel autre, afin de se constituer un portefeuille d'activités.

Lors de la définition de la stratégie de groupe, il n'est pas conseillé de s'éloigner de ses métiers. Mais avec le temps, pour diverses raisons, l'entreprise peut être conduite à accroître ou restreindre ses métiers initiaux. C'est une problématique d'*intégration verticale*.

2.1.1. Analyse des travaux existants

Dans cette partie quelques travaux importants de la littérature sont présentés : [Williamson, 1975], [Ford et al., 1986], [Barreyre, 1988], [Welch, 1992], [Rands, 1993], [Quinn et al., 1994], [King, 1994] [Padillo, 1996], [Perrotin, 1996]. Les travaux présentés tendent à glisser, avec le temps, de facteurs purement comptables vers des facteurs stratégiques [Akbari Jokar, 2001] [Bouchriha et al., 2001].

Williamson

La « Théorie des coûts de transaction » de Williamson [Williamson, 1975, 1979, 1981], repose sur l'analyse du *coût de transaction*. La théorie des coûts de transaction sépare les coûts de transaction en deux catégories principales : 1- Les coûts *ex ante* 2- les coûts *ex post*. Les coûts *ex ante* correspondent aux coûts liés à la recherche du futur partenaire et à l'élaboration du contrat. Les coûts *ex post* interviennent après signature du contrat. Il s'agit des coûts de renégociation, de modification du contrat, du règlement des litiges, des communications, du contrôle qualité, etc.

Un autre facteur évoqué par Williamson est *la fréquence de transaction* entre entreprise et fournisseur. D'une manière générale Williamson propose de faire un produit nécessitant un actif très spécifique¹ avec une fréquence élevée de transaction. Par contre, elle peut se procurer sur le marché un produit qui nécessite des actifs non spécifiques.

Plusieurs auteurs ont critiqué l'approche de Williamson. Le reproche principal, est qu'elle ne considère que le coût comme facteur principal de décision. En outre, elle ne considère pas d'autres aspects importants tels que l'aspect organisationnel et stratégique. Cependant, par rapport aux pratiques industrielles des années 70 et 80 où le coût des produits était le facteur de décision le plus important [Walker, 1984], l'approche de Williamson était une révolution importante car elle fait intervenir les coûts de transaction qui étaient le plus souvent négligés dans l'étape de décision.

Ford et Farmer

A la suite d'une étude réalisée au sein de 61 entreprises, [Ford et al., 1986] identifient trois grandes pratiques au sein des entreprises enquêtées : l'approche « opérationnelle » (*Operational/cost based approach*), l'approche « business » (*business approach*) et l'approche « politique » (*policy approach*).

L'approche opérationnelle est fondée sur une analyse des coûts opérationnels, par exemple les coûts de production et de transport. Dans l'approche business, la décision est prise par un comité de décision qui réunit des membres de différents services. La décision résulte d'un compromis tenant compte de l'intérêt des différents services, avec une vision plus globale de ses répercussions. L'approche politique repose sur une analyse des métiers de l'entreprise. D'après cette approche, l'entreprise doit garder en interne toutes les pièces en liaison avec ses compétences de base. [Ford et al., 1986] en concluent que la décision de faire ou faire-faire doit être conditionnée par trois facteurs. Qui sont : 1- « la compétence » de l'entreprise : l'entreprise doit garder les activités pour lesquelles elle dispose d'une compétence importante. 2- « le profit » à court et à long terme. Selon ce facteur, l'entreprise doit faire les activités qui

¹Un actif est spécifique lorsque sa valeur dans une utilisation alternative est plus faible que dans son utilisation présente.

engendrent les profits les plus grands. 3- la liaison avec la « stratégie future » de l'entreprise. L'entreprise doit protéger les technologies et les savoir-faire qui sont cruciaux pour la réussite de sa stratégie future.

Ce travail est un travail descriptif et non méthodologique. Par la suite il ne propose pas de méthode spécifique d'aide à la décision. En outre, le terme stratégique dans ce travail n'est pas clairement expliqué. Et surtout, il ne donne pas de moyen permettant de mesurer l'importance d'une activité par rapport à sa stratégie future.

Barreyre

[Barreyre, 1988] distingue deux approches de faire ou faire-faire : l'approche « fonctionnelle » et l'approche « stratégique ». Une approche « fonctionnelle » s'intéresse aux facteurs fonctionnels du produit en question comme le coût, la qualité, la disponibilité, la sécurité, la fiabilité, etc. L'approche stratégique s'intéresse aux facteurs stratégiques comme la flexibilité en volume, la pénétration sur le marché, la complexité de la technologie, l'expérience, le temps nécessaire pour développer des produits nouveaux, la capacité d'innovation, etc. Barreyre fait ressortir trois aspects importants à considérer lors de la décision de faire ou faire-faire. Ce sont :

1. Les conséquences financières : les effets à long terme de la décision sur la structure du bilan.
2. Les conséquences organisationnelles : les effets sur la structure organisationnelle et le management de l'entreprise.
3. Les conséquences stratégiques : la position de l'entreprise dans son environnement et les rapports de force sur le marché.

Ce travail est un travail descriptif et non méthodologique qui propose d'analyser le problème de faire ou faire-faire d'une manière systémique en considérant les différents aspects financiers, organisationnels et stratégiques. Ce travail a une vision stratégique et ne s'intéresse pas aux facteurs fonctionnels comme la qualité du produit ou le coût de production.

Welch

[Welch *et al.*, 1992] proposent trois facteurs à considérer lors d'une décision de faire ou faire-faire des activités de conception, R&D, fabrication, etc. Ce sont 1- l'importance concurrentielle de la technologie concernée. 2- « la maturité de la technologie » dans l'industrie. L'idée est de ne pas investir sur une technologie déjà développée et mature. Ce facteur a un lien important avec le premier facteur. Une technologie entrée dans sa phase de maturité est en attente de sa phase de déclin. Elle ne peut pas être une source de différenciation [Porter, 1980] et n'apporte donc pas une importance concurrentielle pour l'entreprise. 3- « la compétence » de l'entreprise vis-à-vis des concurrents.

Le travail de [Welch *et al.*, 1992] est un travail méthodologique et ils proposent une matrice à trois dimensions où chaque dimension représente un des trois facteurs susmentionnés. Ils proposent 6 réponses différentes suivant la place de l'activité étudiée par rapport aux facteurs de décision. Ce sont « l'achat », « l'achat partiel », « la production partielle », « la production », « le développement de relations avec les fournisseurs clés », « le développement de capacités en interne ».

Rands

[Rands, 1993] a étudié le problème de faire ou faire-faire dans le secteur du logiciel informatique. Selon lui la décision de faire ou faire-faire se pose dans deux contextes différents. Dans le premier contexte dit stratégique, l'entreprise fait le choix de faire ou faire

faire. Dans le deuxième contexte, la question est assez opérationnelle et repose sur la disponibilité ponctuelle des ressources. Si la capacité des ressources est saturée, l'entreprise privilégie le choix de faire-faire pour une nouvelle demande. Rands propose deux facteurs à partir desquels l'entreprise peut déterminer son choix de faire ou faire-faire. Le premier facteur est « l'importance stratégique » et le deuxième facteur est « la compétence » de l'entreprise vis-à-vis du meilleur fournisseur du marché. En considérant ces deux facteurs, l'approche propose trois types d'action : « faire-faire », « faire » ; ou « alliance stratégique » avec le fournisseur.

La méthode proposée par Rands repose sur une vision purement stratégique. Par la suite, il ne considère pas tous les facteurs qui interviennent aux différents niveaux de la décision de faire ou faire-faire. De plus il ne propose pas une définition précise de l'importance stratégique d'une activité et des modalités pour mesurer cette importance.

Quinn

[Quinn *et al.*, 1994] ont investi sur le concept de « compétences clés » (*core competency*) pour analyser le problème de faire ou faire-faire. D'après eux l'entreprise a intérêt à faire les activités qui correspondent à ses compétences clés. Pour les autres activités, ils proposent de décider à partir des trois facteurs : l'avantage concurrentiel futur qu'une activité peut engendrer, le risque et le coût de transaction.

King

D'après [King, 1994] l'entreprise doit faire les activités qui constituent les compétences clés (*core competency*) de l'entreprise. Les autres activités peuvent être l'objet d'un éventuel faire-faire.

Padillo

Le travail de [Padillo, 1996] est un travail méthodologique et non descriptif qui met l'accent sur l'importance de 4 facteurs principaux pour le choix de faire ou faire-faire. Qui sont : « la performance fonctionnelle » (les facteurs comme la qualité, la flexibilité, etc.), « la performance gestionnaire » (comme les relations inter et intra entreprise, la flexibilité de transaction), « la performance financière » (comme le coût de production, le coût d'investissement, etc.) et les « risques d'approvisionnement » (comme le risque de comportement opportuniste du fournisseur, le risque de diffusion de la technologie, etc.). Dans cette approche chacun des objectifs se décompose en plusieurs sous objectifs. L'importance de chacun des sous-objectifs varie évidemment d'une entreprise à l'autre.

Le travail ne propose pas une méthode qui puisse optimiser les facteurs susmentionnés. En plus, il a une vision systémique de la problématique de faire ou faire-faire en considérant différents facteurs fonctionnels, financiers et gestionnaires. Cependant, il manque les facteurs de choix stratégique relevés par d'autres auteurs comme l'importance stratégique de l'activité ou la compétence de l'entreprise.

Perrotin

Pour [Perrotin, 1996] il existe trois principaux facteurs qui déterminent le choix de faire ou faire-faire. Il s'agit : 1) du coût total de production 2) de la capacité disponible du site de production 3) des avantages concurrentiels. Il propose aussi un questionnaire dont les réponses permettent au décideur de connaître les pièces qui lui apportent un avantage concurrentiel. Ces questions reposent sur la position de l'entreprise sur le marché et les caractéristiques du marché. Pour chacun des facteurs, Perrotin propose une démarche séparée et non une démarche globale qui tienne compte de tous les facteurs.

Probert

[Probert, 1996] a proposé une approche de type systémique. Les étapes principales de son approche sont les suivantes :

1. connaître les stratégies de l'entreprise et ses facteurs clés de succès
2. connaître l'architecture des technologies de l'entreprise
3. évaluer les processus selon deux facteurs : a) la compétitivité de la technologie : performance des technologies par rapport aux autres entreprises utilisant la même technologie. En fait ce facteur reflète la compétence de l'entreprise b) l'importance de la technologie vis-à-vis des facteurs de succès de l'entreprise comme la qualité, le coût, etc.
4. considérer d'autres facteurs que la compétitivité et l'importance de la technologie, pour prendre la décision finale (Probert dans son article ne propose ni ces facteurs supplémentaires, ni une méthode pour traiter ces facteurs).

Un avantage de cette approche est sa vue systémique qui propose de tenir compte de la stratégie de l'entreprise dans le processus de prise de décision, ce qui manque dans la plupart des approches existantes, mais les modalités d'influence de la stratégie de l'entreprise sur ces décisions ne sont pas développées dans son travail. Probert insiste sur l'importance de faire intervenir différents acteurs dans le processus de prise la décision sans discuter des modalités de cette intervention.

Akbari Jokar

En analysant les approches existantes (précédentes), [Akbari Jokar, 2001] a pu déterminer les points qui doivent être pris en compte dans une approche globale et ainsi proposé un modèle :

1. Les facteurs de décision sont de niveaux très divers. Cela va des facteurs *critiques* comme « l'importance stratégique de la pièce » jusqu'à des facteurs plus opérationnels (critères de décision) comme « le coût de production ». Une approche globale doit être capable de tenir compte de ces différents facteurs, en les hiérarchisant et en les replaçant aux divers niveaux décisionnels.
2. Etant donnée que la stratégie concurrentielle de l'entreprise est la manière par laquelle l'entreprise envisage de l'emporter sur ses concurrents, une véritable approche d'aide à la décision doit considérer et introduire sa stratégie concurrentielle dans le processus de prise de décision.
3. Les critères de décision de faire ou faire-faire sont de nature objectifs et subjectifs. Une approche globale doit être capable de considérer ces deux types de facteurs.
4. Une approche pratique doit être capable de considérer non seulement les grandes orientations, mais aussi les contraintes de l'entreprise telles que : la capacité de production, le budget, le nombre maximum souhaité d'employés, etc.

Pour satisfaire la première et la deuxième exigence, Akbari Jokar a proposé une démarche à deux niveaux. Au premier niveau, il s'intéresse aux facteurs « *critiques*¹ » (les « compétences clés » et les « risques d'approvisionnement »). Ces facteurs critiques portent généralement sur la stratégie de l'entreprise et le niveau de risque sur le marché.

Pour satisfaire la troisième exigence (présence de critères subjectifs et objectifs) il retient le concept « d'utilité totale » : chacun des critères (subjectifs et objectifs) est traduit dans une échelle numérique (utilité). La décision qui maximise la somme totale des utilités (utilité totale), sera choisie.

¹ Un facteur critique de faire ou faire-faire est un facteur qui détermine les grandes orientations de l'entreprise dans son choix de faire ou faire-faire.

Concernant la quatrième exigence d'une approche globale, le modèle d'optimisation mathématique développé pour satisfaire la troisième exigence, peut évidemment considérer différentes contraintes tout en maximisant « l'utilité totale » (comme objectif).

Cette approche d'aide à la décision de faire ou faire-faire repose sur deux étapes décisionnelles. Dans une première étape il considère les facteurs critiques. A partir de cette première étape il établit son choix de faire ou faire-faire pour certaines pièces. La deuxième étape s'occupe des pièces pour lesquelles la première étape ne propose pas un choix définitif.

Et dans ce qui suit une représentation de la construction du modèle globale de faire faire présentée par Akbari Jokar.

2.1.2. Première étape de l'approche

Akbari Jokar juge qu'une compétence est une compétence clé si elle est « stratégiquement importante » et si l'entreprise possède une « compétence stratégique » pour la faire.

2.1.2.1. Concept de l'importance stratégique

Une compétence clé est une compétence qui apporte une *importance stratégique* pour l'entreprise. Autrement dit la réussite de la stratégie choisie par l'entreprise doit considérablement dépendre de cette compétence. Pour mesurer l'importance stratégique d'une « pièce », il faut s'interroger sur l'influence de cette pièce sur la stratégie retenue par l'entreprise vis-à-vis du produit principal. Par exemple, si la stratégie d'une entreprise pour un produit donné est la « domination par les coûts » et si la pièce concernée détermine une partie importante du coût du produit principal, l'importance stratégique de cette pièce sera élevée.

Pour mesurer l'importance stratégique des différentes pièces d'un produit, les étapes suivantes sont à suivre :

1. connaître la stratégie concurrentielle de l'entreprise
2. fixer les objectifs stratégiques
3. déterminer les poids OS_a des objectifs stratégiques (OS_a) (par la méthode AHP par exemple).
4. déterminer la note OP_{ai} de chaque pièce i vis-à-vis de chaque objectif stratégique.
5. déterminer la note de chaque pièce P_i comme suit :

$$P_i = \sum_a OS_a \times OP_{ai}$$

6. déterminer l'importance stratégique de chaque pièce (importance stratégique relative) comme suit :

$$IS_i = P_i / P_{max}$$

Où P_{max} est l'importance stratégique la plus importante parmi les pièces en question. IS_i vaut 1 pour la (les) pièce (s) la plus importante et est entre 0 et 1 pour les autres pièces en question suivant la valeur de P_i .

2.1.2.2. Concept de compétence stratégique

Un autre facteur pour déterminer une compétence clé est l'aptitude de l'entreprise à la réaliser d'une manière stratégique. Pour mesurer la compétence stratégique pour une pièce donnée, il faut d'abord connaître la stratégie de l'entreprise. A partir de cette stratégie, l'entreprise peut fixer quelques objectifs stratégiques et ensuite, il faudra déterminer le poids de chaque objectif (ce sont les mêmes poids que l'entreprise détermine pour mesurer l'importance stratégique).

La compétence est un facteur relatif et donc il faudra la mesurer par rapport à une référence donnée. Cette référence peut être le meilleur fournisseur alternatif sur le marché. De cette façon, la position de l'entreprise par rapport au marché peut être déterminée. Puisque

l'entreprise essaye de mesurer sa compétence *stratégique*, la référence (le meilleur fournisseur ou distributeur) doit être choisie parmi les fournisseurs ayant la même stratégie concurrentielle que l'entreprise.

La méthode A.H.P. [Saaty, 1980] peut à nouveau être utilisée pour déterminer la compétence de l'entreprise pour faire une pièce.

Les étapes nécessaires pour mesurer la compétence stratégique de l'entreprise peuvent être résumées, comme suit :

1. connaître la stratégie concurrentielle de l'entreprise
2. fixer les objectifs stratégiques OS_a
3. fixer les facteurs de compétence F_b
4. mesurer le poids F_{ab} des facteurs de compétence vis-à-vis de chaque objectif stratégique.
5. Comparer l'entreprise et le meilleur concurrent pour chaque pièce i vis-à-vis de chaque facteur de compétence b , et ce, pour chacun des objectifs stratégiques a . il y aura donc les notes OF_{aib} pour l'entreprise et les notes OF'_{aib} pour le concurrent. ($OF_{aib} + OF'_{aib} = 1$)
6. Mesurer la compétence stratégique C_i de l'entreprise pour la pièce i comme suit :

$$C_i = \sum_a \sum_b (OS_a)(F_{ab})(OF_{aib})$$

7. Mesurer la compétence stratégique C'_i du concurrent pour la pièce i comme suit :

$$C'_i = \sum_a \sum_b (OS_a)(F_{ab})(OF'_{aib})$$

Rappel : $C'_i + C_i = 1$

8. Mesurer la compétence stratégique relative de l'entreprise pour la pièce i :

$$CS_i = C_i / \max(C_i \text{ et } C'_i)$$

La compétence absolue donne une note de 1 au meilleur acteur (entreprise ou meilleur fournisseur ou distributeur alternatif qualifié) et associe une note entre 0 et 1 aux autres acteurs.

2.1.2.3. Risque d'approvisionnement

D'une manière générale, le risque d'approvisionnement regroupe les différents risques liés à l'externalisation. Par exemple le risque d'une rupture d'approvisionnement, le risque de diffusion de la technologie, etc. Un tel risque peut mettre en cause la viabilité et l'existence même de l'entreprise sur le marché et donc il mérite une grande attention lors de la prise de décision.

Le risque de diffusion de la technologie est important surtout pour les produits dont la fabrication (par fournisseurs) nécessite des informations importantes sur les caractéristiques confidentielles du produit. Si l'entreprise délivre ces informations à un fournisseur externe, il est possible que ces informations d'une manière ou une autre passent aux concurrents.

Quant au risque d'une rupture de l'approvisionnement de la part du marché de l'offre, on peut distinguer trois types de risque :

1. risque d'actifs spécifiques
2. risque monopoliste
3. risque d'instabilité

Quand une transaction nécessite des actifs spécifiques, un comportement post-contractuel opportuniste peut engager des pertes importantes pour l'autre partie. En effet dans le cas d'une rupture prématurée, l'entreprise doit trouver un autre fournisseur capable de lui livrer le produit en question. Dans une situation d'actifs spécifiques, le fait de trouver un autre fournisseur prêt à investir est très difficile (car la rupture prématurée de l'entreprise avec son ex-fournisseur rend prudents les nouveaux fournisseurs et peut engendrer des exigences très importantes de leur part) ce qui met en danger la viabilité de l'entreprise.

Le deuxième risque (le risque monopoliste) se manifeste dans une situation monopoliste ou quasi-monopoliste où le choix de l'entreprise est très limité alors que les fournisseurs possèdent un portefeuille client important.

Le troisième risque d'approvisionnement repose sur l'instabilité dans le marché de l'offre.

2.1.2.4. Classification des pièces suivant des facteurs critiques

A partir des trois facteurs critiques (importance stratégique, compétence stratégique et risque d'approvisionnement), Akbari Jokar a classé les différentes pièces dans une matrice Compétence-Importance stratégique et Risque (matrice CIR) comme dans la figure 3.2

Dans cette matrice nous avons 8 zones. Les quatre premières zones A1, B1, C1 et D1 sont des pièces qui n'amènent pas de risque important d'approvisionnement. Les quatre autres types sont des pièces qui apportent un risque d'approvisionnement important.

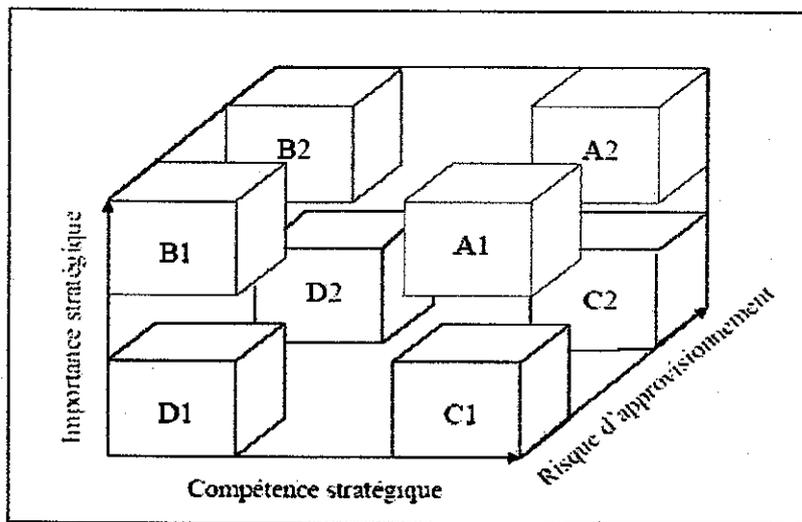


Figure 3.2 : matrice CIR (Compétence stratégique - Importance stratégique - Risque)

2.1.2.5. Les solutions « générales »

Les solutions générales pour chacune des 8 classes susmentionnées sont :

- **Classe des « pièces clés » :**

Ce sont des pièces qui appartiennent aux compétences clés de l'entreprise et donc sont stratégiquement importantes. L'entreprise a des compétences stratégiques nécessaires pour les faire. Les pièces de zone A1 et A2 sont dans cette catégorie. De manière générale une proposition de *faire* est entièrement légitime pour les pièces de cette catégorie, a fortiori pour les pièces de zone A2 qui sont l'objet de risques importants d'approvisionnement.

- **Classe des pièces « insignifiantes » :**

Ce sont les pièces de zones D1 et D2 pour lesquelles l'entreprise n'a pas de compétence stratégique et qui ne sont pas des pièces importantes par rapport à la stratégie de l'entreprise. De manière générale l'entreprise doit *faire-faire* ces pièces afin de concentrer ses forces sur les activités les plus importantes. Mais les pièces de zone D2 portent un risque d'approvisionnement important et ce risque peut poser des problèmes graves tels que la rupture éventuelle d'approvisionnement et des arrêts de production. Dans ce cas, l'entreprise a intérêt à faire ces pièces à condition qu'elle puisse réunir la compétence et les conditions

nécessaires pour les faire. Une *étude de faisabilité* montrera donc la possibilité de faire ces pièces. Cette étude repose plus particulièrement sur les paramètres techniques et financiers. Si le résultat de cette étude est positif, l'entreprise fera cette pièce risquée, si non elle la fera faire en acceptant les risques liés à cette décision.

- **Classe des pièces classiques :**

Ce sont les pièces des zones C1 et C2 qui ne sont pas des pièces importantes vis-à-vis de la stratégie concurrentielle de l'entreprise mais pour lesquelles l'entreprise a les compétences nécessaires pour fabriquer en respectant les exigences de la stratégie concurrentielle de l'entreprise. En ce qui concerne les pièces de la zone C2, au vu du niveau élevé de risque de cette zone d'une part et la compétence stratégique parfaite de l'entreprise, le choix de faire est légitime. Par contre, les pièces de la zone C1 ne sont ni des pièces clé, ni des pièces risquées. La décision sur ces pièces nécessite d'autres facteurs de décision de type opérationnel. Le modèle d'optimisation mathématique proposée sera utilisé pour trouver une solution pertinente pour ces pièces.

- **Classe des pièces attirantes :**

Ce sont des pièces ayant une importance stratégique mais que l'entreprise ne peut pas faire de manière concurrentielle. Les pièces des zones B1 et B2 sont dans cette catégorie. Pour les pièces risquées de cette catégorie (zone B2), une étude de faisabilité semblable à celle proposée pour les pièces risquées de classe insignifiante (zone D2) doit être faite. Comme pour les pièces D2, le résultat de cette étude amène à décider de faire ou faire-faire ces pièces risquées. Les pièces de la zone B1 sont des pièces importantes mais l'entreprise n'a pas la compétence stratégique pour les faire en interne. Comme les pièces de la zone C1 Akbari Jokar propose de décider sur ces pièces à partir d'autres facteurs de type opérationnel. Le modèle d'optimisation mathématique proposé dans la section suivante peut être utilisé pour trouver une solution pertinente. Avant d'introduire les pièces de la zone B1, une étude de faisabilité est nécessaire pour savoir si l'entreprise peut acquérir la compétence nécessaire dans des délais et coût acceptables. Si la réponse est non, l'entreprise doit naturellement les faire-faire.

A la suite de cette première analyse, une partition des pièces en trois groupes est obtenue :

1. Les pièces à faire (**groupe 1**)
2. Les pièces à faire-faire (**groupe 2**)
3. Les pièces nécessitant une poursuite d'analyse, qui se fera dans le paragraphe suivant (**groupe 3**)

2.1.3. Seconde étape de l'approche

En s'appuyant sur une démarche de type A.H.P, un groupe décisionnel détermine et pondère les critères opérationnels. Puis les experts compétents notent les pièces sur les critères retenus précédemment. Ainsi une mesure d'utilité de chaque pièce est déterminée. En final on obtient la fonction d'utilité à maximiser. Aussi les contraintes du problème et les contraintes du modèle sont listées.

2.1.3.1. Les critères opérationnels

Les critères opérationnels susceptibles d'être considérés dans ce deuxième niveau décisionnel sont nombreux. Ces critères reposent le plus souvent sur les caractéristiques de l'offre des fournisseurs potentiels et aussi les caractéristiques techniques ou organisationnelles de ces derniers. Ce sont :

- La qualité de produit
- Le coût de production / prix d'achat
- La qualité de livraison
- La flexibilité dans la fourniture des différentes versions des produits
- La réactivité à satisfaire rapidement les demandes non prévues
- Etc.

2.1.3.2. Modalités de calcul des valeurs d'utilité des pièces

Akbari Jokar propose d'utiliser la méthode AHP pour calculer les valeurs de u_i , mais en translatant l'échelle des valeurs. Dans la méthode, les valeurs u_i varient de 0 à 1. L'objectif est de déterminer les pièces à faire. Dans ce cas, une valeur de 0.8 pour u_i signifierait que l'utilité de faire la pièce « i » est de 0.8 et à contrario l'utilité de faire-faire cette pièce est de 0.2. Puisque la fonction objectif mesure l'utilité globale de faire la pièce, il a choisi de translater les valeurs u_i de -0,5. Ainsi une valeur négative signifie qu'il est préférable de faire-faire la pièce, une valeur positive de la faire en interne.

Puisque cette décision nécessite l'intervention de différents acteurs, Akbari Jokar propose d'utiliser « AHP groupé » [Golden *et al.*, 1989]. AHP Groupé est une méthode basée sur la méthode AHP classique mais qui permet l'intervention de différents décideurs dans le processus de prise de décision.

Modèle linéaire

Le modèle linéaire, proposé ici, prend en compte trois contraintes très présentes dans la littérature, et maximise l'utilité totale des critères de décision.

La première contrainte traduit l'investissement maximal de l'entreprise pour « faire » les pièces choisies. Si l'entreprise décide de « faire-faire » toutes ses pièces le montant d'investissement théoriquement sera de 0. En revanche le montant maximal d'investissement revient à l'entreprise qui décide de « faire » toutes ses pièces. En pratique l'entreprise fixe à priori un montant maximal d'investissement (I) selon son budget ou sa stratégie d'investissement.

« Faire » une pièce nécessite la présence d'une ou de plusieurs ressources comme les équipements, la main-d'oeuvre, etc. Normalement la capacité de ces ressources est limitée. La contrainte (2) traduit les capacités limitées des ressources. Par exemple, une des ressources importantes de l'entreprise est les ressources humaines. La stratégie de l'entreprise ou la préférence du management peut imposer un nombre maximal prédéterminé d'employés [Welch *et al.*, 1992] [Le Blanc, 1993].

La troisième contrainte traduit le pourcentage maximal fixé *a priori* de la valeur réalisée par l'extérieur. Pour différentes raisons (par exemple l'image de marque de l'entreprise [Padillo *et al.*, 1996] l'entreprise peut souhaiter limiter la part (en valeur) des pièces sous-traitées.

Ces trois contraintes sont des contraintes optionnelles. La présence de ces contraintes ou d'autres contraintes dans le modèle dépend de la politique de l'entreprise.

$$\text{Max. } U = \sum_i u_i \times X_i$$

Tel que :

$$\sum_i s_i \times X_i \leq I$$

$$\sum_i v_{ri} \times X_i \leq V_r \quad \forall r$$

$$\alpha \sum_i n_i p_i \times X_i \geq (1 - \alpha) \sum_i n_i p_i \times (1 - X_i)$$

$$X_i = 0 \text{ ou } 1$$

Les notations utilisées dans ce modèle sont les suivantes :

Indice :

i = pièce

r = ressource

Constantes :

u_i = utilité de « faire » la pièce i

n_i = quantité de la pièce i

s_i = investissement nécessaire pour produire la pièce i

I = investissement maximal souhaité

V_r = capacité maximale disponible de la ressource de type r ,

v_{ri} = capacité nécessaire de la ressource r pour réaliser la pièce i

α = paramètre donnant la proportion maximale de valeur que l'on accepte de « faire-faire »

$0 \leq \alpha \leq 1$

p_i = valeur du marché de la pièce i

Variable de décision

$X_i = 1$ si la pièce i est faite par l'entreprise, 0 si l'entreprise fait faire la pièce i .

Fonction objectif

La fonction objectif maximise l'utilité totale. Les u_i peuvent être calculées par la méthode AHP.

Facteurs spécifiques

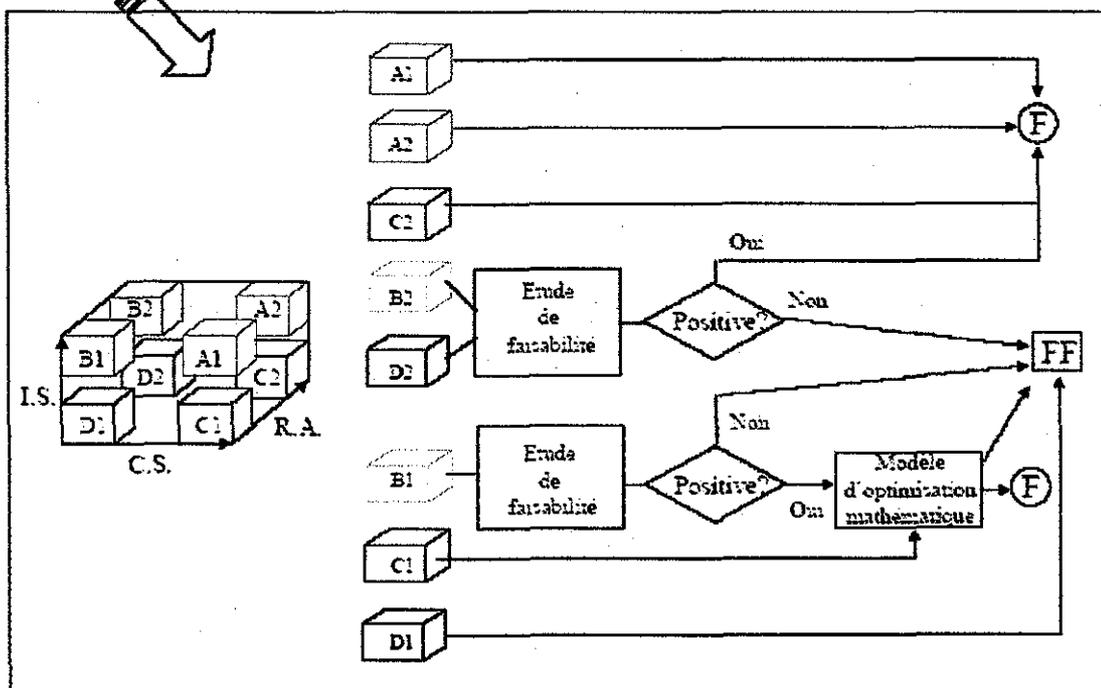


Figure 3.3 : la démarche à suivre pour une décision de faire ou faire-faire

[Akbari Jokar, 2001]

2.2. Démarche globale pour le choix des fournisseurs

Aujourd'hui certaines entreprises souhaitent avoir des relations étroites avec leurs fournisseurs d'où les concepts de partenariat, fournisseurs privilégiés, entente à long terme, etc. [Dyer *et al.*, 1998]. La gestion traditionnelle des relations client - fournisseurs qui encourageait la mise en concurrence des fournisseurs a fait place à de nouveaux modes d'arrangement basés sur la coopération entre fournisseur et entreprise dès la conception du produit. Ce mode de relation avec des fournisseurs privilégie les critères de sélection qui reposent plus particulièrement sur la capacité de coopération, de communication, de maîtrise et de coordination des flux plutôt que sur les éléments traditionnels de coûts, qualité, etc. [Halley, 2000].

2.2.1. Méthodes de choix des fournisseurs

2.2.1.1. Méthode d'élimination

Dans cette méthode à chaque niveau on élimine des fournisseurs qui ne satisfont pas la règle de choix. Dans une règle « Conjonctive » [Crow *et al.*, 1980], on élimine les fournisseurs dont la note vis-à-vis d'un critère est inférieure à la note minimale. Donc on choisit un des fournisseurs satisfaisant le niveau minimum de tous les critères. Dans une règle « Lexicographique » [Wright, 1975] au premier niveau on sélectionne le critère le plus important et ensuite on compare les fournisseurs vis-à-vis de ce critère. Si un fournisseur satisfait ce critère beaucoup mieux que les autres fournisseurs alors on le choisit, sinon on compare les fournisseurs vis-à-vis d'un deuxième critère, ...

2.2.1.2. Méthode d'optimisation

2.2.1.2.1. Sans contrainte

Dans cette méthode, on optimise une fonction objectif. Cette fonction objectif peut être constitué d'un seul critère de décision ou un ensemble de critères.

Dans la situation monocritère, le plus souvent on retient le coût comme le critère de décision. On calcule tous les coûts directs (comme le prix d'achat, le coût de transport, etc.) associés à un fournisseur et on choisit le fournisseur le moins cher [Timmerman, 1986]. Un nombre considérable d'entreprises choisissent pratiquement leurs fournisseurs à partir de cette méthode. Les entreprises qui optent pour une stratégie de « domination par les coûts » [Porter, 1980] sont susceptibles d'utiliser cette méthode.

Dans la situation multicritères, on apprécie chacun des critères par un poids. Ce poids montre l'importance relative du critère. Ensuite on cherche le fournisseur qui a la meilleure note par rapport à l'ensemble des critères pondérés.

Dans la méthode « poids identiques » [Busch, 1963] les poids des critères sont identiques et on associe Bien (+), Nul (0) ou Insatisfaisant (-) au fournisseur vis-à-vis de chaque critère.

A partir de cette comparaison une note totale est calculée pour chaque fournisseur. Dans la méthode A.H.P [Saaty, 1980], on détermine un poids à chaque critère par une méthode de comparaison binaire des critères. A partir de cette comparaison binaire on trouve le poids de chaque critère. La note de chaque fournisseur est calculée en comparant les fournisseurs par rapport à chaque critère. Certains chercheurs proposent la méthode AHP pour le choix de fournisseurs. Par exemple [Hoshyar *et al.*, 1992] a distingué dans son travail trois types de critères : critères critiques (ils sont indispensables pour un fournisseur), critères objectifs (monétaires) et critères subjectifs (qualitatifs). Pour les critères subjectifs, il a proposé la méthode A.H.P. proposée pour la première fois par [Narasimhan, 1983] pour la

décision du choix des fournisseurs. [Korpela *et al.*, 1996] et [Barbarosoglu *et al.*, 1997] ont proposé un DSS (Decision Support System) basé sur la méthode A.H.P.

2.2.1.2. Avec contraintes

Ces méthodes ont pour but de sélectionner un ou plusieurs fournisseurs qui maximisent une fonction objectif (critères de décision) tout en respectant des contraintes des fournisseurs ou du donneur d'ordre. La fonction objectif peut être Monocritère [Moore *et al.*, 1973] (souvent rencontré dans les modèles d'optimisation mathématique) ou Multicritères (« Goal Programming » ou « Multi Objective Programming »). [Weber *et al.*, 1991] dans son état de l'art, recense 10 articles qui utilisaient l'optimisation mathématique avec contraintes pour le choix d'un fournisseur. [Ghodsypour, 1998] présente sept autres articles publiés dans la période 1991-1998. Les méthodes utilisées sont : « Linear », « Mixed integer programming », « Multi objectives Programming », « Non linear programming ».

Les objectifs des ces modèles sont : la minimisation du coût total, la minimisation du nombre des pièces non conforme, la minimisation du nombre de livraison en retard ou de livraison en avance, la minimisation des commandes aux régions non stables (pour des raisons politiques ou financières), la minimisation de la distance (ou du temps) entre le fournisseur et le donneur d'ordre [Weber *et al.*, 1993], etc.

Les contraintes de ces méthodes sont : la capacité du fournisseur, la satisfaction de la demande, le seuil minimum de commande, le budget total d'approvisionnement, le nombre minimal ou maximal de fournisseurs, la préférence géographique [Weber *et al.*, 1993] etc.

2.2.1.3. Méthode probabiliste

Selon la méthode dite « Payoff Matrix » [Soukup, 1987], on définit plusieurs scénarios du comportement futur des fournisseurs. Dans chaque scénario on associe une note aux fournisseurs vis-à-vis des critères. Puis on calculera la note totale de chaque fournisseur et on choisit par exemple un fournisseur qui a une note stable selon différents scénarios.

La méthode dite « VPA » (Vendor Profile Analysis) [Ellram, 1990], prend une fonction probabiliste pour chaque fournisseur par rapport à chaque critère. Par simulation on peut estimer le comportement des fournisseurs.

2.2. Caractéristiques du problème de choix des fournisseurs

Les différentes caractéristiques du problème de choix des fournisseurs sont présentées ci-après [Akbari Jokar, 2001]. Une approche globale doit pouvoir considérer ces caractéristiques. Notons que la plupart des caractéristiques de ce problème sont de même nature que les caractéristiques du problème de « faire-faire ou faire » en particulier l'aspect stratégique et multicritères de ce problème.

2.2.1. Un choix stratégique

Le choix des fournisseurs est la décision la plus importante du système d'approvisionnement de l'entreprise [Nydyck *et al.*, 1992] [Mobolurin, 1995]. Cette décision influe le fonctionnement de différents services de l'entreprise d'une part et d'autre part la position concurrentielle de l'entreprise sur le marché. Il faut donc que cette décision soit tout à fait conforme à la stratégie que l'entreprise a décidé de mettre en place pour atteindre ses objectifs.

2.2.2. Multi - acteurs

Le choix des fournisseurs est un choix qui nécessite l'intervention des différents services de l'entreprise [Smytka *et al.*, 1993] et [Mobolurin, 1995], car cette décision se répercute sur plusieurs services de l'entreprise (production, transport, stockage, achat, etc.). En outre la

plupart des critères de décision sont subjectifs, c'est pourquoi cette décision doit découler du consensus d'un groupe de décideurs avec différents points de vue. Les membres de ce groupe doivent considérer l'intérêt de tous les services de l'entreprise, et donc le représentant de chaque service doit bien connaître les besoins des autres services de l'entreprise. Une discussion entre eux leur permet de mieux connaître les intérêts des différents services de l'entreprise.

2.2.2.3. Multicritères

La décision sur le choix des fournisseurs nécessite normalement de considérer un ensemble de critères de décision. Ces critères sont souvent contradictoires (comme par exemple la qualité du produit et le coût du produit). On cherche donc le(s) fournisseur(s) qui établit un meilleur compromis entre les critères.

2.2.2.4. Subjectivité

Un nombre important des critères de choix des fournisseurs est subjectif. En plus des critères subjectifs, les critères objectifs sont à considérer.

2.2.2.5. Autres caractéristiques

Le problème de choix des fournisseurs peut être multi-fournisseurs. Dans un problème Multi-fournisseurs on s'intéresse aux deux questions suivantes : quels fournisseurs choisir et combien faut-il commander à chacun ? Dans certains cas malgré la capacité d'un fournisseur à satisfaire les besoins du donneur d'ordre, l'entreprise préfère avoir plus d'un fournisseur.

2.2.3. Concept de « fournisseur stratégique »

Etant donnée que la stratégie concurrentielle de l'entreprise est la manière par laquelle l'entreprise envisage de l'emporter sur ses concurrents, les fournisseurs choisis doivent être parfaitement capable de satisfaire cette stratégie d'où le concept de « fournisseur stratégique ». Par exemple une entreprise ayant une stratégie de différenciation par le « délai de livraison » et qui se situe dans un marché avec une demande personnalisée et peu prévisible doit choisir bien évidemment un fournisseur qui peut livrer des pièces concernées dans un délai minimum. Pour cela le fournisseur doit avoir, par exemple, un système de communication électronique adapté à celui de l'entreprise pour qu'ils puissent passer les informations nécessaires et des commandes le plus vite possible et que son système de production soit « réactif ». Par contre, si la stratégie de l'entreprise est la domination par le coût elle doit chercher ses fournisseurs stratégiques dans une autre catégorie de fournisseurs qui proposent des produits moins chers et pas forcément avec une qualité excellente ou un délai de livraison court.

2.2.4. La démarche globale

Le tableau 3.1 montre les avantages et les inconvénients des méthodes actuelles. Le tableau 3.2 décrit le domaine d'application de chacune des méthodes existantes vis-à-vis des différentes problématiques de choix des fournisseurs. Une synthèse de la littérature nous montre les points suivants [Akbari Jokar, 2001].

Tableau 3.1 : les avantages et les Inconvénients des méthodes de choix des fournisseurs

| Méthode | Avantages | Inconvénients |
|--|---|--|
| Elimination | <ul style="list-style-type: none"> • Rapide • Simple à utiliser • Tient compte des critères subjectifs • Pas chère à mettre en œuvre | <ul style="list-style-type: none"> • Le choix final n'est pas fait à partir de la performance globale sur tous les critères • Pas de possibilité d'introduire des contraintes dans le modèle |
| Optimisation | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Sans contraintes | <ul style="list-style-type: none"> • Simple à utiliser • Tient compte des critères subjectifs • Pas chère à mettre en œuvre • Tient compte de tous les critères | <ul style="list-style-type: none"> • Dépend du jugement humain • Pas de possibilité d'introduire des contraintes dans le modèle |
| <ul style="list-style-type: none"> • Avec contraintes - Multi objectif | <ul style="list-style-type: none"> • Pas une seule solution • Possibilité d'introduire des contraintes dans le modèle | <ul style="list-style-type: none"> • Tient difficilement compte des critères subjectifs • Ne propose pas de solution optimale |
| <ul style="list-style-type: none"> - Mono objectif | <ul style="list-style-type: none"> • Propose une solution optimale • Possibilité d'introduire des contraintes dans le modèle | <ul style="list-style-type: none"> • Ne tient pas compte des critères subjectifs |
| Probabiliste | <ul style="list-style-type: none"> • Analyse le comportement incertain des fournisseurs | <ul style="list-style-type: none"> • Pas de solution optimale • Pas de possibilité d'introduire des contraintes |

Tableau 3.2 : les rapports entre les différentes problématiques et les méthodes de choix des fournisseurs

| Méthodes \ Problématique | Optimisation | | | | Probabiliste |
|--------------------------|--------------|-----|--------------|-----------|--------------|
| | Elimination | AHP | Orienté coût | Mono Obj. | |
| Seul critère | | | | # | |
| Multi critères | # | # | # | | # |
| Seul décideur | # | # | # | # | # |
| Multi décideur | | # | | | |
| Choix des fournisseurs | # | | | # | # |
| Ordre des fournisseurs | | # | # | | |
| Critères objectifs | # | # | # | # | # |
| Critères subjectifs | # | # | | | # |
| Seul fournisseur à ch. | # | # | # | | # |
| Multi fournisseur à ch. | | | | # | # |
| Sans contraintes | # | # | # | | # |
| Avec contraintes | | | | # | # |
| Certain | # | # | # | # | # |
| Incertain | | | | | # |

La figure 3.4 montre les différentes étapes de l'approche proposée par Akbari Jokar pour couvrir et remédier les différents aspects d'un problème de choix des fournisseurs.

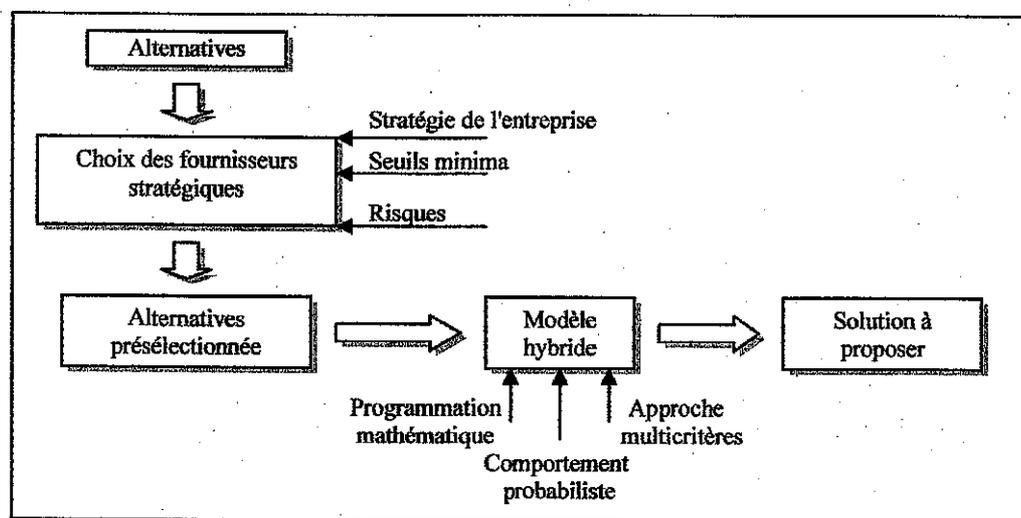


Figure 3.4 : l'approche globale pour le choix des fournisseurs
[Akbari Jokar, 2001]

Dans cette approche la décision est prise en deux étapes. A la première étape les fournisseurs stratégiques sont choisis et ce à partir de la stratégie de l'entreprise. Un autre paramètre à considérer à ce premier niveau est les seuils minima des critères. Ce sont les seuils minimaux que les fournisseurs doivent pouvoir respecter. Ne pas respecter ces seuils peut provoquer des conséquences intolérables sur la qualité de service ou d'autres contraintes ou objectifs de l'entreprise. Les fournisseurs choisis à cette première étape peuvent renforcer la stratégie de l'entreprise d'une part et d'autre part ils peuvent respecter les seuils minima de différents critères de choix des fournisseurs fixés par l'entreprise.

Une analyse de la sensibilité sur ces seuils minimaux peut aider le groupe à choisir un seuil convenable pour chaque critère. Dans ce cas là, les seuils sont considérés dans la deuxième étape de l'approche. A partir du modèle mathématique développé dans la deuxième étape de cette approche une analyse de sensibilité est réalisée.

Dans la deuxième étape de cette approche Akbari Jokar propose un modèle hybride pour sélectionner les meilleurs fournisseurs et la quantité à fournir par les fournisseurs sélectionnés X_j tout en considérant les contraintes des fournisseurs et donneurs d'ordre. Ce modèle a pour but de maximiser la fonction U qui est constituée des notes totales des fournisseurs. Cette note totale peut être déterminée à partir de tous les critères objectifs et subjectifs par une méthode de type AHP. AHP est une méthode largement utilisée pour différentes problématiques multicritères [Golden, 1989] [Arasti, 1999] notamment pour le problème du choix des fournisseurs [Narasimhan, 1983] [Hoshyar, 1992] et [Ghodsypour, 1998]. Comme déjà montré, cette décision nécessite l'intervention de différents acteurs, il propose donc d'utiliser AHP groupé » [Golden, 1989] pour déterminer les poids des critères de décision.

Le comportement d'un fournisseur par rapport aux critères de décision est probabiliste [Soukup, 1987] et [Ellram, 1990]. Il est donc difficile d'affecter une note fixe aux fournisseurs vis-à-vis des critères de décisions.

Une approche est d'estimer le comportement des fournisseurs avec trois scénarios : « optimiste », « pessimiste » et « le plus probable ». La fonction de loi β qui décrit une variable aléatoire à partir de ces données « optimiste », « pessimiste » et « plus probable » pourra aider l'équipe à décrire le comportement probabiliste du fournisseur dans le cas où le

groupe de décideurs ne posséderait pas les informations pertinentes sur les comportements probabilistes des fournisseurs. La fonction de loi β^1 est convenable pour de telles situations.

La structure du modèle mathématique est comme suit.

Les constantes :

n : le nombre de fournisseurs à choisir

d : la demande à satisfaire

u_{jc} : la note du fournisseur j vis à vis du critère c

u_j : La note totale du fournisseur j

$$u_j = \sum_c (\text{poids de critère } c) (u_{j_c})$$

$c_{j \min}$: la quantité minimale de commande au fournisseur j

$c_{j \max}$: la quantité maximale de commande au fournisseur j

α_j : pourcentage moyen des produits en retard du fournisseur j (à partir de la performance passée du fournisseur)

λ_j : pourcentage moyen de produits non conformes du fournisseur j (à partir de la performance passée du fournisseur)

γ_j : le coût d'approvisionnement (Prix + transport + ...) d'une unité de produit du fournisseur j

s_c : le seuil minimal du critère c

l : Le taux maximal toléré de produits en retard

q : Le taux maximal toléré de produits non conformes

p : Le coût maximal toléré pour fournir la demande.

Les variables de décision :

X_j : la quantité de produits à commander au fournisseur j

$Y_j=1$ si on choisit le fournisseur j , 0 si non.

Le modèle

$$\text{Max } U = \sum_j u_j X_j \quad (1)$$

Tel que :

$$\sum_j X_j = d \quad (2)$$

$$Y_j c_{j \min} \leq X_j \leq Y_j c_{j \max} \quad \forall j \quad (3)$$

$$\sum_j \alpha_j X_j \leq l.d \quad (4)$$

$$\sum_j \lambda_j X_j \leq q.d \quad (5)$$

$$\sum_j \gamma_j X_j \leq p \quad (6)$$

$$\sum_j Y_j = n \quad (7)$$

$$s_c Y_j \leq u_{jc} \quad \forall j, \forall c \quad (8)$$

$$X_j \geq 0 \quad \forall j \quad (9)$$

$$Y_j = 0 \text{ ou } 1 \quad \forall j \quad (10)$$

Dans ce modèle linéaire, l'objectif est de privilégier les fournisseurs ayant les meilleures notes. La note u_j de chaque fournisseur peut être constituée à partir de critères objectifs et subjectifs. Donc cette méthode de sélection prend en compte cet aspect important.

¹ Cette fonction est déjà largement utilisée par exemple pour déterminer la durée de temps d'une activité dans le domaine de l'ordonnement de projets.

La contrainte (2) assure que la quantité totale des pièces fournies est égale à la demande (d). La contrainte (3) permet de satisfaire la capacité maximum du fournisseur ($c_j \max$) et la quantité minimum de la commande ($c_j \min$). La contrainte (4) montre que la totalité des pièces en retard des fournisseurs ne doit pas dépasser un seuil maximal. Les contraintes (5) et (6) assurent les seuils maximaux pour les pièces non conformes et le coût (le prix + coût transport + ...) maximal que l'entreprise peut tolérer pour payer ses pièces. La contrainte (7) assure le nombre prédéterminé des fournisseurs. Les contraintes (4), (5), (6) et (7) sont facultatives. L'introduction de ces contraintes dépend du contexte du problème.

La contrainte (8) introduit les règles conjonctives dans le modèle. Ces règles sont utilisées dans les méthodes d'élimination conjonctive. Ce sont les seuils minimaux que les fournisseurs doivent pouvoir respecter. En mettant cette contrainte optionnelle dans le modèle, les décideurs peuvent mesurer l'influence de ces seuils minimaux sur la fonction objectif. Cette analyse de sensibilité leur permet de choisir des seuils minimaux logiques dans le modèle.

2.3. L'approche globale pour la localisation des sites¹

La localisation des diverses installations d'une entreprise est une décision stratégique [Owen *et al.*, 1998] et l'une des décisions opérationnelles et concurrentielles les plus critiques [Canel *et al.*, 1997] qui influe profondément sur ses activités logistiques. Cette décision se pose pour l'implantation des sites de stockage des matières premières et des produits semi-finis, les sites de production, les sites de stockage de produits finis, les centres de distribution, les centres de services après vente, etc.

Dans la littérature on trouve deux approches principales pour traiter ce type de décision [Akbari Jokar, 2000] :

- L'approche qualitative
- L'approche quantitative

Pour la première approche, la plupart des facteurs qui affectent une décision de localisation sont des facteurs subjectifs. Dans cette approche, on suit les étapes suivantes pour localiser un site : 1) trouver les critères de décision, 2) déterminer l'importance de chacun des critères, 3) préciser quels sont les sites possibles, 4) évaluer les différents sites pour choisir le site qui satisfasse au mieux les critères de décision.

Dans la deuxième approche, on ne considère que les critères objectifs qui peuvent, le plus souvent, se ramener à une dimension monétaire. La meilleure solution est celle qui est la moins coûteuse.

Les méthodes MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) sont les méthodes les plus souvent utilisées dans le cadre de la première approche (approche qualitative). Par contre les méthodes d'optimisation mathématique sont les méthodes les plus fréquentes pour traiter la deuxième approche (approche quantitative).

Le problème de localisation se pose aux trois niveaux : mondial, national et régional. En fait un problème de localisation nécessite une démarche hiérarchique. Au premier niveau, on choisit un des grands espaces économiques. Le résultat de cette étape est le choix d'un pays. Dans la deuxième étape, on choisit une des régions du pays. Le problème au troisième niveau est de choisir un terrain disponible dans la région choisie.

2.3.1. Les « facteurs critiques » de la localisation

Les facteurs critiques sont impérativement à considérer lors d'une décision de localisation. Une solution qui serait meilleure selon les critères de décision mais qui n'est pas pertinente

¹ Sites de production, d'assemblage ou de distribution

vis-à-vis des facteurs critiques, ne peut pas être retenue. C'est pourquoi il est important que le décideur examine d'abord les solutions potentielles par rapport à ces facteurs. Ces facteurs peuvent différer d'un cas industriel à l'autre mais les quatre critères donnés dans la figure 3.5 (les besoins du produit et de la production, les règlements gouvernementaux, la stratégie de l'entreprise, les risques) sont critiques pour la plupart des cas pratiques car ils influent grandement la fonction et la viabilité à long terme de l'entreprise.

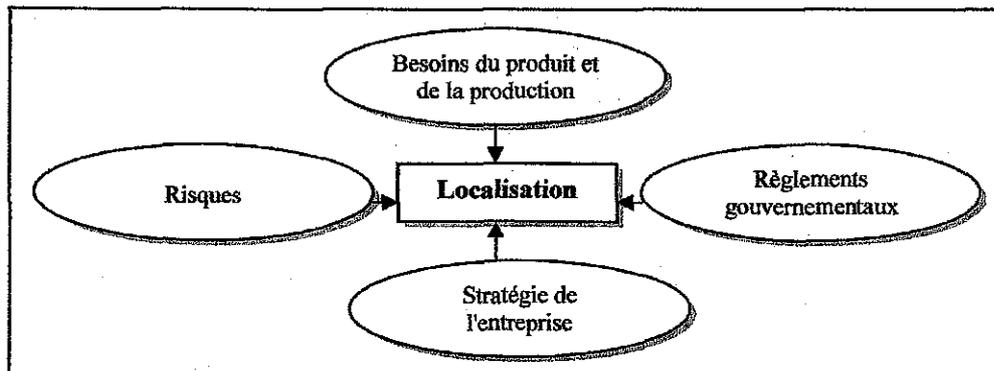


Figure 3.5 : quatre facteurs critiques pour la décision de localisation [Akbari Jokar, 2001]

Ces facteurs peuvent être retenus comme critère de décision ou traduit comme contrainte.

La littérature évoque plus ou moins les « règlements gouvernementaux », « les besoins du produit et de la production » et les « risques » mais l'influence de la stratégie de l'entreprise sur cette décision est rarement étudiée. Le premier facteur critique s'adresse aux besoins essentiels de l'entreprise. Ces besoins peuvent être classés dans deux catégories : 1) les besoins dus au produit et 2) les besoins de production. Les besoins dus au produit sont liés aux caractéristiques spécifiques du produit. Par exemple un produit très sensible à l'humidité ne peut pas être fabriqué dans des régions très humides. Les besoins de production sont liés à la technologie et au processus de fabrication. Par exemple la production d'électricité par une technologie hydraulique (barrage, centrale au fil, de l'eau) nécessite une quantité d'eau importante.

Les règlements gouvernementaux sont d'autres facteurs critiques à considérer. Les règlements peuvent aussi restreindre le choix à quelques régions spécifiques pour implanter une industrie spécifique, etc. Le gouvernement peut, par exemple, interdire ou pénaliser l'implantation de sites de production dans les zones protégées pour des raisons environnementales.

La stratégie concurrentielle de l'entreprise est un autre facteur critique à compter. La décision de localisation est une décision stratégique qui influe sur le succès de la stratégie retenue par l'entreprise. Il est donc essentiel que le choix de l'entreprise pour son site de production (ou autre) soit conforme à sa stratégie.

Le risque est un autre facteur critique. On distingue différents risques aux niveaux mondial, national et régional. Au niveau mondial l'instabilité politique du pays d'accueil, les risques de nationalisation ou de dévaluations fréquentes, la façon par laquelle les syndicats locaux résoudre les conflits, etc. Au niveau national le risque de conflit avec un pays voisin ou l'instabilité politique dans une région du pays, découragent les investisseurs de s'implanter dans les régions concernées. Les risques naturels comme les séismes, les inondations, etc. constituent une autre source de risque. Au niveau local, les risques d'inondation, la pollution de l'eau et de l'air (par exemple, le sens des vents dominants doit être considéré afin de ne pas polluer l'air des villes voisines), etc.

2.3.2. Critères de décision

Ces critères interviendront dans le cas où quelques alternatives seraient quasiment dans une situation d'égalité sur les facteurs critiques, ou bien lorsque les alternatives dépassent la note minimum requise par rapport aux facteurs critiques. Ces critères de décision peuvent être classés en trois catégories principales :

1. Coûts
2. Accessibilité
3. Synergie

Nous allons détailler ces trois principaux critères pour chacun des niveaux mondial, national et régional.

Niveau mondial

Coûts :

A ce niveau, l'entreprise cherche les zones dans lesquelles se trouve une main d'œuvre de qualité ou/et avec de bas salaires. Il est aussi nécessaire de considérer les autres coûts de production et de logistiques, comme les coûts des matières premières, d'énergie, de transport (vers les clients et fournisseurs). De plus, les systèmes de taxation, le régime douanier, les taux d'intérêt, la réglementation des changes, les possibilités de rapatriement des capitaux et des dividendes sont des facteurs importants à considérer.

Accessibilité :

- Marchés nouveaux : Le choix d'une nouvelle localisation est souvent déterminé par la recherche d'accès aux marchés nouveaux.
- Moyens de communication et de transport : la qualité des moyens de transport et de communication d'un pays est un facteur influant pour le choix de la localisation.
- Capital humain de qualité.
- Etc.

Synergie :

L'existence d'entreprises ou de centres de recherches qui peuvent faire l'objet d'une coopération pour leurs intérêts généraux.

Niveau national

Coûts :

Les coûts de production et de logistique peuvent varier d'une région à l'autre. De plus, le gouvernement ou les collectivités locales peuvent allouer certains avantages fiscaux et financiers à certaines régions dans le cadre de l'aménagement du territoire.

Accessibilité :

- Moyens de transport : qualité des moyens de transport de la région
- Capital humain
- Etc.

Synergie :

Existence d'entreprises ou de centres de recherches locales qui peuvent faire l'objet de coopérations.

Niveau local

Coûts :

Coût du terrain, coût de préparation du terrain, etc.

Accessibilité :

- Postes d'énergie (électricité, gaz, etc.)

- Moyen de transport (proche de l'autoroute, d'une station de train, etc.)
- Avantage urbain (proche d'une ville)
- Etc.

Synergie :

Le regroupement d'industries permet de résoudre les problèmes communs avec des coûts et des risques partagés. L'implantation de sites de production dans des zones industrielles d'un département est normalement plus avantageuse qu'une implantation sur un terrain isolé.

2.3.3. Modèles existants

2.3.3.1. Modèle MCDM

Les modèles MCDM visent à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte [Roy, 1993]. Puisqu'un problème de localisation a un caractère multicritères, ce type de modèle est souvent utilisé pour trouver une solution de localisation, par exemple, [Fortenberry *et al.*, 1985], [Urban, 1987] et [Golden, 1989]. Parmi les différentes méthodes MCDM existant dans la littérature, nous citons la méthode sur classement [Roy, 1968], la méthode de l'utilité multi-attribut [Fishburn, 1970] et la méthode AHP [Saaty, 1980].

2.3.3.2. Modèle d'optimisation mathématique

On peut trouver dans la littérature un nombre considérable de modèles de localisation, selon les hypothèses et les objectifs retenus.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour résoudre les problèmes globaux de la SC [Warapom, 2002] [Stadtler *et al.* 2000]. Par exemple, [Geoffrion *et al.*, 1974] ont proposés des algorithmes basés sur Benders Decomposition pour un problème multi-commodity single-period production-distribution, représenté comme un MIP [Vidal *et al.*, 1997]. D'autres méthodes ont inclus la "factorisation" dans [Brown *et al.*, 1994], la benders decomposition modifié dans [Cohen *et al.*, 1991], decomposition with goal constraints dans [Brown *et al.*, 1987], linear programming solution fixing binary variables par [Cohen *et al.*, 1989], et plusieurs heuristique de ce type par [Amini *et al.*, 1995], [Cohen *et al.*, 1989], et [Lakhali *et al.*, 2001].

Le tableau 3.3 récapitule les publications des modèles de SC pour un seul pays et le tableau 3.4 récapitule les publications pour les modèles globaux. Les tableaux sont une mise à jour et une prolongation des tableaux des modèles stratégiques pour la conception des systèmes internes et globaux de SC donnés en [Vidal *et al.*, 2001].

Tableau 3.3 : Les principales caractéristiques des modèles stratégique MIP de production-distribution

| Caractéristiques des modèles | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Particularités stochastiques | | | | | | | | |
| ▪ Besoins en matériaux | | | | | | | | |
| ▪ Délai d'approvisionnement en matériel | | | | | | | | |
| ▪ Demandes des produits et des pièces | | | | | | | | |
| ▪ Temps de transport | | | | | | | | |
| ▪ Taux de change | | | | | X | | | |
| ▪ Fiabilité des fournisseurs | | | | | | | | |
| Caractéristiques dynamiques | | | | | | | | |
| ▪ Modèle statique (une période) | X | X | X | X | | X | | X |
| ▪ Modèle Multi-période | | | | | X | | X | X |

| | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| ▪ Une demande dynamique | | | | | | | | |
| Statut des installations | | | | | | | | |
| ▪ Nombre d'installations, rang et localisation (optimisation des flux) | | | | X | | X | | X |
| ▪ localisation fixe des d'installations (localisation discret) | X | X | X | | X | | X | X |
| ▪ localisation continue des installations | | | | | | | | |
| Capacités | | | | | | | | |
| ▪ Capacité de production aux usines | X | X | X | X | X | X | X | X |
| ▪ Capacité d'approvisionnement des fournisseurs | | | | X | X | X | | X |
| ▪ Capacité de canal de transport | | | | | | | | X |
| ▪ Capacités du centre de distribution (DC) | X | X | | | | | X | X |
| ▪ capacité des lignes de fabrication | | | | | | | | X |
| ▪ D'autres capacités | | | X | | | | | |
| Modèle multi-produit | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Mono-Sourcing | | | | | | | | |
| ▪ Clients depuis le DC | X | | | | | | | X |
| ▪ Clients par produit | | X | | | | | | X |
| ▪ DC par produit | | | | | | | | X |
| ▪ Usines depuis les fournisseurs | | | | | | | | X |
| Fonction objectif | | | | | | | | |
| ▪ Minimisation des coûts | X | X | X | | | X | X | X |
| ▪ Maximisation du profit | | X | | X | X | | | |
| ▪ fonction Multi-objectif | | | | | | | | |
| Consideration des Coûts non-linéaires | | | | | | | | |
| ▪ Coûts non-linéaires du DC | X | X | | | | | | |
| ▪ Coûts de production concaves | | | | | | X | | |
| ▪ Coûts non-linéaires de transport | | | | | | | | |
| ▪ Prix d'achat non-linéaires | | | | | | | | |
| Nombre d'échelons | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | N/C | N/C |
| Inclusion des Coûts fixes | | | | | | | | |
| ▪ Coûts de production fixes | | | X | X | X | X | X | |
| ▪ Coûts fixes des installations | X | X | X | X | | | | X |
| ▪ Coûts fixes de fournisseur | | | | X | X | | | X |
| ▪ Coûts fixes de canal de transport | | | | | | | | |
| ▪ Les coûts des lignes de fabrication | | | | | | | X | X |
| Contraintes latérales incluses | | | | | | | | |
| ▪ Nomenclatures | | | | X | X | X | X | |
| ▪ Limites sur le N° des installations ouvertes | X | X | X | | | | | X |
| ▪ D'autres contraintes latérales | | | X | | | X | | |
| Particularités de service à la clientèle | | | | | | | | |
| ▪ Satisfaction de la demande du client | X | X | X | X | X | X | X | X |
| ▪ Temps maximum (distance) pour servir le client | X | | | | | | | X |
| ▪ % des ordres satisfaits du stock en main | | | | | | | | |
| Caractéristiques de l'inventaire | | | | | | | | |
| ▪ Inventaire de pipeline | | X | | | | | X | X |
| ▪ Inventaire cyclique dans les installations | | | | | | | X | X |
| ▪ Stock de sécurité : | | | | | | | | |
| ○ Proportionnel à la sortie | | | | | | | | |
| ○ Stochastique (niveau de service) | | | | | | | | |
| Propriétés internationales | | | | | | | | |
| ▪ Impôts et taxes | | | | X | X | | X | |
| ▪ Conditions de compensation | | | | X | | | X | |

| | | | | | | | | | |
|---|------|-------|-------|------|-----|-----|------|------|---|
| ▪ Contenu local | | | | | | X | | X | |
| Méthodes de solution appliquées | | | | | | | | | |
| ▪ Benders decomposition | X | X | | | | | | | X |
| ▪ Decomposition with goal constraints | | | | X | | | | | |
| ▪ A variant of Benders decomposition | | | | | | | X | | X |
| ▪ Factorisation | | | | | | | | X | |
| ▪ Méthode heuristique | | | | | | X | | | |
| ▪ Solutionneur commercial de MIP | | | | | | | | | X |
| ▪ LP solution by fixing binary variable | | | | | | X | | | |
| 0-1 variables et TEMPS CPU | | | | | | | | | |
| ▪ Nombre maximum de variables 0-1 | 513 | N/C | N/C | N/C | N/C | 60 | (1) | 102 | |
| ▪ Nombre maximum de contraintes | 8441 | N/C | 19841 | 3000 | N/C | N/C | 6000 | 1000 | |
| ▪ Temps informatique (CPU sec.) | 191 | ±1800 | 64 | N/C | N/C | 58 | ± 60 | 154 | |

N/C : pas clairement indiqué dans le papier ou non applicable

Références

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| (1) Goeffrion et Graves (1974) | (5) Cohen et al. (1989) |
| (2) Goeffrion et al. (1978) | (6) Cohen et Moon (1991) |
| (3) Brown et al. (1987) | (7) Arntzen et al. (1995) |
| (4) Cohen et lee (1989) | (8) Dogan et Goetschalckx (1999) |

Tableau 3.4 : Les principales publications des modèles de SC globales

| publication internationale | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Caractéristiques stochastiques | | | | | | | |
| ▪ Fluctuation de taux de change | X | X | | X | | X | |
| ▪ La fiabilité des fournisseurs | | | | | | X | |
| ▪ Fiabilité des canaux de transport | | | | | | | |
| ▪ Délais d'exécution | | | | | X | | |
| ▪ Coûts fixé par une localisation stochastique | X | | | | | | |
| ▪ Une demande stochastique | | | | X | | | |
| ▪ Incertitude des prix du marché | X | X | | X | | | |
| ▪ environnement politique | | | | | | | |
| ▪ niveau stochastique de service à la clientèle | | | | | | | |
| impôts et taxes | | | | | | | |
| ▪ Impôts et taxes | X | X | X | X | X | X | X |
| ▪ Modélisation des émissions de rapatriement de bénéfice | | | | | | | X |
| ▪ Importunité d'exercice et allègements tarifaires | | | | | X | | |
| ▪ modélisation des prix de transfert | | X | X | | | | X |
| Facteurs généraux | | | | | | | |
| ▪ Choix de la technologie de fabrication | | | | | X | | |
| ▪ Différentiation de produit par pays | | | | | | | X |
| ▪ Nomenclatures (BOM contraintes) | | X | X | | X | X | X |
| ▪ Impact des économies d'échelle | X | X | | | | | |
| ▪ Détermination de la capacité excessive | | | | | | | |
| ▪ Décisions financières | X | | | X | | | X |
| ▪ Modélisation d'infrastructure | | | X | | | | |
| ▪ Modélisation du Cash flow | | | | X | | | X |
| ▪ Modélisation des flux d'information | | | | | | | |
| ▪ Coordination de la SC globale | | | | X | | | |
| ▪ Modélisation des actions des concurrents | | | | X | | | X |
| ▪ Modélisation des alliances | | | | | | | |
| Entraves aux échanges commerciaux | | | | | | | |
| ▪ Quotas | X | | | | | | |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| ▪ contenu (environnement) local | X | X |
| ▪ Conditions de compensation | | X |
| ▪ subventions | X | |

Références

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| (1) Hodder et Dincer (1986) | (5) Arntzen et al. (1995) |
| (2) Cohen et al. (1989) | (6) Vidal et Goetschalckx (2000) |
| (3) Cohen et lee (1989) | (7) Vidal et Goetschalckx (2001) |
| (4) Cohen et Kleindorfer (1993) | |

Les principaux modèles de base sont présentés ci-après – déterministes [Akbari Jokar, 2001]. On peut trouver des extensions stochastiques et dynamiques de ces modèles dans la littérature (tableau 3.3).

P Median problem :

Dans ce modèle on essaye de trouver P places pour P sites en minimisant les distances entre l'entreprise et les points de demandes [Hakimi, 1964]. La représentation mathématique de ce modèle est la suivante :

Les indices et les constantes :

t = index des clients

k = les places alternatives pour l'installation des sites.

h_t = la quantité demandée par le client t

d_{tk} = distance entre le client t et la place k

P = le nombre de sites à installer

Les variables de décision :

$X_k = 1$ Si on retient la place k, 0 Si non

$Y_{tk} = 1$ Si la demande du client t est servie par la place k, 0 Si non

Modèle :

$$\text{Minimiser } \sum_t \sum_k h_t d_{tk} Y_{tk}$$

Tel que :

$$\sum_k X_k = P$$

$$\sum_k Y_{tk} = 1, \forall t$$

$$Y_{tk} - X_k \leq 0, \forall t, k$$

$$Y_{tk} = 0 \text{ ou } 1$$

$$X_k = 0 \text{ ou } 1$$

Set covering problem

L'objectif de ce modèle est de minimiser les coûts d'installation à condition qu'un niveau spécifique de couverture soit atteint. Une demande est *couverte* si l'entreprise peut la servir dans un délai donné.

Le modèle mathématique de ce problème est le suivant :

Les indices et les constantes :

En plus des notations déjà définies, nous avons :

c_k = le coût fixe d'installation d'un site sur la place k

N_t = l'ensemble des places qui peuvent desservir le client t.

Alors le modèle est le suivant :

$$\text{Minimiser } \sum_k c_k X_k$$

Tel que :

$$\sum_k X_k \geq 1 \quad k \in N_t, \quad \forall t$$

$$X_k = 0 \text{ ou } 1 \quad \forall k$$

Maximal covering problem

Dans ce modèle on essaye de maximiser le nombre des clients qui peuvent être desservis par P sites.

En plus des notations déjà définies, nous avons :

$Z_t = 1$, Si le client t est couvert, 0 Si non

d_t = la demande du client t

Le modèle mathématique de ce problème est le suivant :

$$\text{Maximiser } \sum_t d_t Z_t$$

Tel que :

$$Z_t \leq \sum_k X_k \quad k \in N_t, \quad \forall t$$

$$\sum_k X_k \leq P$$

$$X_k = 0 \text{ ou } 1, \quad \forall k$$

$$Z_t = 0 \text{ ou } 1, \quad \forall t$$

Center problem

L'objectif de ce modèle est de minimiser le maximum (Minmax) des distances entre sites et clients. Le modèle mathématique de ce problème est le suivant :

$$\text{Minimiser } D$$

Tel que :

$$\sum_k X_k = P$$

$$\sum_k Y_{tk} = 1, \quad \forall t$$

$$Y_{tk} - X_k \leq 0, \quad \forall t, k$$

$$D \geq \sum_k d_{tk} Y_{tk}, \quad \forall t$$

$$X_k = 0 \text{ ou } 1, \quad \forall k$$

$$Y_{tk} = 0 \text{ ou } 1, \quad \forall t, k$$

2.3.4. La démarche globale

Le problème de localisation est un problème qui fait intervenir différents critères subjectifs et objectifs.

Pour combler ce manque de la littérature, Akbari Jokar propose la méthode suivante qui utilise un modèle d'optimisation mathématique tout en bénéficiant des avantages des méthodes MCDM. Pour cela, il considère indirectement les critères subjectifs dans la fonction objectif d'un modèle d'optimisation mathématique. Ce modèle a pour but de maximiser une fonction U qui est basée sur les notes totales des fournisseurs. Cette note totale est déterminée à partir de tous les critères objectifs et subjectifs (avantage des méthodes MCDM). La fonction est maximisée sous respect des contraintes de l'entreprise (avantage des méthodes d'optimisation mathématique). De plus, grâce à ce modèle mathématique le décideur peut trouver la meilleure solution parmi un nombre très élevé de solution (avantage des méthodes d'optimisation mathématique). Pour déterminer les poids des critères et la note de chaque fournisseur, il utilise la méthode AHP groupé [Saaty, 1980] [Golden, 1989] qui est une

méthode largement utilisée pour différentes problématiques multicritères [Golden, 1989] [Arasti, 1999]. La structure générale de ce modèle mathématique est la suivante :

Indice :

p = l'unité de production (ou de distribution)

k = le site alternatif où implanter une unité de production (ou de distribution)

Constantes :

u_{pk} = l'utilité obtenue en implantant l'unité de production¹ p sur site k

Variable de décision :

$X_{pk} = 1$, si l'unité p est implantée sur site k ; sinon 0

Modèle :

$$\text{Max. } U = \sum_p \sum_k u_{pk} X_{pk}$$

Tel que :

$$\sum_k X_{pk} = 1 \quad \forall p$$

$$\sum_p X_{pk} \leq 1 \quad \forall k$$

$$X_{pk} = 0 \text{ ou } 1$$

Ce modèle trouve une solution qui maximise l'utilité totale et il affecte à chaque unité de production un seul site (première contrainte) et il y a au plus une unité de production par site (deuxième contrainte).

Ce modèle est un modèle de base et il ne prend pas toutes les contraintes éventuelles qu'une entreprise donnée peut avoir. En effet chaque cas a sa propre spécificité. Le cas échéant, on peut ajouter à ce modèle d'autres contraintes comme le coût total d'implantation, etc.

La figure 3.6 montre la démarche globale [Akbari Jokar, 2001] proposée pour la décision de localisation.

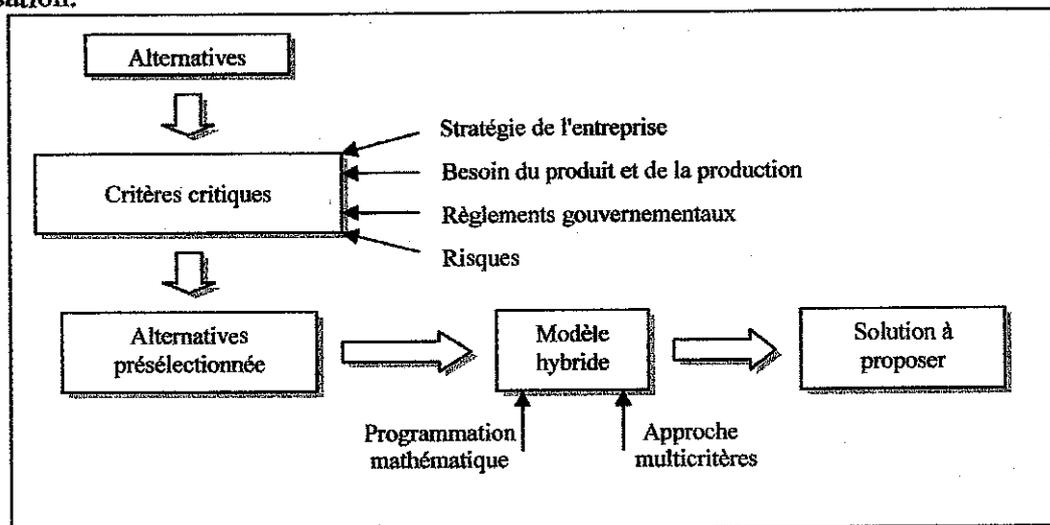


Figure 3.6 : la démarche globale pour la décision de localisation

La démarche proposée repose sur deux étapes. Dans la première étape, on présélectionne des alternatives qui sont admissibles vis-à-vis des facteurs critiques. Autrement dit, chaque alternative doit avoir une note minimale vis-à-vis de chacun des facteurs critiques. Cette présélection diminue donc le nombre des alternatives à considérer par la suite dans le modèle

¹ Ou de distribution...etc.

hybride. Ceci diminue considérablement d'une part, le temps et le coût nécessaire pour déterminer les paramètres du modèle hybride et d'autre part le temps de résolution du modèle. Dans la seconde étape, les alternatives présélectionnées seront analysées à partir des critères de décision. Les facteurs critiques peuvent intervenir de nouveau dans ce modèle hybride mais cette fois-ci au même titre que les critères ordinaires (autrement dit on cherche cette fois-ci un compromis entre tous les critères). Ce modèle hybride proposera les solutions optimales aux décideurs afin de les aider dans leur processus de prise de décision.

3. Démarche intégrée pour la planification stratégique d'une SC

Les sections précédentes ont données lieu à une démarche globale pour chacune des décisions. Ces démarches globales peuvent être utilisées dans le cas où uniquement une des décisions se pose pour l'entreprise. Ces démarches globales peuvent aussi être utilisées dans le cas où plusieurs décisions se posent simultanément mais où l'entreprise, pour une raison ou une autre, souhaite suivre une approche hiérarchisée.

Puisque ces décisions peuvent se poser simultanément et qu'il y a des interactions entre ces décisions, une approche intégrée peut proposer des solutions plus pertinentes qu'une approche séparée ou hiérarchisée.

Le terme « intégration » signifie : regrouper diverses entités ayant des interactions directes ou indirectes dans un ensemble unique afin de traiter cet ensemble au lieu de traiter séparément chaque entité.

Dans ce contexte décisionnelle il existe trois types d'intégration : l'intégration des décisions opérationnelle, l'intégration des décisions tactiques et l'intégration des décisions stratégiques. De plus on peut trouver quelques travaux qui s'intéressent à intégrer plusieurs décisions de deux niveaux décisionnels différents. Par exemple le travail de [Hanson, 1994] qui s'intéresse à intégrer la décision de localisation (une décision stratégique) et la décision de choix d'itinéraires (une décision opérationnelle).

Les travaux de la littérature les plus importants concernant l'intégration des décisions stratégiques sont comme suit :

- [Brown et al., 1987] présentent un modèle de programmation en nombres entier mixte (*Mixed Integer Programming*) pour déterminer à la fois : l'ouverture ou la fermeture d'usines, l'allocation d'équipements aux usines et l'allocation de la production des usines aux clients. Ce travail englobe la décision stratégique de localisation et deux autres décisions tactiques.
- [Verter et al., 1992] listent un ensemble de travaux concernant les trois décisions suivantes : localisation d'usines, leurs capacités et leurs technologies. En analysant très rapidement les interactions entre ces décisions, ils concluent qu'un traitement séparé de ces décisions ne peut pas être justifié du fait des interactions existantes. Ils affirment qu'il est important de développer des théories nécessaires pour traiter ces décisions de manière intégrée.
- [Perl et al., 1988] analysent des interrelations entre décisions liées au système de transport, au système de stockage et à la localisation des sites de stockage. Ils affirment qu'un traitement séparé de ces décisions donne une solution sous – optimale. Ils proposent un modèle mathématique pour traiter ces décisions de manière intégrée.
- A la suite du travail de [Perl et al., 1988], [Goetschalckx et al., 1994] considèrent trois décisions liées à la conception d'un système logistique : 1- la décision de faire ou faire-faire et l'allocation des produits aux différents sites de production, 2- le nombre et la localisation des sites de stockage, 3- l'allocation des clients aux sites de stockage et le mode de transport. [Goetschalckx et al., 1994] confirment que ces décisions sont traditionnellement traitées de manière hiérarchique, commençant par la première décision

et finissant par la troisième. Ils proposent de traiter ces décisions de manière intégrée dans un seul modèle. Ils proposent un modèle (Integrated Logistics Model) de programmation en nombres entiers mixte qui rassemble les décisions.

- [Artzen et al., 1995] présentent leur travail réalisé pour *Digital Equipment Corporation*. Ils développent un modèle de programmation mixte en nombres entiers qui apporte une réponse pour les décisions suivantes : volume de production de chaque produit dans chacun des sites de production, niveau de stock dans chaque site de stockage, mode de transport, allocation des sites de stockage aux sites de production, allocation des sites de stockage aux sites de clients, ouverture ou fermeture des sites de production et de stockage, etc.

Tous les modèles présentés sont mono-critère et ils minimisent le coût logistique. Comme on peut le constater, la plupart des travaux existants sont de type Recherche Opérationnelle. En effet ces modèles sont très pertinents pour l'intégration décisionnelle. Mais ils ont quelques inconvénients majeurs qui sont :

1. Les travaux existants s'intéressent à intégrer plusieurs décisions stratégiques et tactiques mais aucun ne traite plusieurs décisions stratégiques en même temps.
2. Les caractéristiques les plus importantes des décisions stratégiques d'une SC sont : caractère multicritères, subjectivité, complexité des interactions entre décisions, interaction avec l'environnement économique de l'entreprise, caractère multi disciplinaires, et dont la plus importante et la concordance avec la stratégie de l'entreprise.

Selon [Akbari Jokar, 2001] une démarche pertinente doit considérer ces caractéristiques.

3.1. Analyse des relations inter – décisionnelles

Cette section présente les interactions entre les trois décisions [Akbari Jokar, 2001] : « localisation des sites », « choix des fournisseurs » et « faire ou faire-faire ». Cette analyse nous aide à mieux comprendre les dynamiques des relations entre ces décisions. Cette connaissance est essentielle pour développer une démarche intégrée d'aide à la décision,

3.1.1. Analyse d'impact des trois décisions

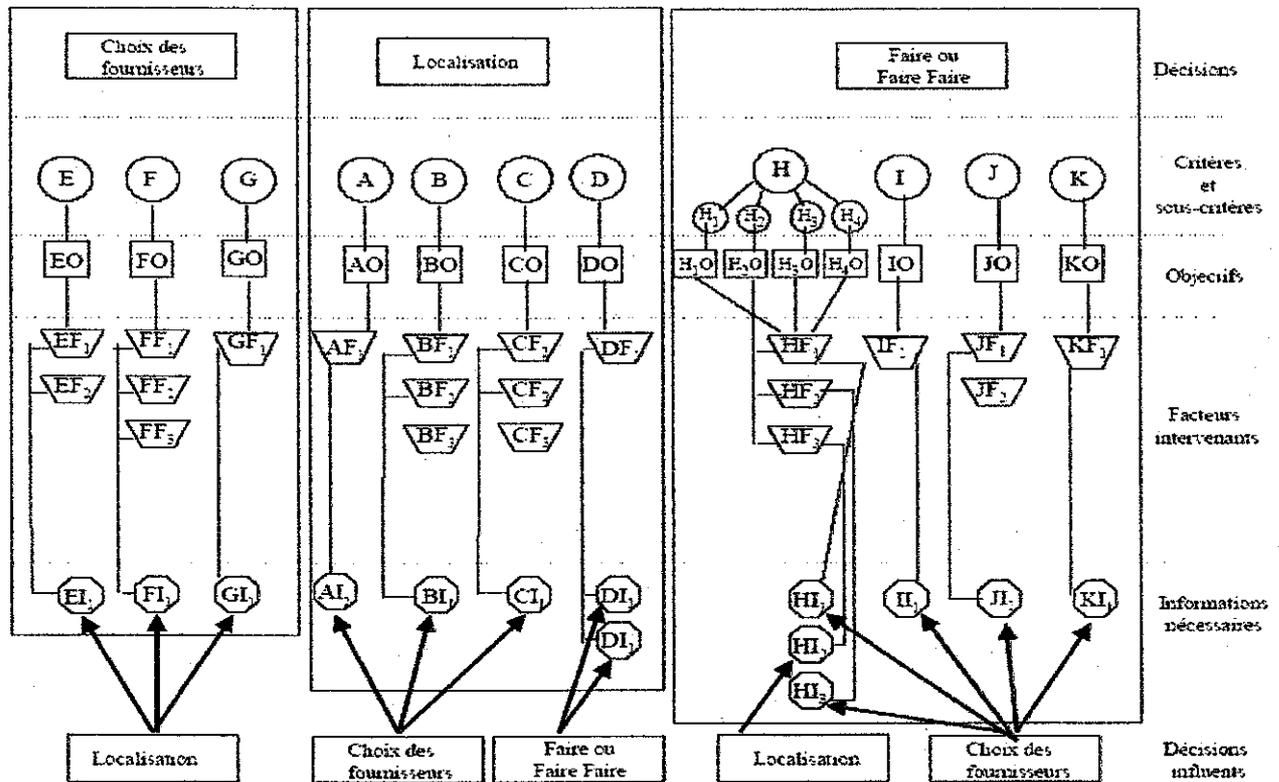


Figure 3.7 : représentation graphique d'analyse d'impact

Les abréviations utilisées dans la figure 3.7 sont les suivantes :

A : Qualité des moyens de transport

AO : Maximiser l'accès aux moyens de transport de qualité entre l'entreprise et ses fournisseurs et clients

AF₁ : Infrastructure pour le transport entre le fournisseur et site de production et entre site de production et clients (distributeurs)

AI₁ : localisation de fournisseur, etc.

B : Coût de transport

BO : Minimiser le coût de transport

BF₁ : La distance

BF₂ : Les moyens de transport,

BF₃ : Taille de lot de transport, etc.

BI₁ : Localisation de fournisseur, etc.

C : Sauvegarde de l'environnement

CO : Minimiser l'effet indésirable sur l'environnement

CF₁ : Moyen de transport utilisé,

CF₂ : Distance,

CF₃ : Technologie de production, etc.

CI₁ : Localisation de fournisseur, etc.

D : Qualité et quantité des besoins de base de production (l'eau, l'énergie, etc.)

DO : Minimiser le coût d'approvisionnement des besoins de base.

DF₁ : Distance entre site de production et source pertinente

DI₁ : Quantité des ressources nécessaires

DI₂ : Qualité des ressources nécessaires, etc.

E : Qualité des moyens de transport

EO : Maximiser la possibilité d'accès à une livraison de qualité

EF₁ : Distance,

EF₂ : Moyen de transport, etc.

EI₁ : Localisation de site de production, etc.

F : Coût de transport

FO : Accès aux produits des fournisseurs au moindre coût possible

- FF₁ : Distance
- FF₂ : Moyen de transport
- FF₃ : Localisation géographique de l'entreprise
- FI₁ : Localisation de site de production
- G : Sauvegarde de l'environnement
 - GO : Minimiser l'effet négatif de la distance sur la communication de tout type.
 - GF₁ : Distance
 - GI₁ : Localisation de site de production
- H : Les avantages concurrentiels (livraison, qualité de produit et de service, coût de produit, flexibilité de produit, flexibilité de volume, etc.)
 - H₁ : Qualité du produit
 - H₂ : Qualité de livraison
 - H₃ : Prix
 - H₄ : Flexibilité
 - H₁O : Maximiser l'accès à cet avantage
 - H₂O : Maximiser l'accès à cet avantage
 - H₃O : Maximiser l'accès à cet avantage
 - H₄O : Maximiser l'accès à cet avantage
 - HF₁ : Caractéristiques des fournisseurs
 - HF₂ : Distance
 - HF₃ : Moyen de transport
 - HI₁ : Fournisseur choisi
 - HI₂ : Localisation de site de production
 - HI₃ : Localisation de fournisseur
- I : Image de l'entreprise vis à vis des clients
 - IO : Améliorer l'image de l'entreprise
 - IF₁ : Image du fournisseur
 - II₁ : Fournisseur choisi
- J : Les risques : Risque d'appropriation : Comportement opportuniste du fournisseur, risque de diffusion de la technologie, risque de dégradation du produit fini, risque de dislocation d'approvisionnement
 - JO : Minimiser les risques
 - JF₁ : Politique clientèle du fournisseur
 - JF₂ : Caractéristiques du marché (absence de la concurrence, etc.)
 - JI₁ : Fournisseur choisi
- K : Synergie
 - KO : Maximiser la synergie entre les fournisseurs et l'entreprise
 - KF₁ : Capacité technique et de collaboration des fournisseurs
 - KI₁ : Fournisseur choisi

Localisation des sites (production ou de distribution).

Les modalités d'impact

A : Qualité des moyens de transport :

L'entreprise souhaite maximiser l'accès aux moyens de transport de qualité entre elle et ses fournisseurs (AO). Les infrastructures existantes (AF₁) entre l'entreprise et ses fournisseurs conditionnent cette qualité. Un fournisseur placé dans une région mal desservie provoquera des problèmes de transport entre lui et l'entreprise. Alors la situation géographique du fournisseur (AI₁) est importante pour mesurer la note d'un site potentiel de production vis à vis de critères A. La qualité des moyens de transport d'un site de production dépend donc de la décision du choix des fournisseurs.

B : Coût de transport :

Le coût de transport dépend de la qualité des moyens de transport et de la distance entre le fournisseur et le site de production (et le client). Ceci prouve que la décision du choix des fournisseurs influe ce critère.

C : Sauvegarde de l'environnement :

Une distance courte et un moyen de transport peu polluant diminuent les effets négatifs sur l'environnement. Par conséquent la décision du choix des fournisseurs affecte le critère de la localisation.

D : Qualité et quantité des besoins de base de production :

Pour mesurer ce critère, il faut d'abord connaître la quantité et la qualité souhaitées des éléments à produire. Pour cela nous devons connaître les sous-produits/pièces qui seront produits dans le site. Ceci veut donc dire que la décision de « faire » ou « faire-faire » influe ce critère de décision de localisation.

Choix des fournisseurs

Les modalités d'impact

E : La livraison

Deux paramètres importants qui affectent la qualité de livraison d'un fournisseur sont « la distance » et « les moyens de transport » utilisés par le fournisseur ou le donneur d'ordre. Une distance courte et des moyens de transport divers et de bonne qualité augment la qualité de la livraison. Ces deux paramètres sont évidemment influés par la localisation du donneur d'ordre. La qualité de livraison d'un fournisseur pour un donneur d'ordre dépend donc de la décision de la localisation du site de production de ce donneur d'ordre.

F : Le prix (produit + transport + d'autres charges) offert par fournisseur :

Le prix net d'un fournisseur dépend de « la distance » et « des moyens de transport ». En plus pour des raisons marketing les fournisseurs peuvent avoir différents prix dépendant de la situation géographique des clients. La connaissance de la localisation du site de production est nécessaire pour mesurer le prix net de production d'un fournisseur

G : La distance géographique du fournisseur :

A conditions égales, le donneur d'ordre préfère le fournisseur le plus proche. Ceci facilite la communication et diminue les charges supplémentaires dues à la distance entre eux. La décision de localisation influe bien évidemment ce critère de choix des fournisseurs.

Faire ou faire - faire

Les modalités d'impact

H : Les avantages concurrentiels :

- **Qualité de livraison du fournisseur**
Deux paramètres affectant la qualité de livraison sont les moyens de transport et la distance entre le site de production et le fournisseur. Ceci veut dire que la connaissance de la localisation du site de production et de celui du fournisseur affecte ce critère de la décision de « faire ou faire-faire ». De plus puisque les qualités de livraison des fournisseurs ne sont pas identiques, alors le résultat du choix des fournisseurs influe ce critère de faire ou faire-faire.
- **Qualité de produit du fournisseur**
Un des critères qui influe la décision de faire ou faire-faire est la qualité du produit de fournisseur. Cette qualité dépend du résultat du choix des fournisseurs.
- **Coût de produit du fournisseur**

Ce coût dépend du mode de transport et de la distance entre le site du fournisseur et le site de donneur d'ordre. Cela montre l'influence de la localisation du site de production sur ce critère. En plus, puisque le prix de vente des fournisseurs n'est pas identique, alors le résultat du choix des fournisseurs influe ce critère de faire ou faire-faire.

- **Flexibilité du produit et de volume :**

Les différents fournisseurs ont différents degrés de flexibilité, le résultat du choix des fournisseurs influe donc ce critère de faire ou faire-faire.

I : Image de l'entreprise vis à vis des clients :

Une relation avec un fournisseur « mal vu » peut dégrader l'image de l'entreprise auprès de ses clients. Le résultat du choix d'un fournisseur peut encourager ou décourager le décideur pour un choix de faire ou faire-faire.

J : Les risques

Les risques liés à décision de faire ou faire-faire sont par exemple : le risque d'appropriation : Comportement opportuniste du fournisseur, le risque de diffusion de la technologie, le risque de dégradation du produit fini, le risque de dislocation d'approvisionnement, etc. Le niveau de ces risques change d'un fournisseur à l'autre selon les caractéristiques du fournisseur et du marché. Par conséquent la décision du choix du fournisseur influe ce critère de la décision de « faire ou faire-faire ».

K : Synergie

Le niveau de « synergie produit », dépend de la capacité technique et de l'attente du fournisseur vis à vis de l'acheteur et cela varie d'un fournisseur à l'autre.

La figure 3.8 résume les impacts entre les décisions.

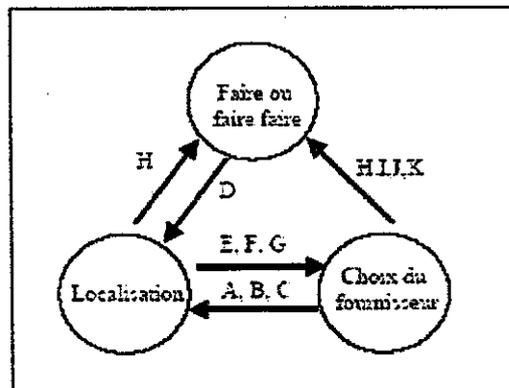


Figure 3.8 : les impact inter - décisionnels

3.2. La Démarche

Dans cette section, la démarche d'aide à la décision pour l'intégration des décisions stratégiques est présentée¹ [Akbari Jokar, 2001]. La figure 3.9 montre les deux étapes principales de cette démarche.

¹ C'est la seule démarche intégrée (qui prend en considération les différentes décisions) qui se trouve en littérature

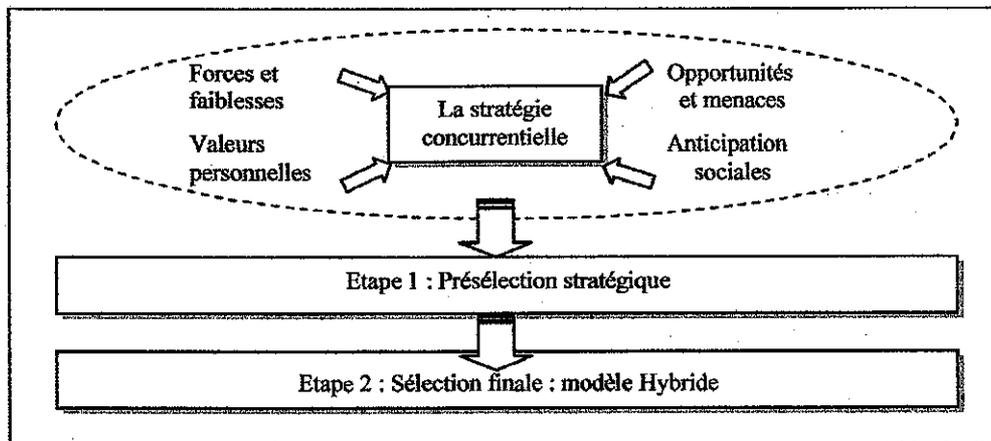


Figure 3.9 : les trois étapes principales de la démarche d'intégration

3.2.1. Etape 1 : Présélection stratégique

La première étape a pour but de préciser les grandes orientations de l'entreprise pour les décisions. Cette étape de présélection diminue le nombre de solutions potentielles à examiner dans la troisième étape de la démarche. Ceci permettra aussi que le modèle mathématique de la troisième étape puisse trouver la solution optimale dans un délai raisonnable. Les modalités de présélection sont bien expliquées précédemment.

3.2.2. Etape 2 : Sélection finale

Dans cette étape un modèle hybride est proposé. Ce modèle peut considérer les critères objectif et subjectif et précise les pièces à faire ou à faire-faire (les pièces pour lesquelles la décision n'est pas faite dans la première étape), les fournisseurs de chaque pièce externalisée et enfin un site pour implanter l'unité de production/d'assemblage.

Modèle A : Un modèle de programmation linéaire 0 - 1

Indices :

i = pièce

j = fournisseur, pour l'entreprise $j=1$

k = site de production/assemblage

Paramètres :

u_{ijk} = l'utilité obtenue si la pièce i est fabriquée par fournisseur j et que le site de production k est retenu pour implanter le site voulu.

n_i = le nombre de fournisseurs nécessaire pour la pièce i

Variable de décision :

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{Si la pièce } i \text{ est acquise du fournisseur } j \text{ et que le site } k \text{ est implanté} \\ 0, & \text{Si non} \end{cases}$$

$$Z_k = \begin{cases} 1, & \text{Si le site } k \text{ est retenu} \\ 0, & \text{Si non} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Si la pièce } i \text{ est acquise du fournisseur } j \\ 0, & \text{Si non} \end{cases}$$

Modèle :

$$\text{Max. } U = \sum_i \sum_j \sum_k u_{ijk} X_{ijk}$$

$$X_{ijk} - Z_k \leq 0 \quad \forall i, j, k \quad (1)$$

$$X_{ijk} - Y_{ij} \leq 0 \quad \forall i, j, k \quad (2)$$

$$\sum_k Z_k = 1 \quad (3)$$

$$\sum_j Y_{ij} = n_i \quad \forall i \quad (4)$$

$$X_{ijk}, Y_{ij}, Z_k = 0 \text{ ou } 1 \quad (5)$$

Dans ce modèle, la fonction objectif maximise l'utilité totale. Les u_{ijk} sont calculés à partir d'une méthode multicritère et ce en considérant les critères subjectifs et objectifs. Autrement dit ce modèle cherche une solution ayant une valeur maximum vis-à-vis de l'ensemble des critères.

Les deux premières contraintes montrent la relation entre les variables de décision. La contrainte (3) assure que le modèle choisit un site et un seul pour implanter le site de production/assemblage.

La contrainte (4) garantit que le modèle retient un nombre prédéterminé de fournisseurs pour chaque pièce. Cette contrainte est cruciale dans le contexte industriel actuel où la stratégie de l'entreprise sur les modalités de rapport avec ses fournisseurs changent d'une pièce à l'autre. L'entreprise doit catégoriser les différentes pièces ou processus à externaliser afin de choisir un nombre adéquat de fournisseurs et d'établir une relation appropriée avec les fournisseurs de chaque catégorie

L'indice $j = 1$ correspond à l'entreprise elle-même. Si le modèle affecte une pièce au fournisseur 1, ceci signifie que le modèle propose en fait de « faire » cette pièce.

Ce modèle propose n_i fournisseurs pour la pièce i . Un de ces fournisseurs peut être $j = 1$ (l'entreprise elle-même). Dans ce cas, la pièce i sera faite en partie dans l'entreprise, et en partie acquise à l'extérieur (si $n_i > 1$). Dans certains cas la politique de l'entreprise peut permettre cette situation. Mais si la politique de l'entreprise ne le permet pas, nous devons ajouter des contraintes supplémentaires à ce modèle afin d'éviter une telle situation et trouver la solution optimale.

Le modèle mathématique (modèle A) est un modèle linéaire en 0-1 et peut prendre un temps très important de calcul. Mais il peut être transformé en K modèles dont la matrice A est totalement unimodulaire¹. Dans ce cas, K modèles linéaires continus, seront résolus. Ici K est le nombre d'alternatives des sites de production/assemblage. Akbari propose à chaque passage de fixer la valeur de k de 1 à K . Ceci permet de supprimer la contrainte (3) et abandonner l'indice k dans la variable de décision X_{ijk} . Les variables Y_{ij} deviennent superflues, il relaxe aussi la contrainte des variables en 0 ou 1 pour que le modèle devienne un modèle continu. Mais par contre il ajoute une contrainte qui assure que les variables X_{ij} soient inférieures ou égales à 1. Le nouveau modèle est le suivant :

Indices :

i = pièce

j = fournisseurs, Pour l'entreprise $j = 1$

Paramètres :

u_{ij} = l'utilité obtenue si la pièce i est fabriquée par fournisseur j .

¹ Une matrice A est dite « totalement unimodulaire » si toute matrice carrée extraite de A , a son déterminant égal à 0, +1 ou -1. Cela entraîne, en particulier, que les coefficients d'une matrice totalement unimodulaire sont eux-mêmes égaux à 0, +1 ou -1 puisqu'ils sont les déterminants de sous-matrices d'ordre 1.

n_i = le nombre de fournisseurs nécessaires pour la pièce i

Variable de décision :

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Si la pièce } i \text{ est acquise du fournisseur } j \\ 0, & \text{Si non} \end{cases}$$

Modèle :

$$\text{Max. } Z = \sum_i \sum_j u_{ij} X_{ij}$$

Tel que :

$$\sum_j X_{ij} = n_i \quad \forall i \quad (1)$$

$$X_{ij} \leq 1 \quad \forall i, j \quad (2)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j$$

Modèle B : Extension du modèle A

Dans certain cas, l'entreprise souhaite limiter la variété des pièces fournies par chaque fournisseur. Autrement dit, elle ne souhaite pas que le fournisseur j lui fournisse plus de m_j pièces. Ce souhait peut aussi venir du fournisseur du fait de sa capacité de production limitée. Cette nouvelle contrainte est traduite par la contrainte suivante (ajouter au modèle A) :

$$\sum_i Y_{ij} \leq m_j \quad \forall j$$

Le modèle simplifié est le suivant; il reste le même en ajoutant la contrainte (ajouter au second modèle) :

$$\sum_i X_{ij} \leq m_j \quad \forall j$$

Modèle C : Un modèle linéaire continu

Les deux modèles de base précédemment décrits sont des modèles de programmation linéaire binaire. Le troisième modèle est proposé afin de montrer quelques conditions et contraintes qui peuvent être présentées dans un contexte particulier. En tous cas chaque contexte industriel peut avoir des conditions et des contraintes propres qui doivent être prises en compte lors de sa formulation mathématique. Par exemple le modèle suivant n'envisage pas un nombre prédéterminé de fournisseurs pour chaque pièce (contrainte 4 du modèle A et B) et il considère quelques exigences de l'entreprise vis-à-vis de ces fournisseurs.

Les paramètres :

d_i : la demande pour la pièce i

u_{ij} : l'utilité de se procurer la pièce i par fournisseur j

c_{ij} : la capacité maximale du fournisseur j pour la pièce i

α_{ij} : pourcentage moyen de pièce i livrées en retard par le fournisseur j

λ_{ij} : pourcentage moyen de pièce i non conformes fourni par le fournisseur j

γ_{ij} : le coût d'approvisionnement (Prix + transport + ...) d'une unité du produit i fourni par fournisseur j

l : Le taux maximal toléré des produits en retard

q : Le taux maximal toléré des produits non conformes

p : Le coût maximal toléré pour fournir la demande.

V = la valeur totale des pièces

a : pourcentage en valeur totale des pièces que l'entreprise souhaite faire par elle-même

v_i = la valeur de la pièce i

Les variables de décision :

X_{ij} : la quantité de pièces i à commander au fournisseur j

Le modèle :

$$\text{Max. } Z = \sum_i \sum_j u_{ij} X_{ij}$$

$$\sum_j X_{ij} = d_i \quad \forall i \quad (1)$$

$$X_{ij} \leq c_{ij} \quad \forall i, j \quad (2)$$

$$\sum_j a_{ij} X_{ij} \leq 1 \cdot d_i \quad \forall i \quad (3)$$

$$\sum_j \lambda_{ij} X_{ij} \leq q \cdot d_i \quad \forall i \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_j \gamma_{ij} X_{ij} \leq p \quad (5)$$

$$\sum_i \sum_{j=2} v_{ij} X_{ij} \leq (1-a) \cdot V \quad (6)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (7)$$

Ce modèle est défini pour un site potentiel de production. Pour trouver la solution optimale, il faudra résoudre ce modèle pour chaque site alternatif de production/d'assemblage. La solution proposée par le site qui donne la meilleure valeur à l'objectif fonction sera la solution optimale.

Dans ce modèle l'objectif est de maximiser l'utilité totale (comme pour le modèle en 0-1). La contrainte (1) assure que la demande en pièce i sera satisfaite. La contrainte (2) assume que la quantité demandée à un fournisseur ne dépasse pas sa capacité maximum. Les contraintes (3) et (4) ont pour but de ne pas permettre que le nombre des pièces non qualifiées ou en retard ne dépassent à un seuil souhaité. La contrainte (5) montre le montant maximum que l'entreprise souhaite dépenser pour se procurer les pièces concernées. La contrainte (6) assure que la valeur des pièces externalisées ne dépasse pas une valeur prédéterminée (rappelons que le fournisseur 1($j=1$) est l'entreprise elle-même).

Les contraintes de ce modèle sont pour la plupart optionnelles et dépendent du contexte industriel concerné. D'autres contraintes peuvent être ajoutées à ce modèle. Par exemple une contrainte qui assure un nombre prédéterminé de fournisseur pour chaque pièce. Dans ce cas le modèle devient un modèle mixte (continue + nombre entier).

4. L'organisation physique du réseau de distribution

Une définition pertinente de l'architecture physique du réseau de distribution s'effectue en prenant en compte de nombreux critères [Giard, 2003] [Morcello, 1999] :

- volume, valeur et variété des articles, péremption possible de ces articles;
- impact des conditionnements retenus sur les moyens de transport utilisés et l'organisation physique des points de stockage;
- nombre, localisation et volatilité des points de livraison;
- niveau de service requis en matière de délai (moyenne et dispersion), de fiabilité des livraisons (destinataire, quantité requise...), de réactivité aux aléas, de traçabilité;

- importance relative des coûts de transport, d'entreposage et d'immobilisation dans le coût de revient total et par rapport à la concurrence.

La Direction Générale d'une entreprise peut décider de sous-traiter tout ou partie de sa distribution et, dans ce cas, se pose la question de savoir à qui confier la délivrance de ces prestations. S'il est décidé que tout ou partie de ces prestations est à exécuter en interne, se pose alors le problème de l'architecture du réseau de distribution.

4.1. La sous-traitance de la distribution

La décision d'externaliser ou non les activités de distribution est une décision stratégique majeure (décision de Faire ou Faire-Faire, § 2.1) dans un environnement concurrentiel où la satisfaction du client au moindre coût est un impératif. Une organisation des transports qui conduit à un acheminement fréquent de camions incomplètement remplis ou vides (le retour à vide est appelé *transport haut-le-pied*) peut conduire à un surcoût fatal pour l'entreprise. De la même façon, des immobilisations importantes dans les entrepôts ou une utilisation trop discontinue de ses ressources en hommes et équipements renchérisent la distribution.

Ces *transporteurs publics* (au sens où leurs prestations sont offertes à tous, par opposition aux *transporteurs privés* qui n'interviennent que pour leurs propres entreprises) peuvent offrir des prestations additionnelles intéressantes : traçabilité de colis en temps réel, mise à disposition de leur expérience en matière douanière dans le cas de transports internationaux, conseils sur le conditionnement et le marquage, etc. Le transporteur public ne connaît d'économie d'échelle que s'il arrive à bien utiliser ses moyens sur l'ensemble de ses clients. Si tel n'est pas le cas, certaines de ses prestations doivent être facturées plus cher pour tenir compte des retours à vide, ce qui peut poser un problème là où la concurrence par les prix est vive. Deux autres solutions sont envisageables.

Certaines prestations peuvent être différées si cela améliore le remplissage des camions, mais cela n'est pas toujours possible si la concurrence par les délais est souvent vive. Reste enfin la possibilité de compléter la charge des camions par du fret confié par d'autres transporteurs, ce qui peut allonger la tournée, ou, symétriquement, de sous-traiter le transport de prestations qui ne peuvent être exécutées dans des conditions de coûts et de délais acceptables.

L'entreprise qui choisit de sous-traiter du transport est appelée *donneur d'ordre* ou *chargeur*. Elle peut décider de faire appel à un *commissionnaire* qui lui sert d'intermédiaire avec les transporteurs privés. Lorsque la vente se fait directement au consommateur final (ce que l'on appelle le *B2C*, pour *Business to Consumer*), le transport final est nécessairement sous-traité.

Au niveau stratégique, plusieurs décisions sont à prendre : niveau de sous-traitance souhaité et avec quel type de prestataires ; pour la partie conservée, définition de l'architecture de réseau utiliser.

4.2. Architecture du réseau de distribution

Le client à livrer est celui qui passe commande et paye la marchandise. Pour des produits finis, il ne s'agit normalement pas du client final, la VPC (Ventes Par Catalogue) et certaines formes de e-Commerce constituant une exception; pour les autres produits, il s'agit presque toujours d'une entreprise. A priori, deux types d'acheminement, non exclusifs, sont possibles : l'acheminement direct de l'entreprise au client qui se justifie économiquement pour les clients importants et l'acheminement indirect.

L'acheminement indirect qui peut être confié à un prestataire (entreprises de messagerie), en particulier lorsque le client est un client final occasionnel (e-Commerce, par

exemple), mais pas seulement dans ce cas, implique le transit par un ou deux entrepôts ou plates-formes, voire plus, lorsque la distribution est à l'échelle planétaire.

4.2.1. Entrepôt ou plate-forme

Un *entrepôt* a pour vocation de stocker pendant un certain temps de la marchandise, tandis que la *plate-forme* est un lieu dans lequel des marchandises qui arrivent sont immédiatement transbordées, après tri, sur d'autres moyens de transport (on parle d'*entrepôt de transit*). Lorsque la marchandise reste dans son emballage sans fractionnement et ne fait donc que transiter en l'état, on parle de *cross-docking*. Ceci implique non seulement une excellente coordination des arrivées et des départs, mais aussi un marquage précis des lots, la désorganisation engendrée par un mauvais marquage ou une mauvaise synchronisation provoquant rapidement la paralysie de la plate-forme. Cette organisation en plates-formes se retrouve dans la messagerie. Les hubs jouent, pour le transport aérien, un rôle similaire à celui des plates-formes pour le transport terrestre; on peut ajouter qu'il concerne également le transport des personnes.

L'arrivée de petits colis en vrac ne permet pas de transbordement immédiat et implique habituellement des opérations de tri manuelles ou automatisées qui font que la synchronisation entre les départs et les arrivées n'est plus possible. On enlève périodiquement ce qui a été trié pour un ensemble de destinations pour charger un véhicule devant effectuer une tournée programmée. L'ancêtre de ce type d'organisation est l'organisation postale. L'*allotement* est la préparation d'une commande pour son destinataire final par un regroupement des articles demandés, dans les quantités requises, ce prélèvement s'appelant *piquage* (ou *picking*).

Le passage successif de marchandises par deux entrepôts (ou plates-formes) s'utilise dans une approche de stocks multi-échelons, où les entrepôts en relation avec les vendeurs finals ne s'approvisionnent pas directement auprès d'une usine - plusieurs usines pouvant fabriquer les mêmes références - mais auprès d'un autre entrepôt (ou plate-forme) jouant un rôle d'intermédiaire sur tout ou partie des références et pour un ensemble d'entrepôts (ou plates formes).

Dans ce schéma, un entrepôt (ou plate-forme) de rang 2, gestionnaire d'un ensemble de références destinées à des vendeurs finals, peut s'approvisionner auprès de plusieurs entrepôts (ou plates-formes) de rang 1 pour des sous ensembles (habituellement) disjoints de ces références. Cet entrepôt (ou plateforme) de rang 2 peut lui-même jouer le rôle d'entrepôt (ou plate-forme) de rang 1 pour un autre ensemble de références et servir lui-même tous les points de vente qui lui sont rattachés. Cette conception de réseau se fonde normalement sur un arbitrage entre des coûts de transport entre les différents noeuds du réseau, des coûts d'immobilisation des marchandises, des coûts de détention des entrepôts et des coûts de défaillance du système d'approvisionnement devant faire face à un niveau de service donné. L'entrepôt de rang 2, ou celui de rang 1 en cas de stock mono-échelon, peut être un grossiste et ne pas être sous le contrôle du fabricant. La figure 3.10 illustre les différents circuits de flux possible d'un réseau de distribution à deux étages.

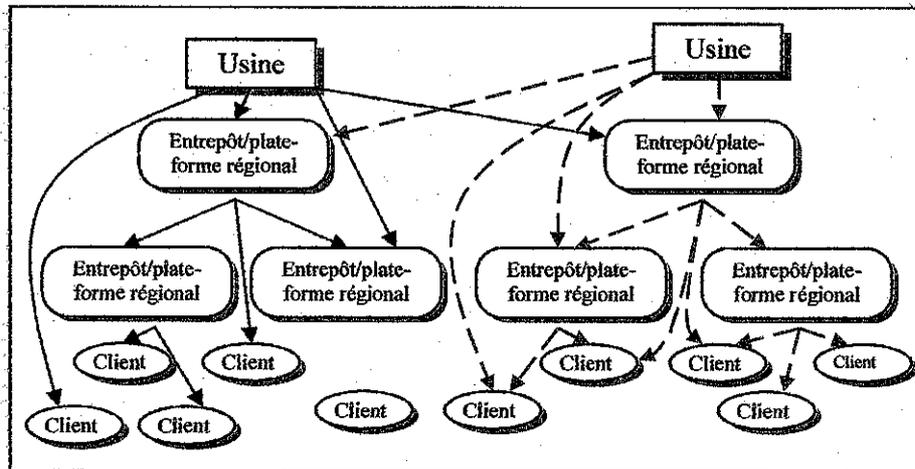


Figure 3.10 : exemple d'un réseau de distribution à deux étages [Giard, 2003]

4.2.2. Localisation des entrepôts

Le problème de la localisation des entrepôts ou plates-formes, leur nombre et leurs caractéristiques (capacité, références affectées...) est un problème redoutable [Giard, 2003]. Mais grâce à des méthodes très simple ce problème diminue de complexité.

Si l'on décide de desservir un ensemble prédéterminé de points de livraison (ou d'enlèvement) par un entrepôt unique, on peut commencer par essayer de déterminer une localisation pertinente en recherchant *le barycentre* de cet ensemble de points, la pondération associée à chaque point étant proportionnelle au volume moyen annuel de livraisons (ou d'enlèvements).

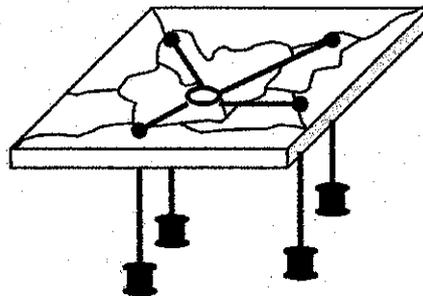


Figure 3.11 : détermination d'un barycentre d'un territoire [Pimor, 2003]

Cette première indication est à utiliser avec précaution pour plusieurs raisons [Giard, 2003] [Pimor, 2003] :

- les distances réelles ne sont pas euclidiennes, la topographie et les caractéristiques du réseau routier jouent un rôle important,
- la localisation finale doit tenir compte de la qualité de l'accès au réseau routier et du bassin d'emploi dans lequel le personnel devra être recruté,
- le coût du transport n'est pas proportionnel à la distance et au volume à acheminer : une analyse plus fine s'appuyant sur une simulation de tournées et une explicitation des charges variables et fixes s'impose avant le choix définitif; on peut lister quelques sites candidats proches du barycentre, expliciter de manière réaliste le coût de fonctionnement de ce centre et les coûts des tournées, puis choisir;
- ce travail préliminaire repose sur des hypothèses implicites d'une certaine pérennité des prestations à fournir qui peut s'avérer risquée et amener à préférer une localisation différente.

Cette démarche est utilisable pour déterminer, dans un ensemble de régions disjointes, la localisation de l'entrepôt qui desservira chacune des régions. Il peut être décidé de n'avoir que des liaisons directes avec chacun de ces entrepôts ou de travailler dans une structuration multi-échelons. Dans ce dernier cas, il faut déterminer la localisation et le nombre d'entrepôts inter-régionaux. Après avoir défini un ensemble de sites d'entrepôts régionaux possibles, on définit les variantes de capacité de ces sites.

Diagramme de Voronoi

Avec l'aide d'un *diagramme de Voronoi* on peut représenter " la sphère d'influence " d'un point dans la surface, ainsi tous les points dans la surface, sont le plus proche du point considéré.

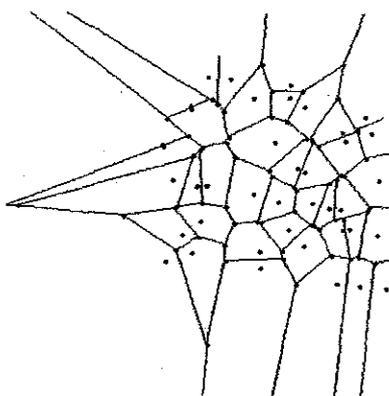


Figure 3.12 : diagramme de Voronoi [www.lomag-man.org]

La méthode de centration

En peut vouloir déterminer l'entrepôt optimal à partir d'un des lieux de livraison. Le problème est nettement plus simple.

Si l'on cherche à optimiser les transports entre l'entrepôt et quatre villes et si l'on veut établir cet entrepôt dans une de ces villes, on peut procéder par "centration". Connaissant les distances de chacune des villes représentées, il suffit d'additionner les distances de chacune des villes aux trois autres pour trouver celle pour laquelle l'installation de l'entrepôt minimisera les trajets. Si les flux sont les mêmes sur les différentes liaisons on peut pondérer les distances par les flux puis sélectionner l'installation qui optimise les livraisons [Pimor, 2003].

La programmation linéaire

Dans l'hypothèse où on connaît les emplacements possibles pour recevoir un entrepôt, il est possible de rechercher directement un optimum de nombre de dépôts en déterminant leurs emplacements. Cela peut se faire en programmation linéaire. Il suffit de transformer le système en un ensemble d'équation linéaire et le programme recherchera quelles valeurs donner aux différents paramètres pour optimiser le résultat. L'optimum sera le plus souvent la recherche d'un coût minimal et les variables seront les flux passant par chacun des emplacements.

L'avantage de la programmation linéaire est qu'elle permet de prendre en compte d'autres variables (stock, manutention, préparation de commande...etc.) et leurs coûts de façon à optimiser l'ensemble du système logistique (décision de localisation des sites, § 2.3).

4.2.3. Organisation physique des entrepôts ou plates-formes

Le dimensionnement d'un entrepôt est lié aux caractéristiques des références qu'il doit accueillir, mais il dépend aussi de deux séries de facteurs [Giard, 2003] :

- Tout ou partie des marchandises qui passent par le site peut avoir pour vocation de séjourner un certain temps ou ne faire qu'un passage fugitif (cross-docking). Ce choix stratégique a des incidences évidentes sur l'importance des zones de stockage nécessaires et sur la configuration des quais de chargement/déchargement.
- La fréquence des tournées d'approvisionnement et d'enlèvement ainsi que l'importance des charges véhiculées influent nécessairement sur les quais de chargement/déchargement et sur l'importance des zones de stockage nécessaires.

Il convient de ne pas oublier de poser le problème dans sa globalité et de tenir compte du fait que certains coûts du sous-système «transport» varient en sens inverse de certains coûts du sous-système «entrepôt». Des optimisations locales basées sur des contraintes imposées par l'un des sous-systèmes sur l'autre peuvent donc conduire à un ensemble de décisions globalement inefficaces. Les principales décisions à prendre dans la configuration d'un entrepôt ou d'une plateforme, une fois définies les caractéristiques des références qui doivent y transiter, portent sur les moyens de stockage, ceux de manutention et l'organisation des flux dans l'entrepôt, liée à l'attribution d'emplacements fixes ou changeant au stockage de chacune des références.

En fonction de l'encombrement, de la fragilité, du coût et de la demande, les marchandises sont stockées soit en vrac dans des casiers, soit dans des cartons, bacs ou conteneurs rangés sur des rayons ou sur des palettes. La gestion des contenants (bacs, conteneurs, palette) pose des problèmes multiples (standardisation, entreposage des vides, gestion des retours...) qu'il ne faut pas sous-estimer. On distingue cinq modes de stockage [Pimor, 2001, p. 151]: le *stockage statique* (rayonnage fixe destiné à accueillir des palettes ou des cartons), le *stockage mobile* qui se déplace et permet une optimisation de la place (on retrouve ce système dans certaines pharmacies), le *stockage rotatif* vertical ou horizontal qui est constitué d'un ensemble de balancelles contenant des casiers et fixées sur une chaîne sans fin, le *stockage dynamique*, réalisé de différentes manières et qui se fonde sur une logique de file d'attente à capacité limitée (les marchandises sont prélevées en tête de file, jusqu'à libérer une place, les nouvelles marchandises arrivant dans la file en queue de file) et les *transtockeurs* ou *magasins automatiques*, gérés informatiquement.

L'espace alloué à chaque article peut être fixé et rester le même pendant une longue période, ce qui facilite la manutention, mais augmente l'espace requis, le dimensionnement alloué à chaque article étant calculé sur le stock maximum.

L'allocation peut être dynamique, ce qui complique la gestion physique des stocks, mais limite l'espace nécessaire.

La manutention s'effectue le plus souvent à l'aide de *chariots élévateurs*, qui nécessitent un contrepoids, et les *transpalettes* (mobilité verticale limitée) et *gerbeurs* (mobilité verticale importante, permettant de placer ou retirer une palette au-dessus d'une pile de palettes ou dans une alvéole en hauteur) qui ne nécessitent pas de contrepoids. Dans la « grande industrie », on trouve des systèmes de *convoyeurs* (du type de ceux qui acheminent les bagages dans les aéroports), souvent pour acheminer des marchandises à trier, et des systèmes de *chariots filoguidés*. Ces derniers sont gérés informatiquement, souvent conjointement avec des *transtockeurs*, et suivent le chemin de câbles enterrés dans le sol; les problèmes posés sont analogues à ceux rencontrés dans le chemin de fer: localisation d'un chariot généralement basée sur sa présence sur une portion de ligne (canton), commande de l'avancement des chariots suivant des règles empêchant qu'ils ne puissent se télescoper, choix du chariot devant effectuer une prestation (la règle «prendre le chariot libre le plus proche» ne donnant pas nécessairement les meilleurs résultats).

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudiés les décisions stratégiques relatives à la SC. A savoir les décisions de conception du réseau stratégique (logistique). Les principales décisions stratégiques que peut prendre une entreprise pour la conception de son réseau logistique sont les décisions de faire ou faire faire, la localisation des sites de production et de distribution et le choix des fournisseurs. Ces décisions peuvent être traitées de deux façons, soit d'une manière globale de ce fait en considère chaque décision individuellement, où de façon intégrée dans ce cas les décisions sont prises de manière intégrée c'est-à-dire en même temps.

En plus de ses décisions l'entreprise peut être confrontée à décider d'externaliser ou pas une partie de sa distribution, dans ce cas se pose la question de savoir à qui confié la délivrance de ses prestations et s'il est décidé que tout ou partie de ses prestations et à exécutées en interne, ce pose alors le problème de l'architecture du réseau de distribution.

Une autre décision de nature stratégique et celle qui concerne la technologie des entrepôts et sites car ceux-ci influent profondément sur les moyens et les coûts de ces derniers en plus des produits.

La planification stratégique permet d'optimiser la SC dans l'ensemble et donc généré des plans réalisables pour le moyen et le court terme. Ces derniers sont présentés dans le chapitre qui suit.

Chapitre IV

Planification à moyen et à court terme

| | |
|--|------------|
| 1. <u>MODELES DE PLANIFICATION</u> | 140 |
| 1.1. Planification et modèles..... | 140 |
| 2. <u>PLANIFICATION DE LA DEMANDE</u> | 144 |
| 2.1. Le cadre de planification de la demande..... | 145 |
| 2.2. Les grandes catégories de prévisions..... | 146 |
| 2.3. Agrégation et désagrégation des prévisions..... | 147 |
| 2.4. Techniques de prévisions statistiques..... | 147 |
| 2.5. Incorporation des facteurs de jugement..... | 150 |
| 2.6. Implémentation des prévisions..... | 151 |
| 3. <u>MASTER PLANNING (PLAN DIRECTEUR)</u> | 156 |
| 3.1. La situation de décision..... | 157 |
| 3.2. Construction du modèle..... | 159 |
| 3.3. Génération d'un plan..... | 163 |
| 4. <u>SATISFACTION DE LA DEMANDE ET ATP</u> | 172 |
| 4.1. Disponible pour promettre (ATP)..... | 173 |
| 4.2. ATP allouer..... | 175 |
| 4.3. Promesse d'ordre (order promising)..... | 177 |
| 5. <u>PLANIFICATION ET ORDONNANCEMENT DE LA PRODUCTION</u> | 179 |
| 5.1. Description de la situation de décision..... | 179 |
| 5.2. Comment procéder à partir d'un modèle à un ordonnancement de la production ... | 180 |
| 5.3. Construction du modèle..... | 181 |
| 5.4. La mise à jour des programmes de production..... | 185 |
| 5.5. Niveaux de planification pour la planification et l'ordonnancement de la production | 187 |
| 6. <u>PLANIFICATION DE LA DISTRIBUTION ET DU TRANSPORT</u> | 188 |
| 6.1. Situations de planification..... | 188 |
| 6.2. Modèles de distribution et de transport..... | 192 |
| 7. <u>LA PLANIFICATION COLLABORATIVE</u> | 197 |
| 7.1. Coordinations et intégration..... | 197 |
| 7.2. Pianification collaborative..... | 200 |

Dans le domaine du SCM, l'aide à la décision à moyen terme peut être envisagée à deux niveaux [Thierry, 2003]. Au niveau de la construction d'une solution (un plan ou un ordonnancement par exemple) ou au niveau d'évaluation d'une décision (une politique de gestion par exemple). Dans le premier cas il s'agit de construire une solution : on parlera de génération de solution. Le schéma général de cette approche est présenté en figure 4.1 [Bel, 1998].

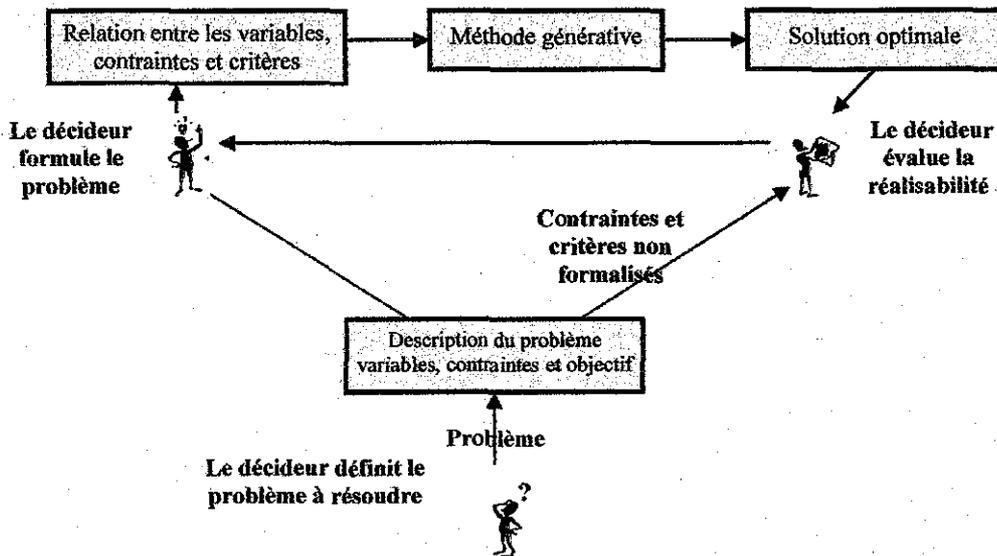


Figure 4.1 : approche générative

Dans le deuxième cas, il s'agit d'évaluer les performances d'un système selon les valeurs de certains de ses paramètres : on parlera alors d'évaluation de performances. Le schéma général de cette approche est présenté en figure 4.2 [Bel, 1998].

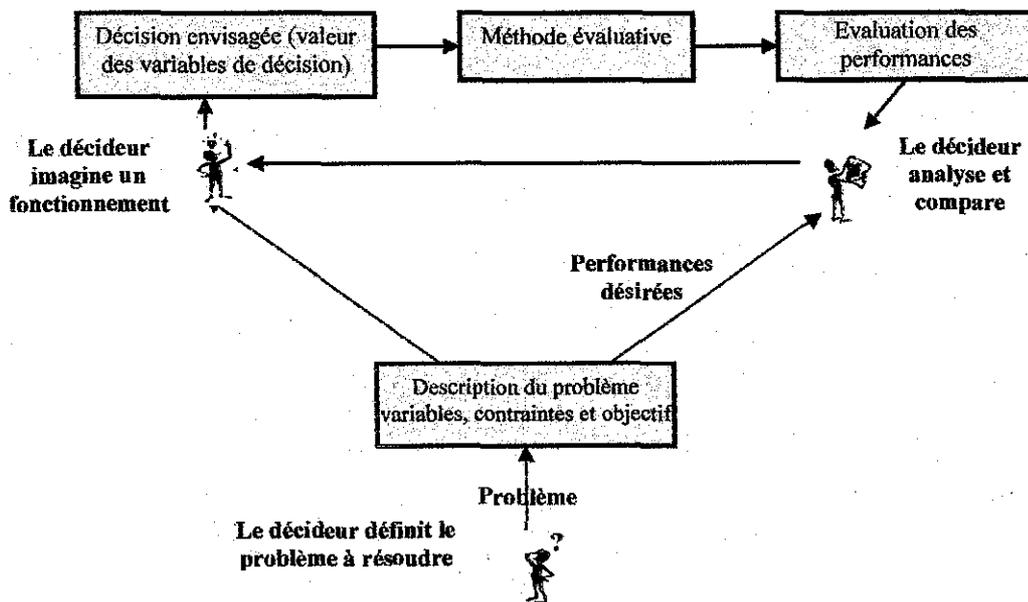


Figure 4.2 : approche évaluative

I. Modèles de planification

I.1. Planification et modèles

L'activité de planification consiste à concevoir pour l'entreprise un "futur souhaitable" et les moyens nécessaires pour parvenir à la réalisation de ce futur. C'est une activité de choix parmi différentes possibilités. Elle s'exprime au travers des plans et elle est une préparation à l'action. Au niveau tactique, en SCM, la planification vise une programmation prévisionnelle de la production, des approvisionnements et de la distribution, à partir de demandes commerciales prévues ou réelles, en conformité avec les décisions effectuées au niveau stratégique. Ces décisions prises aux niveaux supérieurs, imposent notamment des contraintes sur le processus de production (contraintes potentielles entre les tâches ou contraintes de conservation au niveau des stocks) et sur les ressources (contraintes de capacité) qui doivent être prises en compte au niveau de la planification à moyen terme [Thierry, 2003, p. 13].

Alors le plan obtenu définit les niveaux des objectifs réalisables de production, de transfert entre les entités ainsi que le niveau de ressources nécessaires dans la SC sur les produits finis planifiés [Stadtler *et al.*, 2000]. Le plan recherche le compromis minimisant les coûts du service (retard, non livraison, profitabilité des produits), les niveaux de stocks (possession, augmentation de la capacité de stockage) et les ressources (coûts de production, de capacité, de transport, de sous-traitance...) [SAP, 2004].

La planification tactique couvre donc en partie le processus Plan Industriel & Commercial qui « assure une coordination entre les différentes fonctions de l'entreprise et (...) détermine le scénario optimal qui permettra de minimiser les différentes dépenses et de maximiser les ventes » [Genin *et al.*, 2000].

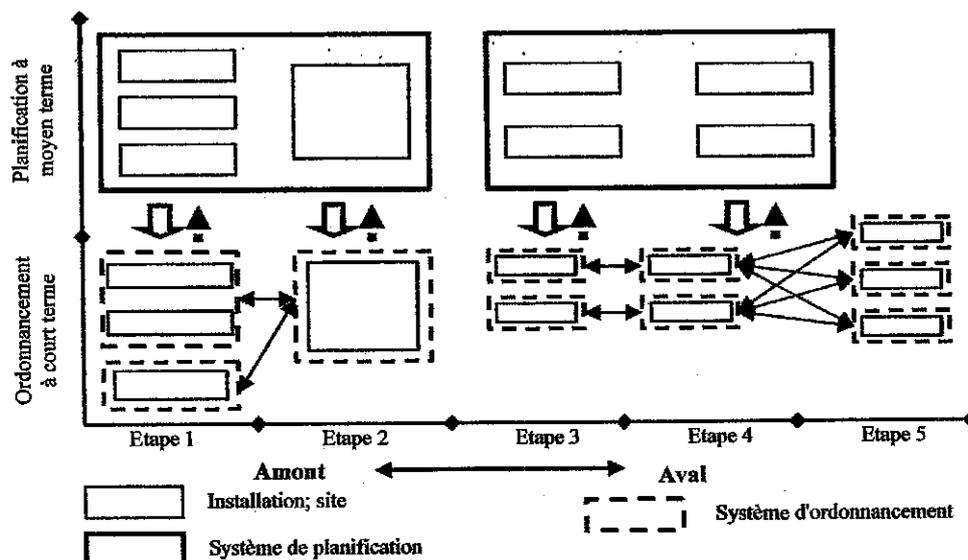


Figure 4.3 : planification et ordonnancement dans la SC [Kreipl *et al.*, 2004]

Pour générer ces plans on utilise des modèles de planification. Dans le cadre d'une approche hiérarchique, on trouve essentiellement deux types de modèles :

- les modèles par "dates de début" ou "par tâches" qui consistent à déterminer les dates de début de tâches sur différentes ressources.
- les modèles par "quantité" qui consistent à déterminer des quantités de produits à fabriquer par période de temps,

I.II. Modèles par dates de début

Caractéristiques des modèles « par dates de début » ou « par tâches »

Dans les modèles par date de début, les variables de décision sont les dates de début des tâches t_i sur les différentes ressources. On définit une tâche comme étant une quantité de travail concernant la fabrication d'un produit caractérisée par sa durée d'exécution p_i .

Les contraintes principales du problème de planification à moyen terme avec un modèle par dates sont les suivantes :

- *les contraintes potentielles* dont les contraintes de succession (ou de précédence) se traduisent de la manière suivante : $\forall i, \forall j, t_j - t_i \leq a_{ij}$ avec $a_{ij} = p_i$ pour les contraintes de succession.
- *les contraintes de capacité* qui expriment le fait que sur chaque ressource, on ne peut faire qu'un nombre limité de tâches simultanément. Parmi ces contraintes on distingue :
 - les contraintes disjonctives qui concernent les ressources de capacité unitaire, ce sont des contraintes du type "tâche i avant la tâche j " ou "tâche j avant tâche i " qui s'expriment comme une disjonction de contraintes potentielles : $t_i + p_i \leq t_j$ ou $t_j + p_j \leq t_i$.
 - des contraintes cumulatives dans le cas de ressources de capacité non unitaire. Il faut exprimer que, à chaque instant, les moyens nécessaires à l'exécution d'un certain nombre de tâches sont limités sur une unité de production. Ceci se traduit par la contrainte suivante : $\forall t, \forall r, \sum_i q_{i,r} \leq C_r$ avec $q_{i,r}$ étant la quantité de ressources utilisée pour l'exécution de la tâche i sur la ressource r à l'instant t et C_r la capacité de la ressource r .
- *les contraintes de respect des dates de livraison* (ou dates dues) : les dates de livraison données par le client doivent être respectées. Le modèle par dates de début exprime le fait que la date de fin d'une tâche doit être inférieure à la date due concernant cette tâche. Ce qui se traduit par des contraintes de type : $t_i + p_i \leq \beta_i$ avec β_i la date due de la tâche i .

Problèmes concernés

Les modèles par dates de début sont souvent dédiés au court terme en particulier dans le cadre de la résolution des problèmes d'ordonnancement d'atelier. Pour ce type de problème on emploie souvent le terme ordonnancement (plutôt que planification) de projet (production unitaire) ou d'ordonnancement multi-projet (très petite série, gestion à la commande) même quand il s'agit d'un problème de décision à moyen terme. En effet, dans ce cas, le même type de modèle (modèle par date) est utilisé à court et à moyen terme d'où l'amalgame entre le problème (planification) et le modèle utilisé (modèle par date souvent qualifié de modèle d'ordonnancement).

Agrégation des données

Du fait du niveau de décision auquel on se place on considère des ressources qui doivent être gérées sur un horizon de temps relativement long (la durée du projet par exemple).

Sur un horizon fixé, le fait de considérer des ressources agrégées ne doit pas modifier les décisions effectuées. Il faut donc calculer les capacités des ressources et les durées agrégées de fabrication des produits, de manière à se rapprocher au mieux de cet objectif. Lorsqu'on agrège par exemple plusieurs machines en une unité de production, la durée de fabrication des produits (prise en compte au niveau des contraintes de capacité) sur cette unité de production doit être mise à l'échelle de la capacité de l'unité de production, il faut donc agréger les durées des tâches.

Lors de cette agrégation on perd des informations. Aussi une "bonne" agrégation devra être la plus proche possible de la réalité (même s'il se peut par exemple que la succession entre les tâches ne soit plus exactement conforme à la réalité lorsqu'on se place au niveau de l'unité de production).

1.1.2. Modèles par quantités

Caractéristiques des modèles par quantités

Dans le modèle par quantités, le temps est divisé en intervalles de temps appelés périodes. Les variables de décision x_{it} sont les quantités de produits i (et de sous-produits) fabriquées pendant des périodes t (par exemple le jour).

Les contraintes principales du problème de planification à moyen et court terme avec un modèle par quantités sont les suivantes :

- *les contraintes de succession* sont exprimées sous la forme :

- *de contraintes de conservation* au niveau des stocks :
 $\forall i, \forall t, I_{i,t+1} = I_{i,t} + in_{i,t} - out_{i,t}$ avec $I_{i,t}$ la quantité de produit i en stock au début de la période t , $in_{i,t}$ la quantité de produit i arrivant dans le stock pendant la période t et $out_{i,t}$ étant la quantité quittant ce stock pendant cette période.

- *de contraintes de respect de la nomenclature* en liaison avec les contraintes de conservation qui expriment le fait que pour fabriquer un produit il faut disposer de ses composants $out_{i,t} = \sum_{j \in S_i} g_{ij} \cdot x_{j,t}$ avec g_{ij} la quantité de produit i nécessaire pour fabriquer un produit j et S_i la liste des produits j qui utilisent i .

- *les contraintes de capacité* qui sont exprimées de la manière suivante : la ressource a une quantité $C_{r,t}$ disponible, exprimée en ressources.temps (par exemple des machines*heures), et on ne peut pas utiliser plus que cette quantité $\forall i, \forall t, \sum_{i/\text{utilise } r} b_{r,i} \cdot x_{i,t} \leq C_{r,t}$, $b_{r,i}$ étant la quantité de

la ressource r (exprimée dans la même unité que la capacité) utilisée pour la fabrication du produit i .

- *les contraintes de respect des dates de livraison* (ou dates dues) qui expriment le fait qu'une date de livraison est imposée par le client : on livre à la date de livraison la quantité de produit commandée pour cette date : $out_{i,t} = d_{i,t}$ avec $d_{i,t}$ quantité de produit i demandée pour la période t .

Dans le cadre des problèmes de gestion de la production de biens, les modèles par quantités sont généralement utilisés pour la prise de décision à moyen terme concernant la production en moyenne et grande série. On parle de modèles mathématiques déterministes pour la planification à moyen terme ou de modèles de lot-sizing. En effet, ces modèles se placent dans la continuité des travaux concernant le calcul des quantités économiques (EOQ) effectués au début du XX^{ème} siècle. Ces modèles sont extrêmement nombreux. Nous présentons (figure 4.4) une classification de ces modèles proposée dans [Rota, 1998] en fonction des critères suivants :

- Niveaux de nomenclature
- Prise en compte des contraintes de ressources
- Demande constante (ou non) sur l'horizon de planification.

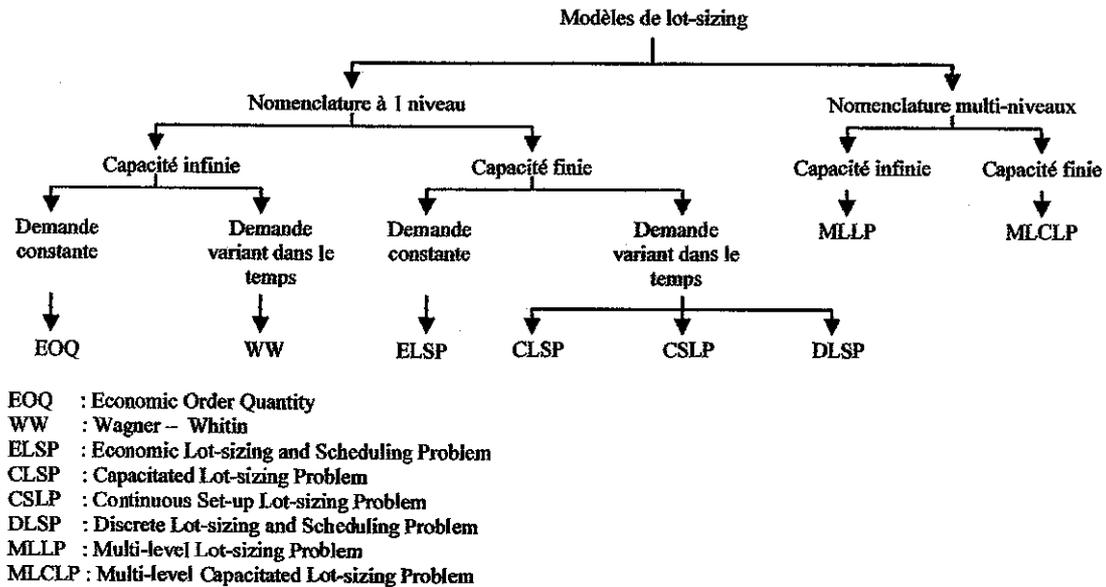


Figure 4.4 : Classification des modèles mathématique de lot-sizing

Agrégation des données

De la même manière que pour le modèle par dates, sur un horizon fixé, le fait de considérer des ressources agrégées ne modifie pas les décisions prises. Dans le modèle par quantités, les données seront agrégées au niveau du temps, des moyens de production et des produits :

- Une agrégation du temps est effectuée en discrétisant le temps en périodes.
- Une agrégation des ressources est effectuée au niveau de chaque unité de production. Ici, on ne dit pas qu'un certain nombre de ressources sont disponibles, mais qu'on dispose d'une certaine quantité de ressources exprimée en ressources.temps (par exemple en machines.heures) pour chaque période (la période étant supérieure à l'unité de temps), dans chaque unité de production.

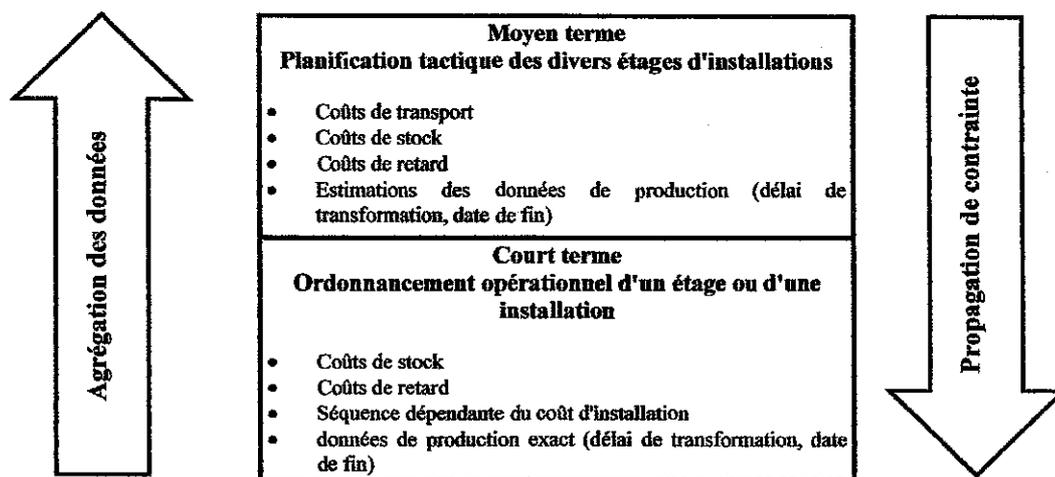


Figure 4.5 : agrégation des données et Propagation des contraintes
 [Kreipl et al., 2004]

- En ce qui concerne les produits, on considère des familles (gamme de fabrication semblable, coûts équivalents).

- Au niveau du travail nécessaire à la fabrication de ces produits, on ne parle pas de durée de fabrication par machine mais on dit que la fabrication d'un produit sur une unité de production consomme un certain nombre de ressources.temps sur une période. Par ailleurs, les commandes des clients peuvent elles aussi être considérées de manière agrégée. On ne traite pas séparément chaque commande de chaque client, mais on peut par exemple regrouper en une seule commande les commandes passées pour le même produit à la même date.

Modélisation des retards

Dans les modèles de type lot-sizing le problème de la modélisation des retards (quand il n'existe pas de plan qui respecte toutes les contraintes de livraison) a donné lieu à différents types de modèles.

Certains d'entre eux considèrent qu'il n'est pas admissible de planifier des retards à moyen terme et que s'il n'existe pas de solution respectant ces contraintes il faut faire part au décideur de la non existence d'une solution. Celui-ci devra alors modifier les données du problème (capacité de production notamment) pour qu'il existe un plan admissible.

D'autres modélisent le retard comme une rupture de stock. Une variable de décision noté I est alors introduite.

Comparaison

Le modèle par dates de début peut être utilisé au niveau ordonnancement comme au niveau planification dans la mesure où il permet de considérer chaque ressource individuellement ou bien l'unité de production comme un ensemble de ressources capable de dispenser globalement une certaine quantité de service. Toutefois, on atteint les limites de ce modèle lorsqu'il s'agit de production en moyennes ou grandes séries et que le problème du dimensionnement des lots est au centre du problème de planification. Dans ce cas ce modèle n'est utilisé qu'au niveau de l'ordonnancement à court terme et il est couplé avec un modèle par quantités pour les décisions à moyen terme et notamment les décisions de dimensionnement de lots. Le modèle par quantités permet par ailleurs de rester proche du format des commandes du client en moyenne ou grande série (une quantité pour une date). Par ailleurs, on manipule directement des variables homogènes par rapport à la manière habituelle dont les résultats sont exprimés au niveau planification dans le cadre de la production en moyenne ou grande série.

Par contre dans le cas où il ne s'agit pas de production en grande série, le modèle par date est bien adapté aussi bien au niveau des décisions à moyen terme qu'au niveau du court terme.

2. planification de la demande

Les grands avantages réalisés par le SCM sont accredités à la réduction de stock, en particulier à la diminution des stocks de sécurité. Les stocks de sécurité sont principalement influencés par l'incertitude, donc tous les efforts devraient être fixés sur la réduction de cette incertitude. Trois sources d'incertitude sont connues dans les SC [Dong, 2001] :

- Incertitude du *process* (par exemple procédés de production incertains, etc.)
- Incertitude de la demande (différence entre une demande prévue ou estimée et des ventes réelles)
- Incertitude de l'approvisionnement (qualité et fiabilité des délais de livraisons).

Le but de la planification de la demande (DP – demand planning) est d'améliorer les décisions affectant la certitude de la demande et le calcul des stocks tampon ou de sécurité pour atteindre un niveau de service prédéfini. Toutes les décisions, dans la totalité de la SC, seraient basées sur des ordres (admis) de client déjà fixés et des ventes prévues ou des prévisions, les dernières sont déterminées dans le procédé de planification de la demande. Par

conséquent, la performance de chaque entité de la SC dépend de la qualité du plan de la demande. Ceci implique également que ces figures doivent être le résultat d'un effort de collaboration.

2.1. Le cadre de planification de la demande

La figure 4.5 [Stadtler et al., 2000] montre toutes les tâches du DP et les différents horizons qui utilisent ses outputs. Par exemple, le plan directeur à moyen terme exigera des prévisions de la demande pour chaque groupe de produit, ventes régionales et hebdomadaire et les stocks de sécurité (comme le niveau de stock minimal) pour chaque centre serveur de distribution (DC) ou emplacement d'installations. D'autre part, les décisions de réapprovisionnement à court terme pour les produits finis sont basées sur des prévisions quotidiennes pour chaque produit. Par conséquent, il est nécessaire de définir les caractéristiques de toutes les tâches de planification avant de décider des tâches du DP et de leur application. En plus le choix des méthodes de prévisions exige la connaissance de l'horizon de prévisions correspondant et le niveau de détail.

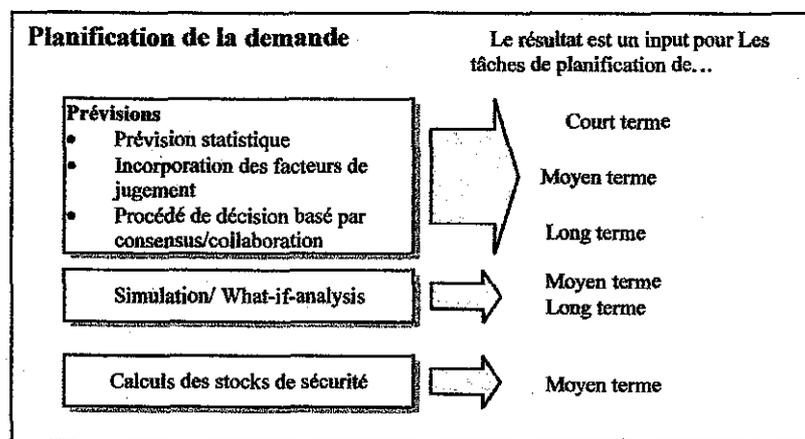


Figure 4.5 : les tâches de planification de la demande

Le module de prévisions du DP comporte les trois outils de planification suivants :

- Les prévisions statistiques emploient des méthodes sophistiquées pour créer, des prévisions pour plusieurs articles, automatiquement. Ceci pourrait être la première étape dans le procédé du DP et la capture des caractéristiques principales de la série chronologique.
- La seconde étape utilise les prévisions statistiques et ajoute l'information à la série chronologique. L'ajout comporte l'information sur les promotions, les campagnes de vente, le changement du nombre de magasins etc. Ici, l'utilisateur fournit les informations de l'instant ou le facteur influence la prévision (par exemple la promotion de ventes dans la région 3 dans la semaine 4) et le module du DP calcule les quantités correspondantes par rapport à d'anciennes influences causales.
- Le processus de prévisions doit être soutenu par plusieurs membres de la SC de différents secteurs fonctionnels (marketing, production, approvisionnement etc.). Par conséquent, un procédé efficace de collaboration est nécessaire pour obtenir un résultat qui est accepté par tous les participants. Les résultats de ce processus sont une prévision basée par consensus (consensus based forecast – CBF), et sont employés pour chaque étape de planification dans l'ensemble de la SC.

Les prévisions ne sont pas un vrai procédé de planification ou de décision car elles visent seulement à prévoir le futur. Elles n'influencent pas la demande et donc, par exemple, considère la décision sur des promotions comme étant donné [Stadtler et al., 2000]. Par

conséquent, une demande variable exige un module additionnel : simulation/what if analyse («Que se passe-t-il si?»). Cet outil permet à l'utilisateur d'observer les conséquences de différents scénarios. Ceci laisse prévoir des promotions (quand et où ?), la forme de la courbe du cycle de vie et de décider, dans un point de temps, où un nouveau produit sera lancé.

La particularité principale des prévisions est qu'elles sont habituellement erronées ! Par conséquent, chaque étape de planification qui est basée sur des données du DP contient l'incertitude dans une certaine mesure. La différence entre la quantité produite ou distribuée (résultat de la planification basée sur des prévisions) et les ventes réelles (ordres de client) influence le niveau de service de la SC en totalité. Car ce niveau de service habituellement ne peut pas atteindre 100%, les stocks de sécurité sont à cet effet un outil adéquat pour améliorer le service à la clientèle. La quantité de stocks de sécurité exigée pour atteindre un niveau de service désiré est étroitement liée aux prévisions, car l'erreur de prévision est comprise dans le calcul.

2.2. Les grandes catégories de prévisions

On trouve deux grandes catégories de méthodes : celles qui sont plutôt qualitatives, fondée sur l'expérience et le jugement, et celles qui sont plutôt quantitatives faisant systématiquement appel à l'outil statistique [Gratacap *et al.*, 2001] [Lambersend, 1999].

Les prévisions qualitatives : elles concernent principalement l'expérience, l'intuition, et l'opinion acquises durant des années par les professionnels de la vente (commerciaux, réseau de distribution, chef de produits, cadre du marketing...). Les prévisions ainsi obtenues seront systématiquement corroborées par une étude de marché lorsque le produit est nouveau, ou lorsque la zone où l'on souhaite le commercialiser est nouvelle. L'étude de marché consiste à poser un certain nombre de questions aux consommateurs potentiels, afin d'estimer la demande future et son évolution. Enfin, il est possible de solliciter l'avis de professionnels reconnus dans leur domaine pour leur expertise.

Tableau 4.1 : nature de la décision et prévisions¹ [Gratacap *et al.*, 2001]

| Nature des décisions | Stratégique | Tactique | Opérationnelle | |
|-------------------------------|--|--|--|--|
| Horizon | Long terme (3 ans et +) | Moyen terme (de 6 mois à 2 ans) | Court terme (quelques semaines) | Très court terme (quelques jours) |
| Illustrations | Construire une usine ou lancer un nouveau produit | Planification de la capacité PIC | Planification de la fabrication PDP | Ordonnancement Ordres de fabrication Ordres d'achat |
| Niveau de la prévision | Grandes familles de produits | Familles de produits | Produits | Produits, options et composants |
| Degré d'agrégation | Maximal | Fort | Moyen | Minimal |
| Méthodes utilisées | Etude réalisée par des syndicats professionnels ou d'autres organismes Etudes de marché | Expérience Opinions des cadres Etudes de marché spécifique Analyse statistique de tendance techniques économétriques | Similitudes avec un produit existant Analyse statistique de la saisonnalité Régressions et corrélations Moyenne mobile Lissage exponentiel | En fonction des prévisions précédentes, les logiciels établissent les besoins nets de chaque article Outil statistique déjà cité pour les options |

¹ Cette typologie des décisions de gestion est notamment inspirée par I. Ansoff (1974) et par R. Antony, *Planning and Control System : a framework for analysis*, Harvard University Press, 1965.

- **Les prévisions quantitatives** : les techniques quantitatives se divisent à leur tour en deux grandes catégories, chacune d'elles particulièrement utilisées lors d'élaboration de prévisions à court ou moyen terme : les méthodes d'extrapolations dans le temps (autoprojectifs) et les méthodes explicatifs

2.3. Agrégation et désagrégation des prévisions

La DP signifie la prédiction de futures ventes; donc, d'une part, il est nécessaire d'incorporer toute information disponible et appropriée dans une SC. D'autre part on doit pouvoir rechercher des prévisions agrégées, comme les chiffres de la demande agrégés en groupes de produit et en semaines pour le plan directeur. Par conséquent, la base de données du DP doit soutenir au moins les trois dimensions d'agrégations et de désagrégations suivantes :

- dimension produit : produit → Groupe de produit → Famille de produit → articles de Produit
- dimension géographique : client → Région de ventes → DC régional / local
- dimension temporelle : différent intervalle (jours → Semaines → Années) et horizon

2.4. Techniques de prévisions statistiques

Les méthodes de prévisions ont été développées depuis les années 50 pour des prévisions d'affaires et en même temps pour des buts économétriques (par exemple taux de chômage etc...). Leur application dans des modules de logiciel permet de créer des prévisions pour plusieurs articles en quelques secondes.

2.4.1. Typologie des techniques de prévision

Le classement proposer ici [Giard, 2003], sous la forme très succincte d'un schéma arborescent, est comme suivant :

Le premier clivage est celui qui oppose *modèles explicatifs*¹ et *modèles autoprojectifs*². Dans le premier cas, la prévision se fonde, au moins en partie, sur des valeurs prises par des variables autres que celle que l'on cherche à projeter, tandis que, dans le second cas, on considère que le futur se déduit tout naturellement du passé. En réalité, ces deux classes de modèles ne poursuivent pas les mêmes buts et ne s'adressent pas aux mêmes séries car :

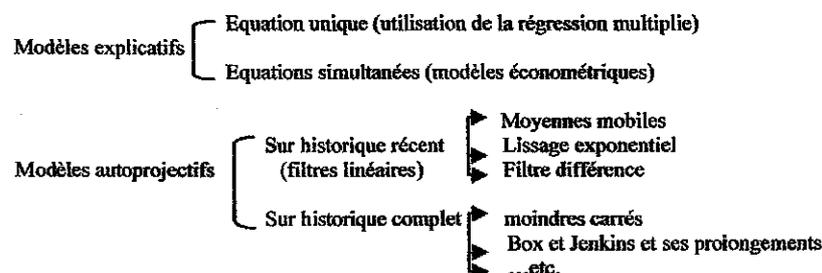


Figure 4.6 : typologie des modèles de prévision

- la poursuite des tendances du passé, observées sur une série qui est à la base des modèles autoprojectifs, ne s'opère sans trop de risque que sur le court terme;

¹Ou approche causale, méthode exogène.

²Approche d'analyse de série chronologique

- un modèle explicatif n'est envisageable qu'à un niveau d'agrégation de données suffisant (cette agrégation portant sur les dimensions spatiales et temporelles, ainsi que le nombre d'articles ou de prestations de service pris en compte dans la chronique).

Chacune de ces méthodes essaient donc d'incorporer l'information de l'historique du produit / article dans le processus de prévisions pour de futures figures. L'analyse de série chronologique (modèles autoprojectifs) suppose que la demande suit un modèle spécifique. Par conséquent, la tâche d'une méthode de prévisions est d'estimer le modèle de l'historique des observations. Les pronostics peuvent alors être calculés en employant ce modèle d'évaluation. L'avantage de ces méthodes est qu'ils exigent seulement l'observation passée de la demande. Les modèles (composantes) d'analyse de série chronologique de la demande sont :

1. **Modèle de niveau**¹ : il regroupe deux catégories d'éléments :

- une composante identifiable : il s'agit d'événements exceptionnels tels que les grèves, des tempêtes...
- une composante non identifiable, aléatoire : il s'agit de variations aléatoires imprévisibles. Alors la demande x_t dans une période spécifique t comprend le niveau a et le bruit aléatoire² u_t (ε_t ³).

$$x_t = a + u_t \quad 4.1$$

2. **Modèle de tendance** : il représente l'évolution à moyen et/ou long terme du phénomène étudié. La tendance linéaire b est ajoutée à l'équation du modèle de niveau.

$$x_t = a + b \cdot t + u_t \quad 4.2$$

3. **Modèle saisonnier** : il est supposé qu'un modèle fixe se répète chaque T périodes (cycle). Selon l'ampleur des oscillations cycliques un rapport multiplicatif ou additif peut être considéré.

$$x_t = (a + b \cdot t) + c_t + u_t \quad \text{Modèle additif} \quad 4.3a$$

$$x_t = (a + b \cdot t) \cdot c_t + u_t \quad \text{Modèle multiplicatif} \quad 4.3b$$

Là où $c_t = c_{t-T} = c_{t-2T} = \dots$ sont les indices saisonniers (coefficients).

Les modèles causals supposent que le procédé de la demande est déterminé par quelques facteurs connus. Par exemple, les ventes de crème glacée pourraient dépendre du temps ou la température d'un jour spécifique. Par conséquent, la température est le principal indicateur de ventes de crème glacée. Si assez d'observations des ventes et température sont disponibles pour l'article considéré, alors le modèle principal peut être estimé. Pour cet exemple, le modèle pourrait se composer d'une certaine quantité d'une demande indépendante z_0 et le facteur de la température $z^1(t)$

$$x_t = z^0 + z^1(t) \cdot w_t + u_t \quad 4.4$$

Là où w_t est la température le jour t .

Quant à l'évaluation des paramètres dans les modèles causals, l'historique de la demande exige beaucoup plus de données que dans l'analyse de série chronologique. En outre, l'expérience pratique prouve que les modèles de série chronologique produisent souvent de meilleures prévisions que les modèles causals complexes.

¹ Constant, stationnaire, résiduel ou accidentel

² Ou bruit blanc : une séquence de variables aléatoires indépendante, de moyenne nulle est de même loi de probabilité.

³ Dans certains livres (Giard, 2003)

En ce qui va suivre les caractéristiques et les approches les plus fréquemment utilisées, des méthodes de prévision, sont décrites. La première partie présente les techniques de prévisions utilisées pour des modèles de série chronologique [Courtois et *al.*, 2005], [Giard, 2003], [Stadtler et *al.*, 2000], [Gratacap et *al.*, 2001], [Lambersend, 1999] [Aouni, 2005].

2.4.1.1. Méthodes de moyenne mobile et de lissage exponentiel

Moyenne mobile. La moyenne mobile (MA – Moving Average) est utilisée pour des prévisions des articles avec une demande avec niveau. L'évaluation de paramètre pour le niveau \hat{a} est calculée en faisant la moyenne des n observations passées de la demande. Le paramètre sert de prévision à toutes les futures périodes, puisque la prévision \hat{x}_t est indépendante du temps. Selon les statistiques simples, l'exactitude de la prévision augmentera avec la longueur n de la série chronologique considérée, parce que les déviations aléatoires obtiennent moins de poids. L'inconvénient de cette méthode est que plus la prévision s'établit en incorporant un nombre important de valeurs passées, plus le prévisionniste prendra le risque de ne pas percevoir une modification récente de la tendance.

Lissage exponentiel. La nécessité de couper la série chronologique est évitée par la méthode de lissage exponentielle, parce qu'elle assigne différents poids à toutes les données observées de la demande et les incorpore à la prévision. Le poids des observations diminue exponentiellement avec la dernière demande qui a obtenu le poids le plus élevé. Par conséquent il est possible de rester à la hauteur des changements du modèle de la demande et de garder les informations qui ont été fournies par des valeurs plus anciennes. Pour le cas d'une demande de niveau, la prévision pour la période $t+1$ sera calculée selon l'équation suivante :

$$\hat{x}_{t+1} = \hat{a}_t = \alpha \cdot x_t + \alpha(1-\alpha) \cdot x_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 \cdot x_{t-2} + \dots \quad 4.5$$

Le paramètre α est la constante de lissage, à laquelle des valeurs entre 0 et 1 peuvent être assignées.

Le Lissage exponentiel pour les modèles avec niveau de la demande est facile à s'appliquer et exige peu de capacité de stockage (données). Par conséquent, il fournit de bonnes prévisions pour ce genre de modèle et il calcule également des prévisions raisonnables pour les articles qui sont influencés par des fluctuations aléatoires élevées [Silver, 1998].

Le procédé de Lissage exponentiel pour une demande de niveau peut être prolongé pour des modèles avec tendance et des modèles saisonniers multiplicatifs ((4.2) (4.3b)). La méthode pour le modèle avec tendance est connue sous le nom du procédé de Holt et Winter. Il lisse les deux limites du modèle, du niveau α et de composante de tendance b avec différente constante de lissage α et β .

Winters a présenté le modèle saisonnier avec lissage exponentiel. La méthode de Winters est un outil efficace pour prévoir les modèles saisonniers, parce qu'elle lisse les évaluations pour les trois paramètres a , b et c . Contrairement aux deux précédent modèles les méthodes saisonnières en besoins de bien plus de données pour initialiser les paramètres. Pour des évaluations fiables des coefficients saisonniers, il est nécessaire de considérer au moins deux cycles d'historique de la demande (par exemple deux ans).

2.4.1.2. Analyse de régression

Là où l'influence significative de quelques facteurs connus est présente, il semble être correcte d'utiliser les modèles causals dans le processus de prévisions. L'analyse de régression est la méthode standard pour l'évaluation des valeurs de paramètre dans les modèles causals. Habituellement la Dépendances linéaires entre la variable dépendante X_t (par exemple la demande) et les principaux facteurs (variables indépendantes ; par exemple la température,

dépenses pour les promotions etc.) sont considérés. Par conséquent, le modèle de régression multiple peut être formulé comme suit :

$$x_t = z_0 + z_1 \cdot w_{1t} + z_2 \cdot w_{2t} + \dots \quad 4.6$$

Le modèle de crème glacée s'appelle le modèle de régression simple, car il considère seulement un principal indicateur. La régression linéaire multiple emploie la méthode des moindres carrés pour estimer les paramètres du modèle (z_0, z_1, z_2, \dots). Ce procédé réduit au minimum la somme de la différence carrée entre la demande réelle et la prévision que le modèle produit. Alors que le lissage exponentiel considère toutes les observations passées, la méthode de régression est appliquée à un ensemble prédéfini de données. Les inconvénients d'un tel procédé sont les mêmes que pour le modèle de moyenne mobile. De plus, le poids de toutes les valeurs considérées égale à un et donc le modèle ne peut pas réagir avec souplesse aux changements des modèles de la demande.

2.4.1.3. Méthode ARIMA/Box-Jenkins¹

Alors que les deux types de modèles décrits ci-dessus assument l'indépendance statistique des valeurs de la demande dans différentes périodes, l'autorégression intègre les modèles de moyenne mobile (ARIMA²) considérant explicitement des demandes dépendantes. Par conséquent, ces méthodes ne font pas des prétentions au sujet du modèle fondamental de la demande, mais composent une fonction de différents modules qui adapte mieux les données observées. La fonction modèle est trouvée en exécutant itérativement les trois étapes suivantes :

1. *Identification du modèle* : un modèle approprié d'ARIMA est choisi en comparant l'autocorrélation des distributions théoriques et observé. L'autocorrélation (fonction³) énonce l'existence de la corrélation entre la demande et les observations réelles quelque part dans le temps (passé).
2. *Évaluation du modèle* : comme dans le modèle de régression les paramètres de la fonction de prévisions doivent être estimés dans des modèles d'ARIMA. Par conséquent, un procédé recherche les valeurs qui réduisent au minimum l'erreur de moyenne carrée du modèle.
3. *Test du modèle* : si la limite d'erreur est purement aléatoire et indépendante, alors on assume que le modèle est fiable.

La méthode de Jenkins exige beaucoup d'expérience. De plus, l'évaluation initiale du modèle devrait être basée sur au moins 50 observations de la demande. Par conséquent, les modèles d'ARIMA pourraient convenir seulement à quelques articles importants de classe A ou aux prévisions d'agrégation du moyen terme. Mais, si les modèles d'ARIMA sont utilisés, la qualité devrait être meilleure que les modèles de série chronologique simples ou même les modèles causals.

2.5. Incorporation des facteurs de jugement

Les cinq procédures d'intégration sont [Armstrong et Collopy dans Stadtler *et al.*, 2000] :

¹ Les approches de «Box et Jenkins» consistent à éliminer dans une chronique les fluctuations qui ne sont pas dues à des perturbations aléatoires du type «bruit blanc»

² Cette classe de modèles est connue sous le nom de ARIMA, le I qui s'intercale entre AR (pour *Auto-Regressive*) et le MA (pour *Moving Average*) signifie *integrated*, c'est-à-dire sommation (sous-entendu de processus ARMA)

³ La fonction d'autocorrélation n'est autre que la fonction mathématique (lorsqu'elle existe) définissant le corrélogramme, c'est-à-dire permettant de calculer le coefficient d'autocorrélation d'ordre j pour un décalage donné de j périodes.

- *révision des prévisions de jugement :*

La première étape de ce procédé est faite par les planificateurs de la demande, qui créent des prévisions de jugement basées sur la connaissance des données *ad hoc* (par exemple : données historiques, les facteurs causals etc.). Après ils sont confrontés aux prévisions qui sont calculées en utilisant les méthodes statistiques. Alors les planificateurs ont la possibilité de mettre à jour leur évaluation initiale en incorporant une nouvelle information. Mais, il n'y a aucun pourcentage prédéfini dans quelle mesure chacun des composants doit être considéré dans la prévision finale. Ce procédé mène souvent à des prévisions plus précises. En outre, il a l'avantage qu'il laisse le contrôle du procédé du DP au planificateur.

- *Prévisions combinées :*

Puisque le procédé ci-dessus a assigné des poids variables aux deux prévisions, il est évident que ces valeurs soient souvent décentrées ou influencées par des moyens politiques. Un procédé plus formel est assuré en combinant les deux valeurs selon un arrangement pesant prédéfini. À même si des poids égaux sont assignés aux prévisions de jugement et les prévisions statistiques, de meilleurs résultats sont possibles.

- *Révision des Prévisions d'extrapolation :*

La modification des prévisions statistiques manuellement pour prendre en considération la connaissance spécifique de domaine du planificateur est une pratique courante dans beaucoup de compagnies. Mais, le processus de révision doit être structuré en conséquence. Ceci signifie que la modification de jugement doit être basée sur les déclenchements prédéfinis (par exemple promotions, le temps etc.).

- *Prévisions par les règles :*

Les prévisions par les règles sont également basées sur des prévisions statistiques. Mais, le choix ou la combinaison de différentes méthodes de prévisions est soutenu par un jugement structuré des experts. Les règles utilisées pour le choix, sont dérivées de la connaissance spécifique des experts ou de recherches passé. Elles sont basées sur des caractéristiques des séries chronologiques ou sur des facteurs causals. Les prévisions par les règles améliorent les méthodes d'extrapolation particulièrement, si les séries ont une variabilité et une incertitude moindre.

- *Prévisions économétriques :*

Les modèles de régression sont appelés méthodes de prévisions économétriques, si le procédé du choix du modèle et la définition des variables causales sont fournis par un jugement structuré. Des améliorations sont rapportées particulièrement, si ce procédé est appliqué aux prévisions de longue échelle.

Le jugement structuré doit être soutenu par des mécanismes détaillés de feedback qui montrent au planificateur la qualité de ses entrées. Par conséquent, les rapports d'erreur doivent différencier la qualité des prévisions statistiques (automatiques) et les prévisions de jugement

2.6. Implémentation des prévisions

L'implémentation du DP doit adresser les conditions des associés travaillant ensemble dans la SC. Par conséquent, il est essentiel de comprendre la série de temps à considérer. Selon les caractéristiques de la série et les dimensions (temps, produit, géographie), différentes procédures de prévisions doivent être utilisés.

2.6.1. Une demande sporadique (erratique [Courtois et al., 2005])

Nous appelons une série de temps sporadique (aléatoire), si on n'observe aucune demande pendant une certaines périodes. Ces modèles de la demande se produisent particulièrement pour les pièces de rechange ou si seulement une petite partie de la quantité demander est prévue; par exemple la demande des jeans dans une taille spécifique pour un jour et un magasin particulier pourrait être sporadique. L'utilisation des méthodes statistiques de prévisions produirait de grandes erreurs pour ces articles. Les prévisions de jugement n'augmenteraient pas la qualité, parce que l'occurrence des périodes sans demande est habituellement purement aléatoire et donc non prévisible. En outre, une demande sporadique se produit souvent pour une grande quantité d'articles de classe C, pour lesquels elle serait appréciable d'obtenir des prévisions avec de moindres coûts, de temps et d'effort pour les planificateurs.

Par conséquent, des procédures efficaces pour le calcul automatique des prévisions pour les articles de la demande sporadiques ont été développées. Ces méthodes essaient de prévoir séparément les deux composants "occurrence de la période avec une demande positive" et la "quantité de la demande". Par exemple, la méthode de Croston détermine le temps entre deux transactions (périodes de demande) et la quantité de la transaction. La mise à jour des composants peut alors être faite par des méthodes de lissage exponentielles simples. Une réduction significative de l'erreur observée est possible, si le processus de la demande sporadique n'a aucune influence spécifique qui cause l'intermittence du modèle de la demande. Par exemple, l'occurrence fréquente des sorties courante pour les ventes au détail pourrait produire une série de temps qui implique une demande sporadique.

2.6.2. Ventes perdues et les commandes en attente

Les prévisions sont habituellement basées sur l'historique de la demande d'un article. Mais, alors que les clients industriels (B2B) acceptent souvent des commandes en attente, si le produit n'est pas disponible, le client (B2C) non. Par conséquent, la quantité des ventes observées doit être égale la quantité de la demande dans le cas de commande en attente. Dans les cas de ventes perdues les figures de ventes pourraient sous-estimer la vraie demande. Pour des fins de prévisions la série de temps de la demande est nécessaire et, doit donc être calculée à partir des chiffres de ventes observés.

Il y a deux approches de résolution généralement différentes pour le problème des prévisions en présence de ventes perdues : la première essaye de calculer un historique virtuelle de la demande qui est basée sur l'historique des ventes et l'information sur les sorties courantes. Les prévisions peuvent alors être calculées sur la base de l'historique virtuelle de la demande. Cette approche fournit de bons résultats, si le nombre de sorties courantes est tout à fait bas. Une autre solution de rechange au problème des ventes perdues est l'utilisation des méthodes statistiques sophistiquées qui considèrent les ventes observées comme un échantillon censuré de l'échantillon de la demande.

2.6.3. Suivi et amélioration de la prévision

Pourquoi doit en mesurer la précision de la prévision ? Le planificateur de la demande pourrait vérifier si la méthode statistique est appropriée pour la série temporelle, si le jugement (humain) est nécessaire ou s'il est utile d'incorporer l'information sur les promotions. Dans tous les cas un critère est nécessaire pour l'évaluation de ses décisions. Mais il y a, beaucoup de manières d'obtenir une certitude approprié de la prévision.

Toutes les mesures d'exactitude sont basées sur l'erreur de prévision e_t . Elle est défini comme la différence entre la quantité prévue \hat{x}_t et la quantité réelle x_t : $e_t = \hat{x}_t - x_t$. Cette valeur de l'erreur est influencée par les paramètres suivants :

- Le temps delta entre le prévu et la réel : les prévisions visent à fournir des informations au sujet des futures expéditions, des ventes etc. Normalement, il est plus facile de savoir un futur plus proche qu'un futur lointain. Ainsi, l'exactitude de prévision dépend fortement du temps entre la création de la prévision et la période de temps qui est prévue.
- La granularité de la prévision : le niveau d'agrégation a également un impact sur la certitude de la prévision. Ainsi, l'exactitude de la prévision diminue normalement chaque fois qu'on définit une granularité fine de la prévision.

Il y a plusieurs méthodes pour calculer l'exactitude de la prévision, basée sur l'erreur (écart) de prévisions e_t . Chaque mesure est calculée pour un horizon fixe n (dans le passé) qui doit être défini par le planificateur. Si l'horizon est court, alors la valeur réagit rapidement à la déviation de la moyenne, mais alors elle pourrait également fluctuer fortement en raison des variations aléatoires de la demande. Les quatre mesures suivantes sont les plus communes en pratique et également dans les logiciels du DP [Javel, 2003] [Courtois *et al.*, 2005] :

$$\text{Mean error - L'Erreur Moyenne (ME)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i$$

$$\text{Mean squared error - L'Erreur Quadratique Moyenne (MSE)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2$$

$$\text{Mean absolute deviation - Déviation (l'erreur) Absolue Moyenne (MAD)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i|$$

Mean absolute percentage error (MAPE) - Pourcentage d'Erreur Moyen Absolu (PEMA)

$$= \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{x_i} \right| \right] \cdot 100$$

Le ME de prévision correspond à la somme des erreurs de prévision divisée par le nombre d'erreurs. Le MSE est la somme des carrés des erreurs de prévisions divisée par le nombre d'erreurs de prévision dans l'horizon de temps considéré. Dans le procédé de prévisions de régression linéaire le MES est employé comme la fonction objective à minimiser. Le MAD et la somme des valeurs absolues des erreurs de prévisions divisée par le nombre d'erreurs. Le MAD emploie des poids linéaires pour le calcul de l'exactitude de prévision. De plus, la signification du MAD est plus facile à interpréter, car il peut être comparé à la quantité de la demande observée. L'inconvénient principal des mesures ci-dessus est le manque de comparabilité. Les valeurs de MES et MAD sont des quantités absolues et, ne peuvent donc pas être étalonnées contre d'autres produits. Mais, le calcul du MAPE normalise la valeur basée sur les quantités observées de la demande x_i . Le résultat est un pourcentage comparable à d'autres produits.

Les mesures décrites ci-dessus permettent l'analyse détaillée du passé, mais elles doivent être discutées à chaque fois qu'elles sont calculées. Dans la DP, pour environ 100 ou 1000 articles, une interprétation automatique de l'erreur de prévision est indispensable, donc on pourrait avoir besoin d'un système d'alerte. Ce système ne devrait soulever une alerte, sauf si le procédé statistique de prévisions ne s'ajuste plus à la série chronologique ou si le bureau de vente ne fournissait pas les informations sur une promotion des ventes. Un système d'alerte peut être déclenché par des seuils qui sont basés sur une des mesures de l'exactitude de la prévision [Gratacap *et al.*, 2001]. Ces seuils sont définis par le planificateur de la demande et mis à jour sous sa responsabilité.

- Le signal d'alerte instantané (SAI) calculé à la période j correspond à l'erreur constatée à cette période divisée par MAD. Pour que le modèle soit jugé de bonne

qualité, cet indicateur qui peut être positif ou négatif, ne doit pas être trop élevé (en valeur absolue). $SAI_j = \frac{e_j}{MAD}$. Cet indicateur compare l'erreur observée ponctuellement à la période j à la moyenne des erreurs observées jusque-là¹.

- Le signal d'alerte (*tracking signal*) correspond à la somme des erreurs constatées divisée par MAD. $TS = \frac{\sum e_t}{MAD}$.

En plus de la technique de seuil autres mécanismes de déclenchement ont été développés, qui sont tous basés sur l'exactitude de la prévision mesurée par MES ou MAD.

2.6.4. Choix du modèle et évaluation des paramètres

Le choix d'un modèle de prévisions et l'évaluation des paramètres nécessaires sont des questions qui sont soulevées dans la phase d'implémentation du DP ou pendant la mise à jour des paramètres de prévisions. Cette mise à jour devrait être faite plus ou moins régulièrement (par exemple chaque année) mais pas trop souvent, ceci aurait comme conséquence beaucoup de nervosité (*nervousness*). L'APS fournissent souvent un certain genre d'évaluation de choix automatique du modèle et de paramètre. À ce niveau, l'utilisateur doit seulement définir l'horizon de temps sur lequel le calcul devrait être établi. Le système alors recherche toutes les procédures statistiques de prévisions et combinaisons de paramètre disponibles et choisit celle qui produit la meilleure exactitude de prévision dans l'intervalle de temps indiqué. En conséquence, l'utilisateur obtient la liste des méthodes de prévision et les paramètres correspondants pour chaque produit / article qu'il devrait implémenter [Stadler *et al.*, 2000]

2.6.5. Management du cycle de vie et l'introduction / suppression du produit

Dans beaucoup d'entreprises novatrices, comme l'industrie informatique, les cycles de vie de certains composants ou de produits ont été réduits de moins d'une année. Comme les procédures de prévision statistiques nécessitent un historique important de la demande, elle prendrait le cycle de vie entier jusqu'à ce que de meilleurs résultats soient recueillis. Mais, vu que les nouveaux produits remplacent les produits anciens avec presque la même fonctionnalité, il est plausible de réutiliser les informations dans la courbe de la demande pour la prochaine génération.

Deux principales approches sont connues dans la pratique : la première index la série chronologique complète et détermine le facteur de cycle de vie qui doit être multiplié avec la demande moyenne pour obtenir la quantité d'une période spécifique dans le cycle de vie (management du cycle de vie). La seule information requise pour la demande de nouveaux produits est la longueur du cycle et la demande moyenne estimée. Ces deux valeurs sont adaptées sans interruption quand les données observées de la demande deviennent disponibles pendant la vie du produit.

La deuxième approche (mettant la méthode en phase) divise le cycle de vie entier en trois phases. La phase d'introduction décrit le lancement d'un nouveau produit qui est caractérisée par une augmentation de la demande selon un certain pourcentage (croissance linéaire). Après la série suit un modèle de demande constant, considéré dans les procédures statistiques de prévisions. Pendant la phase de déclin la demande diminue progressivement avec un pourcentage spécifique jusqu'à la fin du cycle de vie du produit.

¹ C'est-à-dire si SAI est égal à 3 ceci signifie que l'erreur constatée en j est trois fois supérieure à l'erreur moyenne, ce qui doit constituer un signal pour le planificateur.

Pour l'application réussie de ces modèles, il est nécessaire que l'APS pourvoit la fonctionnalité de construire une bibliothèque modèle. Dans ces bases de données, des cycles de vie ou des modèles de mise en phase sont stockés pour chaque groupe de produit à étudier. La plupart du temps seulement un cycle de vie existe pour un groupe de produit et ce modèle est mis à jour chaque fin de cycle.

2.6.6. Stock de sécurité

La plupart des fournisseurs d'APS complètent leurs modules de DP avec la fonctionnalité du calcul de stock de sécurité. C'est intuitif puisque l'erreur de prévision est l'une des principaux facteurs qui influence la quantité de stocks nécessaires pour atteindre un niveau de service spécifique. Le calcul des stocks de sécurité est tout à fait complexe, car il existe différentes formules dont chacune est adaptée à un problème spécifique. Cette section se concentre sur les fonctionnalités qui peuvent être trouvées dans la plupart des APS.

Pour les systèmes à un seul étage, la quantité de stock de sécurité nécessaires ss est généralement déterminée par le produit de l'écart type de l'erreur de prévision pendant le temps de risque σ_R et le facteur de sécurité k :

$$\text{Stock de sécurité } ss = k \cdot \sigma_R$$

Supposant que la variance de l'erreur de prévision dans l'avenir est la même que dans le passé, σ_R peut être calculé en multipliant l'écart type de l'erreur de prévision σ_e avec la racine carrée du temps de risque \sqrt{R} . La durée du temps de risque dépend du système de gestion des stocks. Les deux systèmes suivants doivent être distingués :

- **Système de revue périodique :**

Dans un tel environnement la position de l'inventaire est passée en revue seulement chaque périodes de temps t (intervalle de revue). Chaque fois que l'inventaire est passé en revue, un ordre est déclenché et envoyé à l'entité d'approvisionnement (par exemple, département de production, fournisseur). On assume que la livraison est disponible après le délai de remplissage L . Donc, le temps de risque égale la somme de l'intervalle de revue et du délai de remplissage: $R = L + t$.

- **Système de revue continu :**

Dans les systèmes de revue continus le point de temps dans lequel un ordre est libéré, est déclenché par un point prédéfini de nouvelle commande. Si la position du stock tombe au-dessous du point de commande, un ordre d'une quantité spécifique q est libéré. Le temps de risque dans le système de revue continu est égal au délai de remplissage L : $R = L$.

Mais ceci ne représente que la moitié de la formule de stock de sécurité. Dans ce qui suit les causes déterminantes et certaines de leurs valeurs sont expliquées :

- **niveau de service :**

Plusieurs définitions, sur le niveau de service, existent. La plus commune est la suivante :

- niveau de cycle ou de services α : le α est défini comme un fragment de temps dans lequel aucune sorties courante ne se produit. Par conséquent, les stocks de sécurité doivent assurer la probabilité d'aucune sorties courante pendant le cycle de remplissage.
- taux de satisfaction (niveau de service β) : le taux de satisfaction est la quantité d'ordre d'un produit qui peut être accompli directement des stocks.

- Taux de satisfaction d'ordre (*order fill rate*): alors que le taux de satisfaction considère une unité d'un produit, le taux de satisfaction d'ordre compte des ordres *complets* de client servis des stocks.
- **Intervalle de revue ou quantité d'ordre :**

Dans les systèmes de revue périodiques l'intervalle d'inventaire est fixe et les quantités d'ordre dépendent de la demande estimée dans un cycle de commande. Pour les systèmes de revue continus le contraire s'applique, car la quantité d'ordre est fixe et la longueur du cycle d'ordre dépend de la demande. Mais, si la demande est approximativement de niveau (constante), les deux paramètres peuvent être convertis dans chacun par la relation :

$$\text{Quantité d'ordre } q = \text{demande } d * \text{longueur de cycle } t.$$

Ce calcul peut être fait en appliquant la formule bien connue de la quantité d'ordre économique (EOQ).

- **Fonction de distribution de la demande :**

La fonction de distribution de la demande observée est habituellement rapprochée par la distribution standard connue des statistiques. Une des fonctions de distribution les plus communes est la distribution normale. Les paramètres de distribution (moyenne et variance) peuvent facilement être calculés à partir d'un échantillon de demandes de l'historique de la série chronologique.

3. Master Planning (plan directeur)

Le but principal du plan directeur (Master Planning – MP) est de synchroniser le flux des matériaux le long de la SC. Le plan directeur soutient les décisions à moyen terme sur l'utilisation efficace de la production, du transport, des capacités d'approvisionnement, des stocks saisonniers aussi bien que l'équilibrage de l'offre et de la demande. En raison de cette synchronisation, les entités de production et de distribution peuvent réduire leurs niveaux d'approvisionnement. En l'absence de plan directeur centralisé, de grands tampons sont requis afin d'assurer un écoulement continu du matériel. Un plan directeur coordonné fournit la capacité de réduire ces stocks tampon en diminuant la variance des quantités de production et de distribution.

Pour synchroniser efficacement l'écoulement des matériaux, il est important de décider de la façon par laquelle les capacités disponibles de chaque entité de la SC seront employées. Puisque le plan directeur couvre des décisions à moyen terme, il est nécessaire de considérer au moins un cycle saisonnier capable d'équilibrer toutes les crêtes de la demande. Les décisions sur les quantités à produire et à transporter doivent être adressées simultanément tout en réduisant au minimum les coûts totaux de stock, des heures supplémentaires, de la production et du transport.

Les résultats du plan directeur sont des objectifs/instructions pour la planification et l'ordonnement de la production, planification de la distribution et du transport aussi bien que de l'achat et la planification des besoins en matières (MRP).

Le plan directeur nécessite l'agrégation des produits et les matériaux, respectivement, en groupes de produit et groupes de matériels et la concentration sur les ressources de goulot d'étranglement. Non seulement une réduction des données peut être déterminée, mais également l'incertitude des données à moyen terme et la complexité du modèle peuvent être réduites.

Le plan directeur devrait être généré centralement et mis à jour périodiquement. Ces tâches peuvent être divisées en plusieurs étapes comme décrit dans la section 3.3.

3.1. La situation de décision

Basés sur les données de la demande du module de DP, le plan directeur doit créer un plan agrégé de production et de distribution pour toutes les entités de la SC. Il est important d'expliquer la capacité disponibles et les dépendances entre les différents étages de production et de distribution. Un plan éprouvé pour la SC entière mène à une synchronisation des flux matériels sans créer de tampon entre ces entités.

Pour se servir du module plan directeur, il est nécessaire que les quantités de production et de transport puissent être divisées et produites dans différentes périodes. En plus, les moyens et les produits devraient être stockable (au moins pendant plusieurs périodes) pour pouvoir équilibrer les capacités.

Les options suivantes doivent être évaluées si les goulots d'étranglement sur des ressources de production se produisent :

- produire dans des périodes antérieurs tout en augmentant les stocks saisonniers
- produire dans des emplacements alternatifs avec des frais de production et/ou de transport plus élevés
- produire en modes de production alternatifs avec des coûts de production plus élevés
- acheter les produits d'un fournisseur avec des coûts plus élevés que vos propres coûts de fabrication
- faire des heures supplémentaires pour accomplir une demande donnée avec des coûts de production accrus et des coûts fixes additionnels

Il est également possible qu'un goulot d'étranglement se produit sur les lignes de transport. Dans ce cas les alternatives suivantes doivent être prises en compte :

- produire et transporter dans des périodes antérieurs tout en augmentant les stocks saisonniers à un centre serveur de distribution (DC)
- distribuer les produits en utilisant des modes de transport alternatifs avec différentes capacités et coûts
- livrer aux clients d'un autre centre serveur de distribution

Afin de résoudre ces problèmes de façon optimale on doit considérer la SC dans l'ensemble et générer une solution avec une vue centralisée tout en considérant tous les coûts et contraintes ad hoc. Autrement, les approches décentralisées mènent à des solutions sub-optimales.

3.1.1. Horizon et périodes de planification

Un horizon détermine l'espace total de temps sur lequel l'entreprise organise ses prévisions et le degré de détail (granularité) des informations. Un horizon se caractérise par [Javel, 2003] :

- Une unité de planification : période élémentaire d'analyse du temps (par exemple, l'heure, le jour, la semaine, etc.)
- Un horizon couvert : période totale d'étude de la prévision
- Un cycle de révision des informations intervalle de temps au bout duquel il est nécessaire de remettre en cause les décisions élaborées sur l'horizon couvert.

Il est important, dans le plan directeur, de choisir un horizon de planification qui couvre au moins un cycle saisonnier. Autrement, il n'y a aucune possibilité d'équilibrer les capacités tout au long d'une saison, et par conséquent, les crêtes de la demande ne seront pas probablement couvertes. Souvent, l'horizon de planification pour le MP couvre 12 mois [Goodman, 1974].

L'horizon de planification est divisé en plusieurs périodes. La durée de ces périodes (souvent une semaine ou un mois) doit être choisie soigneusement quant aux délais d'exécution sur chaque étage de la SC.

Pour travailler sur des données courantes, il est nécessaire de mettre à jour le MP dans des intervalles de temps discrets. Ainsi, des prévisions nouvelles et plus fiables de la demande de même que des ordres de client connus sont considérés dans la nouvelle planification à horizon glissant.

3.1.2. Décisions

Le MP doit traiter la différence entre les coûts d'inventaire, de production, des transports, et l'augmentation de la capacité [Goodman, 1974]. Les quantités correspondantes qui sont produites, déplacées ou stockées devraient être alors déterminées dans le procédé du MP.

Les quantités à produire sont principalement déterminées par les coûts de production et la capacité disponible. L'extension de la capacité doit être modélisée comme une variable de décision dans le MP si les quantités de production dépendent également de ces perfectionnements. Non seulement la capacité de production, mais également les capacités de transport sur les liens entre usines, entrepôts et clients ont besoins d'être prévues dans le MP. Les décisions sur les installations et les changements sont prises en considération dans le MP seulement si les tailles de lots couvrent habituellement plus que la demande d'une période. Autrement, la décision est laissée à la planification et à l'ordonnancement de la production, et seulement des temps d'installation sont prévus dans le MP.

Bien que les capacités de transport donnent seulement une structure pour les quantités qui peuvent être transportées de A à B, la décision sur la quantité à transporter (pour chaque intervalle de temps et groupe de produit) doit aussi être dressée. Généralement, les frais de transport sont considérés dans la planification à moyen terme. Par conséquent, il est seulement possible de déterminer les quantités, mais pas le chargement détaillé d'un seul moyen de transport. Ceci doit être réalisé dans la planification de la distribution et du transport (section 7.6).

Si les quantités de production et de transport sont déterminées, les niveaux de stock seront connus. Les variables de décision sont (par exemple) :

- quantités de production (à produire) pour chaque produit, période et usine
- quantités à transporter sur chaque lien de transport de l'usine au DC, pour chaque produit et période
- niveau de stock final pour chaque produit, période et DC
- Les heures supplémentaires pour chaque usine dans chaque période.

3.1.3. Objectifs

Comme décrit dans la section précédente, le modèle du MP doit respecter plusieurs restrictions en minimisant les coûts totaux. Ainsi les coûts qui affectent la fonction objectif dépendent de la situation de décision.

La fonction objectif (par exemple) réduit au minimum la somme des

- coûts de production
- stock tenant compte des coûts (inventory holding costs) – coûts de stockage
- coûts additionnels pour l'usage des heures supplémentaires et
- Frais de transport.
- ...etc.

3.1.4. Données

Le MP reçoit les données de différents systèmes et modules. Les données de prévision, qui décrit la demande de chaque (groupe) produit dans chaque période dans un horizon de planification, sont un résultat du DP.

Les données sont :

- prévisions de ventes pour chaque région et produit dans chaque période
- capacité régulière et disponible de chaque usines (machine) et période
- heures supplémentaires maximum dans chaque usine
- l'efficacité de production des produits produit dans des usines spécifiques (par exemple en tonnes de produits finis par heure)
- les niveaux des stocks courant à chaque DC et pour chaque produit
- les niveaux des stocks minimaux à chaque DC et pour chaque produit
- ...etc.

3.1.5. Résultats

Les résultats du MP, sont les valeurs optimisées des variables de décision qui, sont des instruction pour d'autres modules de planification.

Par conséquent, les résultats les plus importants sont l'utilisation prévue de capacité (dans chaque intervalle pour chaque (groupe) ressource et lien de transport) et la quantité de stock saisonnier à l'extrémité de chaque intervalle de temps. Les capacités de production sont des entrées pour la planification et l'ordonnancement de la production.

Les résultats (par exemple) sont :

- les stocks saisonniers, qui sont la différence entre le stock minimal et le niveau d'inventaire prévu, pour chaque produit, période et DC
- Quantité d'heures supplémentaires pour chaque usine dans chaque période qui devrait être réservée.
- ...etc.

3.2. Construction du modèle

Dans la plupart des APS, le MP est décrit par un modèle de programmation linéaire (LP) avec des variables continues. Cependant, quelques contraintes (comprenant des variables binaires et en nombre entier) peuvent impliquer de convertir le modèle de LP en modèle MIP plus complexe [Goodman, 1974] [Charnes *et al.*, 1968]. Dans cette section nous illustrerons les étapes d'établissement d'un modèle de MP, et nous illustrerons comment la complexité dépend des décisions modélisées. En outre, il est expliqué comment la complexité peut être réduite par l'agrégation et comment les coûts de pénalité devraient être employés pour trouver des solutions (faisables).

3.2.1. Approche de modélisation

La figure 4.7 montre une approche générale pour établir un modèle de SC qui peut être appliqué à la plupart des APS.

Étape 1 : modèle niveau-macro

Dans la première étape, Les principaux clients, fournisseurs et sites de production et de distribution de la SC sont modélisés. Ces entités sont reliées par des liens directs de transport. Le résultat de cette étape est un réseau général des entités de la SC.

Étape 2 : modèle niveau-micro

Chaque entité de la SC peut être modélisée plus en détail dans la deuxième étape si nécessaire. Tous les groupes de ressource qui pourraient s'avérer devenir un goulot devraient être modélisés pour chaque lien d'entité et de transport. Les flux des matériaux et les capacités des goulots potentiels sont définis pour chaque groupe de produit et (groupe) article. La dépendance entre le produit et les groupes d'article sont modélisés en définissant les entrées et sorties des matériaux pour chaque processus.

Étape 3 : modèle planification-profil

La dernière étape est de définir un profil de planification. Définir le profil de planification inclut la définition des calendriers de ressource, les stratégies de planification par les approches heuristiques et les profils d'optimisation.

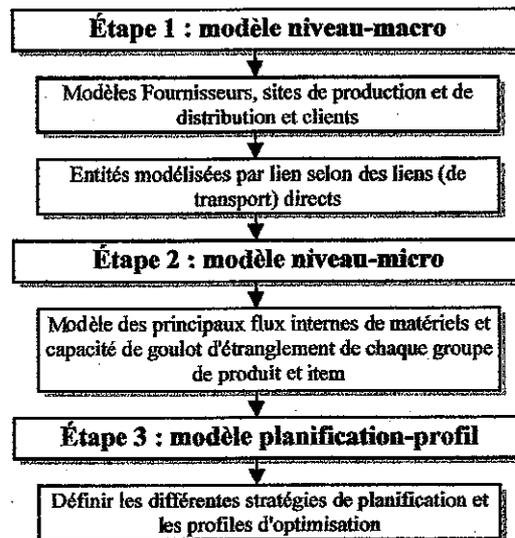


Figure 4.7 : Construction de modèle de la Supply Chain

3.2.2. Complexité du modèle

La complexité et le temps d'exécution des modèles d'optimisation sont (fortement) corrélés. Pour cette raison, il est important de savoir quelle décision mène à quelle complexité. Ainsi, il est possible de décider de la différence entre l'exactitude et le temps d'exécution. Plus un modèle est précis, plus les décisions sont tracées. Mais ceci implique un temps d'exécution et une dépense accrue pour rassembler les données. Les paragraphes suivants montrent la corrélation entre les décisions et la complexité du modèle.

Les principales *décisions sur les quantités* qui doivent être prises en compte dans un modèle du MP sont les quantités à produire et à transporter. Principalement, employées pour conserver la capacité sur les ressources potentielles de goulot. Si différents modes de production ou de transport peuvent être partiellement employés, des décisions additionnelles de quantité pour chaque mode, produit et période sont nécessaires. D'autres décisions importantes de quantité sont les niveaux de stock. Ils résultent de la production et le transport des quantités correspondantes aussi bien que des niveaux de stocks de la période précédente.

Les décisions de capacité se produisent seulement s'il est possible de ne pas utiliser une capacité régulière complète ou de ne pas augmenter la capacité de certaines entités de la SC. L'un des aspects d'accroissement de la capacité régulière est le travail en heures supplémentaires. Ceci implique de nouvelles décisions sur la capacité de ces heures dans chaque période pour chaque ressource. Des coûts additionnels doivent être recueillis. Des décisions alternatives doivent être prises si des postes supplémentaires sont présentés dans certaines périodes (et pour certaine ressource) pour tenir compte des coûts fixes (par exemple le coût de personnel pour un poste complet). De ce fait, le problème est beaucoup plus dur. Les ajustements appropriés des machines mènent habituellement à des modèles d'optimisation non-linéaire. Mais grâce aux efforts informatiques, la solubilité de tels modèles, diminuent rapidement.

Les décisions concernant les processus de production et de transport sont par exemple des décisions au sujet de l'utilisation des cheminements alternatifs. Cette possibilité augmentera la complexité du modèle par de nouvelles décisions et plus de données.

3.2.3. Agrégation et désagrégation

Une autre façon de réduire la complexité du modèle est l'agrégation. L'agrégation est un groupage et consolidation raisonnables du temps, des variables de décision et des données.

Agrégation du temps

L'agrégation du temps est la consolidation de plusieurs périodes (courte) en une seule (longue).

Agrégation des variables de décision

Généralement, l'agrégation des variables de décision se rapporte à la consolidation des quantités de production et les quantités de transport. [Bitran et al., 1982] Suggère d'agréger les produits selon les coûts de production, les coûts de stockage ou une demande saisonnière semblables aux types de produit. Les produits avec des coûts d'installation semblables et de BOM identique sont agrégés en familles de produit. Un problème capital dans le MP est l'agrégation des produits dans un procédé de production à plusieurs étages avec des BOM non identique. La similitude des BOM et des lignes de transport est fortement importante.

Il est important d'exécuter une agrégation en respectant la décision qui doit être prise. Si les coûts d'installation sont négligeables pour une certaine SC, sa sera incompressible de construire des groupes de produit quant aux coûts d'installation semblables. Aucune caractéristique de produit, importante pour une décision du MP, ne devrait être écarté dans le processus d'agrégation.

Agrégation des données

L'agrégation des données est le groupage des données : par exemple des capacités de production, capacités de transport, capacités de stockage, les achats et de la demande.

3.2.4. Relations aux modules de planification à court terme

Le MP agit sur tous les modules de planification à court terme en envoyant des instructions et en recevant des réactions (voir la figure 4.8).

Les instructions peuvent être classifiées en instructions primales et duales. Le premier type influence directement l'espace de décision du modèle de niveau inférieur en fournissant des contraintes telles que la capacité disponible et l'inventaire cible à la fin d'une période. Le second influence la fonction objectif du modèle de niveau inférieur en plaçant des paramètres de coûts.

Après qu'une planification à horizon glissant pour les modules à court terme soit créée, le MP peut recevoir le (s) feedback/ réaction (s) du niveau inférieur. Les instructions qui mènent à l'impraticabilité doivent être éliminées ou réduites. En changeant quelques paramètres choisis du MP, par exemple la capacité maximum disponible.

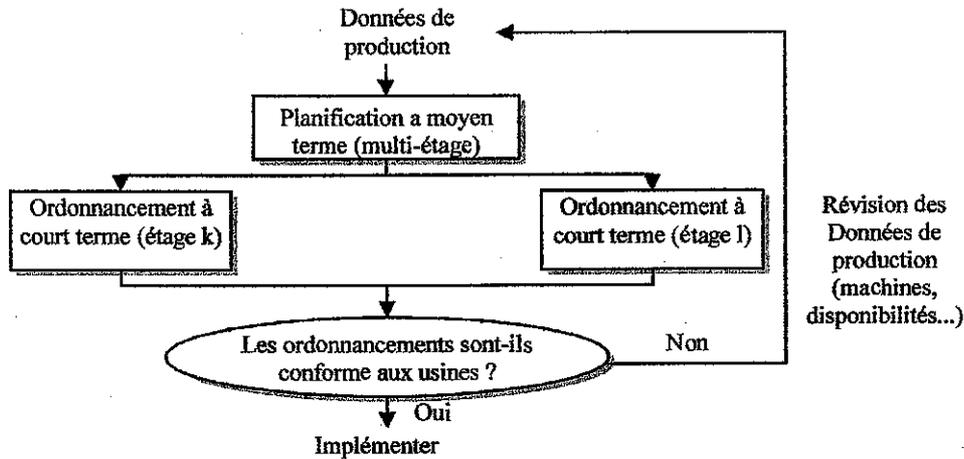


Figure 4.8 : les flux d'information entre le système de planification et d'ordonnancement
[Kreipl *et al.*, 2004]

En tant qu'élément du modèle les paramètres de conjonction, c.-à-d. les paramètres d'instructions, de réactions et de feedback à posteriori, doivent être définies. En plus, le type des relations de prorata (par exemple besoins minimum/maximum) et les moments de transfert des paramètres de quantité doivent être assignés. Pour construire le modèle anticipé du niveau inférieur les influences principales des décisions de planification à court terme dans le MP doivent être identifiées. Par exemple, les tailles de lots et les temps d'installation résultant de la planification et de l'ordonnancement de la production pourraient prendre part.

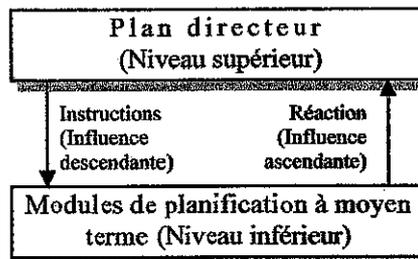


Figure 4.9 : directives et feedback dans le plan directeur

3.2.5. Utilisation des coûts de pénalité

La solution d'un modèle est guidée par les coûts choisis dans la fonction objectif. En introduisant certains coûts qui excèdent les coûts des décisions, ces décisions sont pénalisées. Les coûts des décisions diffèrent des coûts utilisés pour la comptabilité, par exemple seulement des coûts de production variables sont considérés sans dépréciations des ressources ou ventilations des frais indirects. *Les coûts de pénalité* sont employés pour représenter les contraintes qui ne sont pas explicitement modélisées. Le MP doit accomplir toutes les demandes exiger à temps. Pour éviter des plans infaisables il peut être nécessaire de pénaliser une demande non atteinte. De même, si des temps d'installation ne sont pas explicitement considérés, la perte de temps sur une ressource de goulot peut être pénalisée par des coûts corrélés avec cette perte de temps.

Pour pouvoir interpréter, correctement, les coûts de la fonction objectif, il est important de séparer les coûts selon des coûts de comptabilité et de pénalité. Régulièrement, les coûts de pénalité excèdent d'autres paramètres de coût par un montant très élevé. Pour

obtenir des coûts réguliers dans un MP, cette séparation est indispensable. Entre autres, les pénalités suivantes peuvent être introduites dans la fonction objectif :

- placer des coûts pour pénaliser la perte de temps sur les ressources de goulot d'étranglement
- des coûts d'une demande non atteinte et livraisons tardives des produits finis et des pièces
- des coûts d'augmentation de la capacité (spécialement des heures supplémentaires) pour pénaliser explicitement son utilisation
- coûts de production additionnels pour que certains emplacements pénalisent par exemple la qualité inférieure
- coûts de pénalité pour le stockage excessif pour le produit spécifique d'un client

3.3. Génération d'un plan.

Cette section illustre quelles sont les étapes qui doivent être exécutées pour la génération d'un MP (figure 4.10) [Stadtler *et al.*, 2000] et comment l'utiliser efficacement.

Comme déjà mentionné, le MP est mis à jour successivement par exemple en semaines ou mois. Ainsi, l'information récente et précise telle que le niveau de stock réel et les nouvelles données de la demande sont pris en compte. Il est nécessaire de recueillir toutes les données appropriées avant d'exécuter une nouvelle planification à horizon glissant. Ceci peut être une tâche dure si les données sont à la plupart du temps maintenues dans différents systèmes dans toute la SC. Cependant, pour obtenir des plans précis cette tâche doit être faite très sérieusement. Pour réduire au minimum la dépense dans la collecte des données, un degré élevé d'automation pour l'exécution de ce processus est recommandé.

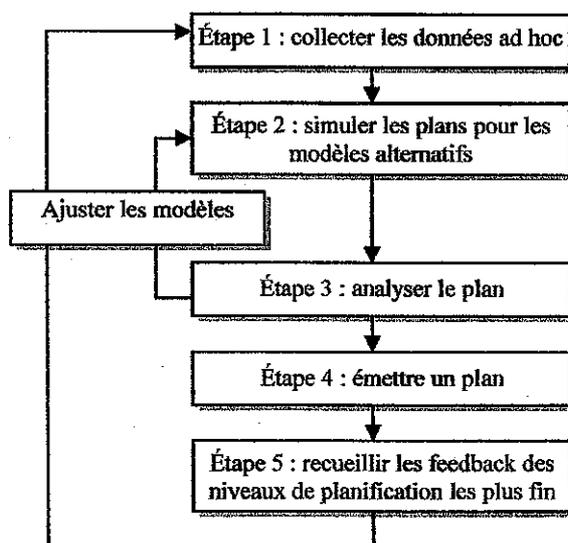


Figure 4.10 : les étapes de génération d'un modèle dans le plan directeur

La plupart des APS fournissent la possibilité de simuler les solutions de rechange. Plusieurs modèles peuvent être établis pour vérifier par exemple différentes configurations de la SC. En outre, cette simulation peut être employée pour réduire le nombre de décisions qui doivent être prises. Par exemple, les valeurs duales des variables de décision peuvent, après analyse des plans, être employées pour dériver des actions afin d'augmenter la capacité régulière.

Après avoir avancé les instructions du MP aux unités décentraliser de décision, des plans détaillés sont générés. Les résultats de ces derniers doivent être recueillis pour dériver des commentaires pour les ajustements des modèles.

3.3.1. Le modèle de base pour la planification à moyen terme :

Cette section considère un modèle standard de planification à moyen terme pour une SC. Considérer trois étapes en série [Kreipl *et al.*, 2004]. La Première étape la plus ascendante (l'étape 1) a deux usines en parallèle. Elles alimentent l'étape 2, qui est un centre serveur de distribution (DC). Les deux étapes 1 et 2 peuvent livrer à un client, qui est une partie de l'étape 3; voir la figure 4.11 Les usines n'ont aucun entrepôt pour le stockage des produits finis et le client ne veut recevoir aucune livraison rapide.

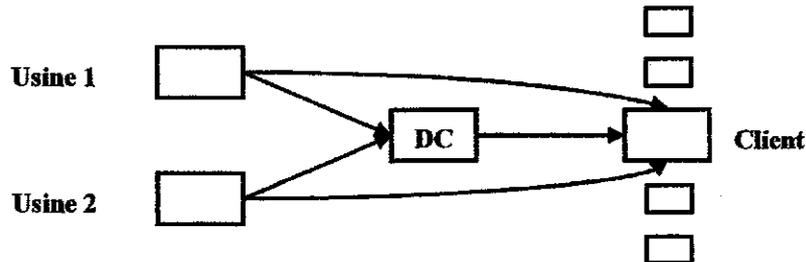


Figure 4.11 : système à trois étapes [Kreipl *et al.*, 2004]

Le problème a les paramètres et les données d'entrée suivantes. Les deux usines travaillent vingt-quatre heures sur vingt-quatre; ainsi leur capacité de production hebdomadaire disponible est $24 \times 7 = 168$ heures. Il y a deux familles de produit, $F1$ et $F2$. Le procédé de planification à moyen terme considère, tous les produits d'une famille comme identiques. Les prévisions de la demande pour les quatre semaines prochaines sont connues (l'unité du temps étant d'une semaine). Les indices et exposants ont la signification suivante :

L'indice i ($i = 1, \dots, 4$), se rapporte à la période de temps i .

L'indice j ($j = 1, 2$), se rapporte à la famille de produit j .

L'indice k ($k = 1, 2$), se rapporte à l'usine k .

L'indice l ($l = 1, 2, 3$) se rapporte à l'étape l ;

$l = 1$ se rapporte aux deux usines,

$l = 2$ se rapporte au centre serveur de distribution, et

$l = 3$ se rapporte au client.

L'exposant p se rapporte au paramètre de production.

L'exposant s se rapporte au paramètre de stockage.

L'exposant τ se rapporte au paramètre de transport.

La demande de la famille de produit j , $j = 1, 2$, au niveau du DC (étape 2) vers la fin de la semaine i , $i = 1, \dots, 4$, est dénoté par D_{ij2} . La demande de la famille de produit j , $j = 1, 2$, au niveau du client (étape 3) vers la fin de la semaine i , $i = 1, \dots, 4$, est dénoté par D_{ij3} . Les temps et les coûts de production sont indiqués :

c_{jk}^p = le coût pour produire 1 unité de famille j dans l'usine k

t_{jk}^p = le temps (en heures) pour produire 1000 unités de famille j dans l'usine k

t_{jk}^p est le réciproque du taux de production.

Les coûts de stockage et les données de transport incluent :

c_2^s = le coût de stockage pour une unité de n'importe quel type dans un DC par semaine

c_{k2}^τ = le coût de transport pour une unité de n'importe quel type de l'usine k à un DC

c_{k3}^τ = le coût de transport pour une unité de n'importe quel type de l'usine k à un client

c_{23}^τ = le coût de transport pour une unité de n'importe quel type du DC à un client

t^i = le temps de transport de l'une des deux usines au DC, de l'une des deux usines au client, et du DC au client; toutes les temps de transport sont supposés être identiques et égaux à une semaine.

Les poids et les coûts de pénalité suivants sont indiqués :

w_j^n = le coût de retard par unité par semaine pour un ordre des produits de la famille j qui arrivent tard au DC.

w_j^m = le coût de retard par unité par semaine pour un ordre des produits de la famille j qui arrivent tard au client

π = la pénalité de ne pas livrer une unité de produit.

L'objectif est de minimiser le total des coûts de production, coûts de stockage, coûts de transport, coûts de retard, et coûts de pénalité pour la non livraison au-dessus d'un horizon de quatre semaines. Afin de formuler ce problème comme programme mix en nombre entier, les variables de décision suivantes doivent être définies :

x_{ijk} = le nombre d'unités de la famille j produites à l'usine k pendant la période i .

y_{ijk2} = nombre d'unités de la famille j transportées de l'usine k au DC en semaine i .

y_{ijk3} = nombre d'unités de la famille j transportées de l'usine k au client en semaine i .

z_{ij} = nombre d'unités de la famille j transportées du DC au client en semaine i .

q_{0j2} = nombre d'unités de la famille j en stock au DC au temps 0.

q_{ij2} = nombre d'unités de la famille j en stock au DC en temps i .

v_{ij2} = le nombre d'unités de la famille j qui sont tardives (ne sont pas encore arrivés) au DC en semaine i .

v_{4j2} = nombre d'unités de la famille j qui n'ont pas été fournies au DC vers la fin de l'horizon de planification (la fin de la semaine 4).

v_{0j3} = le nombre d'unités de la famille j qui sont tardives (ne sont pas encore arrivés) au client au temps 0.

v_{ij3} = le nombre d'unités de la famille j qui sont tardives (ne sont pas encore arrivés) au client au temps i .

v_{4j3} = le nombre d'unités de la famille j qui n'ont pas été livré au client vers la fin de l'horizon de planification (la fin de la semaine 4).

Il y a diverses contraintes sous forme de bornes supérieures UB_{jk} (upper bound) et de bornes inférieures LB_{jk} (lower bound) sur les quantités de la famille j à être expédié de l'usine k à l'étape l . Le programme en nombre entier peut être maintenant formulé comme suit :

Minimiser

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 c_{jk}^p x_{ijk} + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 c_{k2}^i y_{ijk2} + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 c_{k3}^i y_{ijk3} + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 c_{23}^i z_{ij} + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 c_2^s q_{ij2} \\ + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 w_j^n v_{ij2} + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 w_j^m v_{ij3} + \sum_{j=1}^2 \pi v_{4j2} + \sum_{j=1}^2 \pi v_{4j3}$$

Sujet aux contraintes de capacité de production hebdomadaires suivantes :

$$\sum_{j=1}^2 t_{j1}^p x_{j1} \leq 168 \quad i = 1, \dots, 4$$

$$\sum_{j=1}^2 t_{j2}^p x_{ij2} \leq 168 \quad i=1, \dots, 4$$

Sujet aux contraintes de transport suivantes :

$$y_{ij1} \leq UB_{j1} \quad i=1, \dots, 4$$

$$y_{ij1} \geq LB_{j1} \text{ ou } y_{ij1} = 0 \quad i=1, \dots, 4$$

$$y_{ij2} \leq UB_{j2} \quad i=1, \dots, 4$$

$$y_{ij2} \geq LB_{j2} \text{ ou } y_{ij2} = 0 \quad i=1, \dots, 4$$

$$\sum_{l=2}^3 y_{ijl} = x_{ijk} \quad i=1, \dots, 4; \quad j=1, 2; \quad k=1, 2$$

$$\sum_{k=1}^2 y_{ijk} + z_{ij} \leq D_{i+1,j,3} + v_{ij3} \quad i=1, \dots, 3; \quad j=1, 2;$$

$$z_{1j} \leq \max(0, q_{0j2}) \quad j=1, 2$$

$$z_{1j} \leq q_{i-1,j,2} + y_{i-1,j,1,2} + y_{i-1,j,2,2} \quad i=2, 3, 4; \quad j=1, 2$$

Sujet aux contraintes de stockage suivantes :

$$q_{1j2} = \max(0, q_{0j2} - D_{1j2} - z_{1j}) \quad j=1, 2$$

$$q_{ij2} = \max(0, q_{i-1,j,2} + y_{i-1,j,1,2} + y_{i-1,j,2,2} - D_{ij2} - z_{ij} - v_{i-1,j,2}) \quad j=1, 2 \quad i=2, 3, 4$$

Sujet aux contraintes suivantes concernant le nombre des tâches tardives et le nombre des tâches non remises :

$$v_{1j2} = \max(0, D_{1j2} - q_{0j2}) \quad j=1, 2$$

$$v_{ij2} = \max(0, D_{ij2} + v_{i-1,j,2} + z_{ij} - q_{i,j,2} - y_{i-1,j,1,2} + y_{i-1,j,2,2}) \quad j=1, 2 \quad i=2, 3, 4$$

$$v_{1j3} = \max(0, D_{1j3}) \quad j=1, 2$$

$$v_{ij3} = \max(0, D_{ij3} + v_{i-1,j,3} + z_{i-1,j} - y_{i-1,j,1,3} + y_{i-1,j,2,3}) \quad j=1, 2 \quad i=2, 3, 4$$

3.3.2. Limites des APS et robustesse des solutions

Le calcul des plans tactiques repose chez la plupart des offreurs d'APS sur les techniques d'optimisation par programmation linéaire et linéaire entière [Stadtler et al., 2000].

Or, une des limitations de l'approche de résolution des problèmes de planification par la programmation linéaire réside dans son caractère purement déterministe¹. Les demandes sont supposées parfaitement connues à l'instant initial pour tous les produits sur tout les horizons de planification [Rohde, 2004]. Une telle hypothèse est rarement réaliste pour des horizons de planification allant de quelques semaines à quelques mois. En plus, ces techniques sont connues pour déterminer des optimums sensibles aux variations de paramètres ou de coûts du modèle. Ainsi pour pallier ce problème et faire face, en temps réel, à des changements du carnet de commande, on est contraint de recalculer fréquemment le plan après avoir modifié les données du problème. On applique alors la technique de l'horizon glissant et de ce fait on ré-optimise le modèle à chaque événement. Tout ceci pose le problème d'une planification devenue, certes, réactive grâce à ces outils, mais non robuste. Pour ce faire on devrait chercher à trouver un juste compromis entre réactivité et robustesse tout en limitant la nervosité (\neq stabilité) des variables.

¹ Il est complexe de décrire la plupart des problèmes logistiques concrets contenant de l'incertitude, du « bruit », et des informations incomplètes avec la programmation linéaire (Graves et al., 1993).

3.3.2.1. Concepts sous-jacents à la robustesse et à la stabilité

Pour élaborer un plan robuste, il est nécessaire de prendre en compte l'incertitude sur les données futures. Dans une SC, l'incertitude se manifeste au travers de la demande (volume et mix), du *process* (rendement, rebuts...) et de l'approvisionnement (qualité et fiabilité des délais de livraisons). Elle est généralement compensée par les stocks. D'autres chercheurs ont démontré que la structure même des SC pouvait engendrer des fluctuations [Simchi-Levi *et al.*, 2000]. En effet, une décision concernant une activité industrielle provoque généralement des décisions d'ajustement d'autres activités. Les effets de la première décision s'amenuisent généralement rapidement avec le temps, mais la combinaison des décisions suivantes prises par le même ou par d'autres partenaires influencent le système dans son ensemble [Govil *et al.*, 2002]. La complexité du SCM du fait des variations a été mise en évidence par le phénomène couramment appelé « bullwhip effect », effet d'amplification croissant (Forrester, 1958). La réponse proposée est une meilleure synchronisation entre les entités, pouvant s'appuyer sur une coopération et une communication renforcées entre les entités du réseau de la SC [Simchi-Levi *et al.*, 2000]. Or les compromis à trouver doivent supplanter des objectifs divergents (disponibilité du stock et coûts associés...).

Dans ce contexte de fluctuations et d'incertitudes où les termes *robustesse* et *stabilité* sont utilisés, leur définition est nécessaire.

Stabilité

Le terme *stabilité* est généralement associé, par opposition, à celui de *nervosité* : [De Kok *et al.*, 1997] définissent la « *nervosité* » comme « un manque de stabilité du calcul des besoins ». L'instabilité d'un plan est définie par le nombre de modifications dans les niveaux des variables de décisions entre deux établissements successifs de ce plan. Le terme de stabilité est donc lié aux variables de décisions.

Un système logistique sera dit stable si les variables de décisions évoluent dans des bornes fixes suite à une variation des données d'entrée.

Plusieurs stratégies pour réduire la nervosité ou accroître la stabilité des plans calculés avec des systèmes MRP ont été proposées :

- rallonger l'horizon de planification [Carlson *et al.*, 1982], geler le programme directeur à l'intérieur de l'horizon de planification [Zhao *et al.*, 1993], positionner des stocks tampons [Blackburn *et al.*, 1986],
- distinguer une grande modification d'une petite [Ho, 1989].

Robustesse

Le terme *robustesse* est généralement associé à celui de risque et de prise de décision [Kleijnen *et al.*, 2003]. L'idée sous-jacente à la robustesse d'un système est que la fonction mesurée ne s'écarte pas significativement d'une valeur donnée. Un système est dit robuste s'il permet d'obtenir une faible dispersion des performances cibles malgré les variations du niveau des variables de décision non contrôlables. La robustesse est relative aux résultats d'une ou plusieurs fonctions et de leur dispersion à paramètres et coûts incertains [Lee *et al.*, 1997]. [Kleijnen *et al.*, 2003] étudient la robustesse d'une boucle kanban suivant deux fonctions : l'encours moyen de la boucle et le taux de livraison.

Les approches proposées pour remédier à ces problèmes sont comme suit :

1. **L'analyse de sensibilité** est la première approche utilisée pour évaluer l'effet de modification des coefficients de la fonction objectif (les coûts) et des éléments du vecteur contrainte (les contraintes) sur la fonction objectif ainsi que les plages de validité de ces effets [Koltai *et al.*, 2000]. Elle détermine les valeurs des paramètres du modèle pour lesquelles une solution donnée reste optimale. Cependant l'analyse de sensibilité étudie l'impact des

paramètres indépendamment les uns des autres. Elle ne permet pas au gestionnaire d'étudier des solutions sous optimales mais moins sensibles aux variations simultanées des facteurs et donc plus robustes.

2. L'approche de « programmation robuste » : proposée par [Mulvey *et al.*, 1995] est capable de simuler la sensibilité aux risques du gestionnaire ou de garantir un niveau de service pour conduire à une série de solutions qui sont progressivement moins sensibles aux variations des données du modèle. Pour cela, ils introduisent des pénalités dans le modèle linéaire permettant d'inclure les modifications des variables de décisions comme un critère d'optimisation.

3. L'approche d'optimisation par la programmation stochastique : elle vise les problèmes contenant des paramètres probabilistes. De nombreux développements théoriques ont été apportés sur ce type de résolution depuis les travaux des pionniers [Dantzig, 1955] et [Beale, 1955]. L'objectif est d'optimiser l'espérance mathématique d'indicateurs de performance [Erschler *et al.*, 2001]. Et dont on peut citer [Erschler *et al.*, 2001] :

4. L'approche par « commande prédictive » : raisonne dans un cadre probabiliste, et considère les variables décrivant les demandes futures et même les rendements futurs comme des variables aléatoires. Elle donne lieu à un problème d'optimisation qui est de type quadratique sous contrainte linéaire, sa résolution ne pose pas de difficulté mais reste limité numériquement à une centaine de variables et donc à un petit nombre de produits et de période.

5. L'approche en « boucle fermée » : cette approche s'intéresse plus particulièrement aux problèmes de cas particuliers où l'espérance conditionnelle des vecteurs de demande future est un facteur constant. Cette hypothèse de stationnarité du vecteur des demandes permet de construire une loi de commande en boucle fermée, combinant réactivité et robustesse. Pour permettre le calcul d'une commande en boucle fermée, le problème est rendu déterministe par l'hypothèse d'équivalence de certitude, qui revient à remplacer chaque variable aléatoire par sa meilleure estimée courante, sans prendre en compte les incertitudes d'estimations.

6. L'approche de « réduction de la nervosité » : [Genin *et al.*, 2003] ont proposés dans une approche permettant de réduire la nervosité de la planification tout en permettant une certaine réactivité. Chaque planification donne lieu à un plan de référence qui sert de contrainte lors de la ré-optimisation du modèle. Un nombre limité de modifications sera autorisé, selon l'horizon, permettant ainsi d'assurer une certaine stabilité dans les approvisionnements tout en améliorant la robustesse en coûts. Et en ce qui suit une description de ce modèle.

a) Le modèle :

Le modèle utilisé permet de décrire une situation simplifiée de prise de décision quant au volume de production et d'acquisition de capacité sur le moyen terme (accroissement de la main-d'oeuvre) pour une famille d'articles. Le gestionnaire recherche le meilleur compromis entre taux de service, stock et coûts de production liés aux ajustements de capacité. Ce modèle a été modifié pour simuler un processus de planification limitant les modifications faites à un plan de référence. A chaque période et pour chaque optimisation du modèle de base, l'ensemble des variables de décisions est ajusté en fonction des modifications dans la demande. Il ne tient pas compte des décisions prises la période précédente sur les quantités approvisionnées, les niveaux de production, les embauches éventuelles. Il peut ainsi d'une période à l'autre annuler des décisions sans tenir compte des coûts associés à ces changements (génération du modèle $M_{0,n}$). *Le plan de référence est le plan tactique validé par les différentes parties prenantes, production, commercial, logistique, ... lors d'une réunion « PIC*

» et mis en oeuvre à la période précédente (plan MF $n-1$). Il sert de cadre pour l'établissement du nouveau plan tactique de la période courante n .

Ce plan reste une référence du tant que les facteurs de contrôle l'influençant n'ont pas évolué de manière significative. [Thomas *et al.*, 2000] ont montré, par plan d'expériences, qu'il existait des facteurs de contrôle et que si ces facteurs restaient stables, alors le plan montrait une certaine robustesse.

Dans une stratégie de planification avec plan de référence, le modèle tient compte des décisions prises sur ce plan de référence pour trouver le meilleur compromis entre modification de ces décisions et optimisation d'un modèle « pure ». Ainsi, l'aversion du gestionnaire aux modifications de ces décisions est représentée par un poids sur l'écart entre les nouvelles variables de décisions et celles du plan de référence. Le modèle cherchera un compromis en minimisant le coût engendré par les écarts sur les variables de décision par rapport au plan de référence, tout en minimisant le coût d'obtention du plan.

Une approche alternative serait d'optimiser le modèle en contraignant le nombre de modifications apportées au plan de référence. Il s'agit ensuite de définir ce qu'est une modification : un écart simple, un écart dépassant un certain seuil défini par le gestionnaire... Ce dernier cas se rapproche de la théorie du contrôle où existe une zone « morte » autour de la valeur nominale de la variable de décision dans laquelle aucune action n'est prise. Cette démarche conduit à modifier le modèle linéaire pour y introduire des variables en nombres entiers.

Notation

- n : nombre de périodes incrémentées pendant la simulation
- h : horizon du plan tactique
- p : indice de la période actuelle de simulation $p=1, 2, \dots, n$
- t : indice de la période du plan $t = p, p+1, \dots, p+h-1$
- $F_p(t)$: demande prévisionnelle de la période t établie en période p ,
- D_p : demande réelle de la période p ,
- $CR(t)$: capacité machine maximale utilisable en période t en unité de production,
- $CS(t)$: capacité de stockage maximale utilisable en période t en unité de production,
- $u(t)$: quantité d'unité de production en période t par opérateur,
- $u_{hs}(t)$: quantité d'unité de production par heure supplémentaire en période t ,
- $CHS(t)$: nombre d'heures supplémentaires autorisées par opérateur en période t ,
- S_0 : niveau de stock initial (positif ou nul),
- R_0 : niveau de retard initial (positif or nul),
- SM_0 : niveau de stock matière initial (positif ou nul),
- O_0 : nombre initial d'opérateurs (positif ou nul),
- S_h : niveau de stock objectif (positif ou nul),
- R_h : niveau de retard objectif (positif ou nul),
- O_h : nombre d'opérateurs objectif (positif ou nul),
- $C_S(t)$: coût de stockage par unité de production en période t ,
- $C_R(t)$: coût de retard par unité de production en période t ,
- $C_E(t)$: coût d'embauche en période t ,
- $C_L(t)$: coût de licenciements en période t ,
- $C_O(t)$: coût par opérateur en période t (salaire),
- $C_{HS}(t)$: coût d'une heure supplémentaire en période t ,
- $C_A(t)$: coût unitaire d'achat de matières en période t ,
- $C_{SM}(t)$: coût de stockage par unité de matière en période t ,
- $HS_p(t)$: nombre d'heures supplémentaire en période t planifié en période p ,
- $O_p(t)$: nombre d'opérateurs en période t planifié en période p ,
- $E_p(t)$: nombre d'embauches en période t planifié en période p ,
- $L_p(t)$: nombre de licenciements en période t planifié en période

$R_p(t)$: niveau de retard en fin de période t planifié en période p ,
 $SM_p(t)$: niveau de stock matière en fin de période t planifié en période p ,
 $P_p(t)$: nombre d'unités de production fabriquées en période t planifié en période p ,
 $M_p(t)$: nombre d'unités de matières à approvisionner en période t planifié en période p .

Modèle linéaire de base

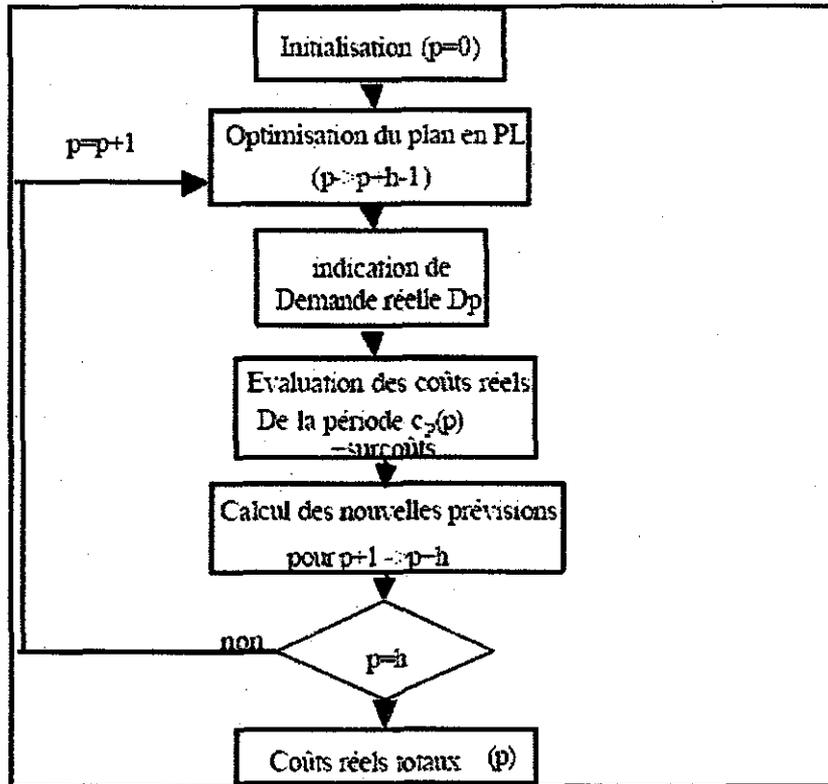


Figure 4.12 : processus de simulation avec le modèle de base

Le gestionnaire cherche à optimiser l'utilisation des ressources en minimisant les coûts sur tout l'horizon de son plan CT (p) à chaque période p sous contraintes des équations [2]-[10].

$$CT(p) = \sum_{t=p}^{p+h} C_S(t) \cdot S_p(t) + C_R(t) \cdot R_p(t) + C_E(t) \cdot E_p(t) + C_L(t) \cdot L_p(t) + C_O(t) \cdot O_p(t) + C_{HS}(t) \cdot HS_p(t) + C_{SM}(t) \cdot SM_p(t) + C_A(t) \cdot M_p(t) - \forall p \quad (1)$$

Ces coûts sont le coût de stockage, le coût de rupture, les coûts d'embauches/licenciements, le coût de la main-d'oeuvre, le coût des heures supplémentaires, le coût de stockage et d'achat des matières.

L'équation (1) peut aussi être réécrite en l'équation (1') :

$$CT(p) = \sum_{t=p}^{p+h} C_p(t) \quad \forall p \quad (1')$$

où $C_p(t)$ est le coût mensuel en période t du plan optimisé en période p :

$$C_p(t) = C_S(t) \cdot S_p(t) + C_R(t) \cdot R_p(t) + C_E(t) \cdot E_p(t) + C_L(t) \cdot L_p(t) + C_O(t) \cdot O_p(t) + C_{HS}(t) \cdot HS_p(t) + C_{SM}(t) \cdot SM_p(t) + C_A(t) \cdot M_p(t) - \forall p \quad (1'')$$

Conservation des stocks :

$$S_p(t-1) - R_p(t-1) + P_p(t) = S_p(t) - R_p(t) + F_p(t) \quad \forall p, t$$

$$SM_p(t-1) + M_p(t) = SM_p(t) + P_p(t) \quad \forall p, t \quad (2)$$

Disponibilité des matières :

$$P_p(t) \leq SM_p(t-1) \quad \forall p, \forall t \quad (3)$$

Conservation des opérateurs :

$$O_p(t-1) + E_p(t) = L_p(t) + O_p(t) \quad \forall p, t \quad (4)$$

Objectifs de stocks, retards et de nombre d'opérateurs :

$$S_p(p+h-1) = S_h \quad \forall p \quad (5)$$

$$R_p(p+h-1) = R_h \quad \forall p$$

$$O_p(p+h-1) = O_h \quad \forall p$$

Contrainte de capacité machine et main-d'oeuvre :

$$0 \leq P_p(t) \leq CR(t) \quad \forall p, t \quad (6)$$

Contrainte de capacité main-d'oeuvre :

$$0 \leq P_p(t) \leq u(t) \cdot O_p(t) + u_{hs}(t) \cdot HS_p(t) \quad \forall p, t \quad (7)$$

Contrainte de stockage :

$$0 \leq S_p(t) + M_p(t) \leq CS(t) \quad \forall p, t \quad (8)$$

Contrainte sur les heures supplémentaires :

$$0 \leq HS_p(t) \leq CHS(t) \cdot O_p(t) \quad \forall p, t \quad (9)$$

Contrainte de positivité des variables :

$$0 \leq O_p(t), E_p(t), L_p(t), R_p(t), P_p(t), M_p(t), HS_p(t) \quad \forall p, t \quad (10)$$

Les coûts induits par les annulations ou les achats supplémentaires ne sont pas pris en compte lors de l'élaboration du plan mais sont calculés comme une résultante de la décision.

b) Modèle linéaire avec plan de référence

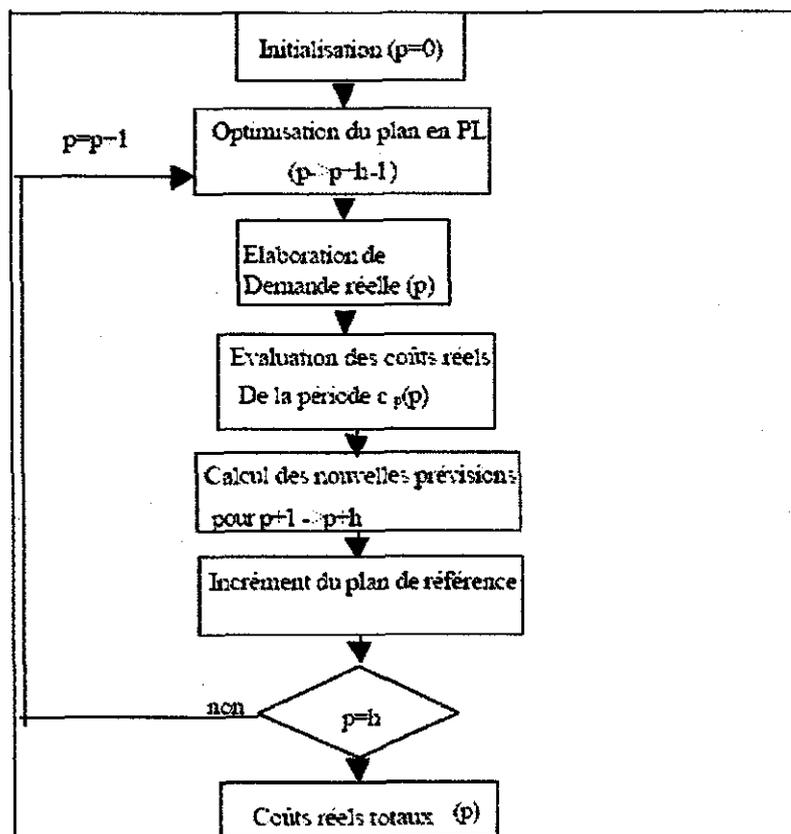


Figure 4.13 : processus de simulation avec le modèle plan de référence

Pour modéliser ce mode de prise de décisions, les notations suivantes sont introduites :

- $C_{EX}(t)$: surcoût unitaire d'achat de matière supplémentaire par rapport au plan de référence,
- $C_{AN}(t)$: surcoût unitaire d'annulation des matières par rapport au plan de référence,
- $EX_p(t)$: nombre d'unités de matière approvisionnées en plus de la quantité de référence en période t planifié en période p ,
- $AN_p(t)$: nombre d'unités de matière annulées en période t planifié en période p .

$EX_p(t)$ et $AN_p(t)$ représentent l'écart au plan de référence. Un écart existe si l'une de ces variables est positives. Ces variables supplémentaires sont déterminées par optimisation du modèle. Cette optimisation consiste à rechercher un compromis entre la stabilité ($EX_p(t)$ et $AN_p(t)$ nuls) et les coûts de retards.

L'objectif de la planification reste le même : minimiser les coûts sur l'horizon de planification. Mais les coûts d'annulation ou d'achats supplémentaires sont pris en compte dans l'établissement du plan. Ils représentent les pondérations ou l'aversion du gestionnaire à réaliser ces modifications.

La fonction coût optimisée devient :

$$CT(p) = \sum_{t=p}^{p+h} C_S(t) \cdot S_p(t) + C_R(t) \cdot R_p(t) + C_E(t) \cdot E_p(t) + C_L(t) \cdot L_p(t) + C_O(t) \cdot O_p(t) \\ + C_{HS}(t) \cdot HS_p(t) + C_{SM}(t) \cdot SM_p(t) + C_A(t) \cdot M_p(t) + C_{EX}(t) \cdot EX_p(t) + C_{AN}(t) \cdot AN_p(t) - \forall p \quad (11)$$

Elle est optimisée sous contraintes des équations [2]-[10] et [12]-[13] :

Conservation des matières :

$$M_p(t) = M_{p-1}(t) - AN_p(t) + EX_p(t) \quad \forall p, t \quad (12)$$

Contrainte de positivité des variables :

$$0 \leq EX_p(t), AN_p(t) \quad \forall p, t \quad (13)$$

c) Indicateurs suivis

Le coût réel engendré sur les n périodes simulées est évidemment suivi. La robustesse sera décrite par l'écart type de ce coût réel. Cet indicateur permet d'appréhender la variabilité de la fonction mesurée.

Le taux de service, I_{TS} , est la moyenne sur les n périodes simulées du rapport entre la quantité livrée sur la période et la quantité à livrer, I_{pTS} . La quantité à livrer est la somme du retard de la période précédente et de la demande de la période.

Si $S_p(t) \geq 0$ alors $I_{pTS} = 1 \quad \forall p$

$$\text{Si } S_p(t) < 0 \text{ alors } I_{pTS} = \frac{R_{p-1}(t) + D_p - R_p(t)}{R_{p-1}(t) + D_p} \quad \forall p$$

4. Satisfaction de la demande et ATP

Le procédé de planification qui détermine comment une demande réelle d'un client est accomplie est la *réalisation (satisfaction) de la demande* (demand fulfillment). Le procédé de réalisation de la demande détermine la première date de promesse (engagement) pour des ordres de client et – ainsi – influencent fortement le délai d'exécution d'ordre et la livraison a temps. Sur les marchés compétitifs d'aujourd'hui il est important de produire des promesses d'ordre rapides et fiables afin de maintenir les clients et augmenter la part du marché. Ceci est juger particulièrement vrai dans un environnement e-business : des ordres sont envoyés en ligne, et le client s'attend, au cours d'une période de temps (courte), de recevoir une date due fiable.

La génération rapide des promesses d'ordre fiables devient plus complexe.

- puisque le nombre de produit augmente

- les cycles de vie moyens du produit deviennent plus courts
- le nombre de clients augmente
- des politiques des prix flexibles sont introduites et
- les variations de la demande augmentent et deviennent moins prévisibles

Des solutions modernes d'accomplissement de la demande, basées sur les possibilités de planification du APS, utilisent des procédures plus sophistiquées de réalisation d'ordre afin de

1. améliorer la livraison à temps en générant des engagements fiables.
2. réduire le nombre de débouchés ratés en recherchant plus efficacement une promesse faisable
3. augmenter le revenu et la rentabilité en augmentant le prix moyen de vente.

4.1. Disponible pour promettre (ATP)

4.1.1. Le rôle du plan directeur

Le procédé du plan directeur a la tâche de créer un plan pour la SC complète, y compris les décisions d'achat. Ainsi, le plan directeur crée un plan pour de futur approvisionnement des fournisseurs même au delà des réceptions programmées déjà existantes. L'idée du APS basé sur la satisfaction de la demande est d'employer cette information pour créer des promesses d'ordre fiables.

Dans la plupart des APS – et également des systèmes ERP – les quantités du plan directeur qui forment la base pour la promesse d'ordre s'appellent *disponibles pour promettre* (Available To Promise - ATP). ATP est le résultat d'un plan synchronisé d'approvisionnement et de capacité, représentant leurs disponibilités réelles et futures, utilisées pour accepter de nouveaux ordres de client.

4.1.2. Granularité du ATP

Granularité du ATP le long de la dimension de produit

ATP peut être représenté sur n'importe quelle étape de la SC. La décision d'une meilleure représentation du ATP pour certaines affaires est fortement appréciée avec la décision de point de découplage. Pour présenter un ATP sur une certaine étape de la SC deux principaux facteurs doivent être considérés. D'abord, l'exactitude de la prévision à ce niveau de la SC doit avoir une qualité suffisante pour acheter, produire et distribuer des produits basés sur cette prévision. En second lieu, le niveau de service à la clientèle – représenté dans le délai d'exécution d'ordre – joue un rôle important dans la concurrence avec d'autres SC.

Dans un environnement de livraison sur ordre (*deliver-to-order*), la disposition standard de représentation du ATP est en niveau de produits finis (par exemple les produits réels qui doivent être vendus ou les groupes de produit agrégé). Ce genre d'affaires peut être trouvé dans l'industrie du commerce au détail où la production et une partie de la distribution sont basées sur la prévision. De leur client, les ordres sont servis avec un délai d'exécution court. La promesse serait octroyée en considérant la disponibilité des produits finis ATP et des temps de transport.

Dans un environnement *make-to-order*, l'ATP est maintenu au niveau composant/ingrédient ou au niveau de produit intermédiaire. Considérer l'industrie d'ordinateurs comme exemple pour un environnement de *make-to-order*. À partir d'un nombre limité d'unités de disques – par exemple de composants, des processeurs, contrôleurs, mémoire – un nombre énorme de configurations peut être réalisé. Par conséquent, il n'est pas faisable de créer une prévision fiable sur les niveaux de produits finis. Au lieu de cela, la prévision est représentée au niveau de groupe de produit et niveau composant. Le point de

découplage est choisi pour être ici au niveau composant dû à la complexité croissante du produit et donc à la baisse de l'exactitude de la prévision au delà de ce point. La tâche de planification ici est de prévoir et de procurer une demande constante de composant pour avoir tous les composants avec différents délais, disponible à l'usine pour établir n'importe quelle configuration demandée. Dans ce cas-ci la promesse considère la disponibilité du niveau composant et de la capacité ATP dérivés de l'explosion du BOM, le cycle de fabrication et des temps de transport. Si un ordre est pénétré il consomme de multiples fournitures du ATP et ceci selon sa configuration.

Le troisième environnement de fabrication est *configure-to-order*. Les principales caractéristiques d'un environnement *configure-to-order* sont, un procédé de production complexe avec un long cycle de fabrication et des produits complexes dont il est difficile de prévoir. Seule une prévision de dimension approximative et un plan directeur sont créés au niveau de groupe de produit, et à partir de ce plan le ATP en niveau composant est déterminé. La difficulté avec les configurations de promesse d'ordre est que normalement il n'y a aucun BOM ou seulement un BOM partiel disponible pour dériver le niveau composant ATP et par suite le délai d'exécution. Si un ordre est pénétré il est représenté comme une collection d'articles unique qui doivent trouver le ATP dans un ratio commun à la quantité et à la date d'ordre. De plus un délai d'exécution commun pour tous les composants et une capacité selon la configuration doit être déterminé. Par exemple, dans l'industrie d'ordinateurs où les clients peuvent configurer un ordinateur pour convenir à leur besoin sont basés sur la prétendue *variante de base*. Cette variante de base est un modèle générique d'un ordinateur avec des caractéristiques spécifiques comme la carte mère et le processeur. Le client peut configurer les composants additionnels à cette variante de base. Le concept du ATP appliqué à un environnement *make-to-order* ou *configure-to-order* s'appelle également *capable de promettre* (Capable-To-Promise CTP).

Le tableau 4.2 récapitule la granularité de l'ATP des trois environnements de fabrication.

Table 4.2 : Granularité du ATP pour différents environnements de fabrication

| Environnement de fabrication | Délai d'exécution d'ordre | granularité de l'ATP |
|------------------------------|---|---|
| Deliver to order | Temps de transport | Groupes de produit / groupes finis |
| Make to order | Cycle de fabrication / temps de transport | Groupes de produit / composants / produits intermédiaires |
| Configure to order | Cycle de fabrication / temps de transport | Capacité / composants |

L'ATP ne signifie pas qu'un certain approvisionnement représenté par ATP est réservé pour un certain ordre de client. L'ATP est un concept qui permet à un ordre de pénétrer dans la sphère de planification d'une SC à une certaine date (date de promesse) ainsi il peut être livré à l'heure.

Granularité du ATP le long de la dimension temporelle

Le ATP est maintenu dans des intervalles de temps discrets. Ceux-ci correspondent aux intervalles de temps du procédé de plan directeur qui pourrait être différent des intervalles de prévisions. Typiquement une prévision est faite pour des intervalles hebdomadaires ou mensuels tandis que l'approvisionnement est projeté dans des modèles quotidiens ou hebdomadaires. Par conséquent le ATP est habituellement représenté dans la même granularité que l'approvisionnement indiqué par le plan directeur. Aujourd'hui, la granularité du plan directeur est habituellement un compromis entre le niveau de détail nécessaire pour offrir des promesses précises et la performance d'un APS. Plus le niveau du détail est élevé plus un plan directeur doit exactement être calculé et plus d'intervalles de temps doivent être

recherchés dans le ATP pour produire une promesse. Par conséquent l'horizon de planification peut davantage s'avérer détaillé à court terme et moins en moyen au long terme.

4.2. ATP allouer

4.2.1. Objectif

L'APS assigne des quantités d'ATP aux groupes de clients ou aux canaux de ventes afin d'optimiser la performance globale. On définit un plan de classification qui est employé pour classer des ordres de clients. Typiquement, les classes d'ordre sont structurées en hiérarchie. Les quantités d'ATP sont assignées aux classes d'ordre selon des principes économiques prédéfinis. Ces attributions représentent la droite de consommation du ATP. La figure 4.14 [Stadtler et al., 2000] montre le raccordement entre l'allocation et l'ATP. Quand un ordre pénètre, le processus prometteur d'ordre contrôle les allocations pour la classe d'ordre correspondante. Si l'ATP assigné est disponible, l'ATP peut être consommé et l'ordre est coté en conséquence. Autrement, le processus prometteur d'ordre recherche d'autres options pour satisfaire l'ordre, par exemple en vérifiant l'ATP dans des intervalles de temps antérieur, et ainsi consommer l'ATP d'autres classes d'ordre ou en recherchant un ATP sur des produits alternatifs.

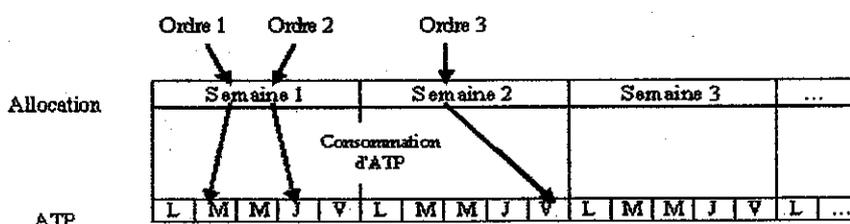


Figure 4.14 : l'allocation commande l'accès au ATP

Les allocations du ATP aux classes d'ordre peuvent être exploitées pour augmenter le revenu et la rentabilité. Par exemple, le prix de vente moyen peut être augmenté en assignant l'approvisionnement aux clients qui sont disposés à payer des prix de la meilleure qualité, au lieu de donner l'approvisionnement à n'importe quel client sur la base FIFO. Il est évident que cette politique commerciale ait un impact négatif sur la livraison à temps et détériore le rapport avec d'autres clients.

Le concept du ATP alloué dans le contexte des APS a été développé par i2 Technologies.

4.2.2. La hiérarchie de client

Afin d'allouer l'approvisionnement aux clients un modèle de la structure de client et une prévision de futures demandes de client sont requis. Le modèle de la structure de clients devrait être aligné avec la dimension géographique dans la planification de la demande. La figure 4.15 [Stadtler et al., 2000] montre un exemple d'une hiérarchie de client.

Dans la première étape les quantités prévues pour chaque client (ou groupe de clients) sont agrégées à la racine de la hiérarchie. Ce nombre donne la prévision total pour ce produit spécifique (ou groupe de produit). La prévision est transférée au plan directeur, qui vérifie si il est faisable d'accomplir toute la prévision en considérant les contraintes d'approvisionnement. Dans notre exemple, la prévision est de 1400, et nous supposons que le plan directeur peut garantir seulement 1200 (figure 4.16).

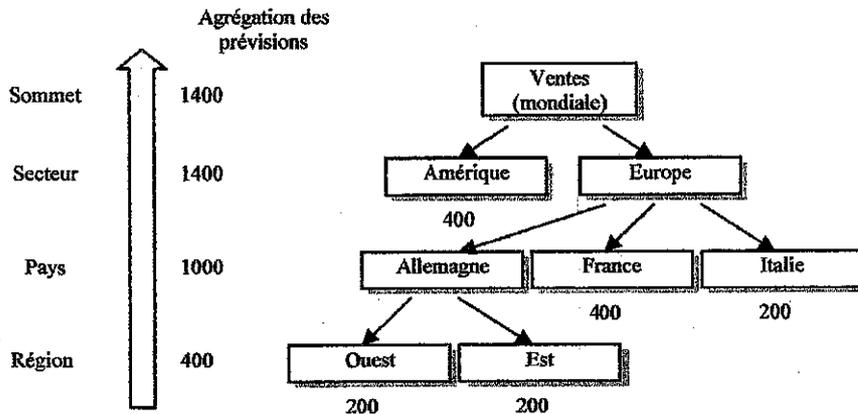


Figure 4.15 : l'agrégation de la prévision des ventes le long de la SC

Dans la deuxième étape toute la quantité faisable selon le plan directeur est alloué du sommet vers le bas de la hiérarchie de clients. Ce procédé d'attribution pour notre exemple est visualisé sur la figure 4.16 (les quantités entre parenthèses indiquent la prévision originale pour ce groupe de client) [Stadler et al., 2000]. L'allocation des quantités du plan directeur aux noeuds pour la hiérarchie de clients est commandée par des règles d'allocation. Dans cet exemple trois règles différentes d'allocation sont employées :

- **Rank based (par éminence)** : Les clients des ETATS-UNIS reçoivent une priorité plus élevée (grade 1) comparé aux clients en Europe (grade 2). Ainsi, la quantité disponible pour les clients des ETATS-UNIS et Européen est allouée aux ETATS-UNIS d'abord jusqu'à une prévision nouvelle pour cette zone. Une politique d'allocation par éminence peut être utile pour soutenir des ventes à un marché spécifique, par exemple si le développement de ce marché est à sa première étape.
- **Par engagement** : la quantité disponible est allouée aux noeuds de la hiérarchie de client selon la prévision que les clients ont en engagés. Dans notre exemple l'Allemagne et la France ont prévus 400, et l'Italie a prévu 200, faisant 1000 au total. Cependant, pour ce groupe de clients, seulement 800 est disponible. La quantité 800 est divisée conformément à la part de la prévision originale, c.-à-d. l'Allemagne et la France reçoivent 40% (320), et l'Italie reçoit 20% (160). la politique d'allocation par engagement est bien convenue si chaque groupe de clients obtiendra une attribution de partie équitable selon ce qui a été prévu par ce groupe de clients.

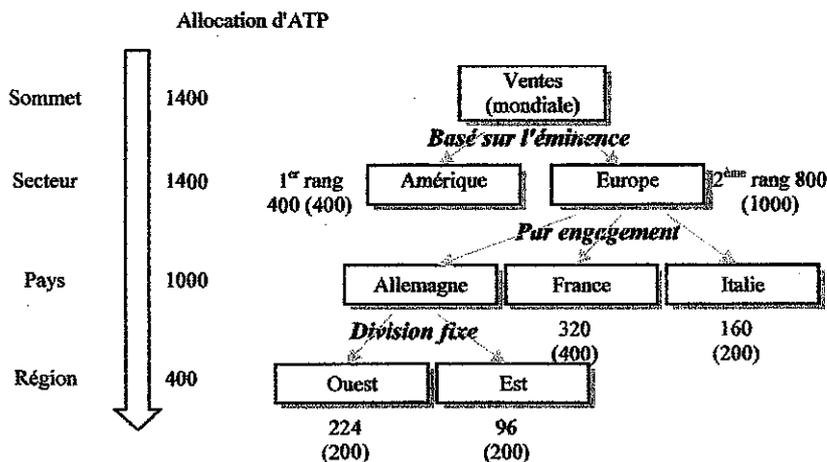


Figure 4.16 : allocation du ATP dans la hiérarchie de clients

- **Division fixe** : la politique d'allocation par division fixe applique des facteurs de division prédéfinis pour distribuer la quantité aux groupes de clients. Dans notre exemple, les

clients dans la région ouest de l'Allemagne reçoivent 70% de la quantité disponible, les clients en Allemagne de l'Est 30%. Les quantités résultantes sont indépendantes de la prévision individuelle des groupes de clients.

En plus de ces règles d'allocation une partie de la quantité disponible peut être retenue à chaque niveau de la hiérarchie de clients. Ces quantités retenues sont consommées on se basant sur la politique FIFO. L'ATP maintenu peut être employé pour expliquer des variations potentielles de la demande réelle liée à la demande prévue. Par exemple, si 25% de la quantité disponible pour les clients Européens est retenu au groupe de client d'Europe, 200 serait disponible sur une base FIFO pour tous les clients Européens, et seulement 600 serait alloué aux clients Allemand, français et italiens comme définis par les règles d'allocation correspondantes.

Les allocations servent de base à la génération des promesses d'ordre. Ainsi, les attributions sont une information importante pour l'ensemble des représentants avant de faire des engagements à leurs clients. De plus, l'APS maintient la consommation due aux ordres déjà cités. Toutes les quantités assignées et quantités déjà consommées donnent une bonne indication si le volume d'ordre est conforme à la prévision. Si les ordres et la prévision ne s'égal pas, quelques allocations sont trop rapidement consommé, tandis que d'autres non. Ceci peut être donné comme un avertissement précoce à la SC que le marché se comporte différemment que ce qu'il était prévu – et une mesure appropriée doit être prise. Par exemple, les ventes (services, départements) peuvent arranger une initiative de coup de ventes pour produire une demande additionnelle et ainsi consommer l'ATP prévu, et les opérations d'approvisionnement peuvent ajuster les plans de production en conséquence.

4.2.3. Planification de l'allocation

Le processus qui assigne les quantités globales du ATP reçues du plan directeur aux noeuds de la hiérarchie de client est la *planification de l'allocation*. La planification de l'allocation est exécutée directement après la création d'un nouveau plan directeur – qui a lieu normalement une fois par semaine. Ainsi, une fois par semaine la prévision ajustée est transformée en ATP par le plan directeur et assignée à la hiérarchie de client.

En plus de ça, les allocations sont mises à jour quotidiennement afin de refléter les changements des contraintes de la SC. Par exemple, si le fournisseur d'une certaine composante clé annonce un retard d'une livraison programmée ceci peut corrompre les possibilités de la SC d'accomplir les ordres et – en raison de cela – il devrait être reflété dans l'ATP dès que l'information sera disponible dans l'APS.

L'horizon de la planification de l'allocation ne peut pas être plus long que l'horizon de planification du plan directeur, car aucun ATP n'est disponible au delà de l'horizon du plan directeur. Le procédé du plan directeur couvre habituellement 6 à 12 mois. Cependant, dans beaucoup de cas il n'est pas nécessaire de maintenir des allocations plus de six mois. Par exemple, dans l'industrie d'ordinateurs 90% des ordres sont passés pendant trois semaines avant la date de livraison demandée par le client. Ainsi, dépendant du délai d'exécution de la date de pénétration des commandes à la date de livraison demandé par le client, un horizon de planification plus court pour la planification d'allocation peut être choisi comparé au plan directeur. Dans l'industrie d'ordinateurs par exemple, un horizon de trois mois pour la planification d'allocation est suffisant.

4.3. Promesses d'ordre (order promising)

La promesse d'ordre est le noyau du procédé d'accomplissement de la demande. Le but est de créer des promesses fiables pour les ordres de client en peu de temps. La qualité du processus de promesse d'ordre est mesurée par la livraison à temps et la performance de la livraison.

La livraison à temps, KPI est décrite en détail en chapitre 1; elle mesure le pourcentage des ordres qui sont accomplis comme promis (basé sur la première promesse donnée). Ainsi, pour réaliser une livraison à temps élevée, il est important de produire des promesses fiables. Une promesse est *fiable* si le client peut faire confiance à l'aptitude de la SC d'accomplir l'ordre comme promis, c.-à-d. si le client reçoit le produit promis en quantité promise à la date promise. Une SC qui peut produire uniformément des promesses fiables sur une longue période de temps obtient un avantage concurrentiel par rapport aux SC avec une livraison à temps inférieur.

En plus de la livraison à temps, le délai d'exécution de promesse d'ordre réel est un aspect important du niveau de service à la clientèle. Ces derniers temps une grande variété de chemins d'enregistrement des commandes ont été créés – et davantage évoluent. Par exemple, dans l'industrie d'ordinateurs, les clients peuvent commander des produits à un revendeur autorisé, à un revendeur, dans les grands magasins et supermarché ou directement au fabricant par téléphone ou via l'Internet (E. Dell). Par ça, la probabilité que les situations de pic se produisent la où de grand nombre d'ordres sont libellé en même temps, augmente. Une valeur typique dans l'industrie d'ordinateurs est 1000 ordres par heure dans des situations de pic. Ainsi, le processus de promesse d'ordre doit pouvoir produire des engagements (fiables) pour différents ordres dans un temps très court. Autrement, les clients peuvent changer d'avis et commander en ligne sur Internet ou par téléphone à un autre concurrent.

4.3.1. Procédé de recherche du ATP

L'ATP général basé sur le processus de promesse d'ordre œuvre comme suit : d'abord, le processus de promesse d'ordre recherche l'ATP selon un ensemble de règles de recherche qui sont décrites ci-dessous. Si l'ATP est trouvé, il est réduit en conséquence et une citation pour l'ordre est produite. Si aucun ATP ne peut être trouvé, aucune citation n'est produite, et l'ordre doit être rejeté ou confirmé manuellement à la fin de l'horizon de planification de l'allocation. Noter que si aucun ATP ne peut être trouvé pour un ordre, la SC ne pourra pas accomplir l'ordre dans l'horizon de planification de l'allocation.

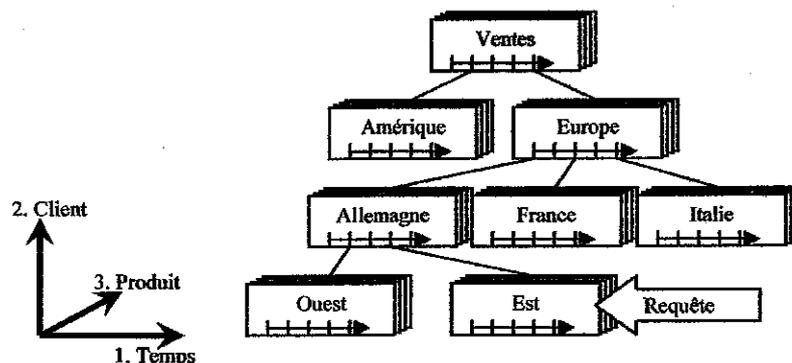


Figure 4.17 : les trois dimension de recherche de l'itinéraire du ATP

L'ATP est recherché le long de trois dimensions : la dimension temporelle, la dimension de client et la dimension de produit. La figure 4.17 illustre les trois dimensions des chemins de recherche de l'ATP. Les règles de recherche suivantes sont appliquées (pour la simplifié nous supposons que l'ATP est en niveau des produits finis; les règles de recherche sont semblables pour l'ATP au niveau de groupe de produit et au niveau de composant) [Stadtler et al., 2000] :

1. Le noeud de racine dans la hiérarchie de clients, auquel le client appartient, le produit demandé par l'ordre et l'intervalle de temps contenant la date demandé par le client sont déterminés. L'ATP à ce point est consommé – si disponible.

2. Si l'ATP n'est pas suffisant, alors la dimension temporelle est recherchée en arrière (temps) pour un ATP additionnel (toujours au noeud de racine dans la hiérarchie de client et au produit demandé par l'ordre); tout l'ATP trouvé jusqu'à un nombre prédéfini d'intervalle de temps en arrière (temps) est consommé. Noter que si l'ATP est consommé depuis des intervalles de temps plus tôt que l'intervalle de temps contenant la date demandée par le client, l'ordre est pré-construit, et un stock est créé.
3. Si l'ATP n'est toujours pas suffisant, l'étape 1 et 2 sont répétées pour le noeud adjacent plus haut (noeud ascendant) dans la hiérarchie de clients, puis pour le prochain plus haut et ainsi de suite jusqu'à la racine de la hiérarchie de clients.
4. Si l'ATP n'est toujours pas suffisant, l'étape 1 à 3 sont répétées pour tous les produits alternatifs qui peuvent substituer le produit original demandé par l'ordre.
5. Si l'ATP n'est toujours pas suffisant, l'étape 1 à 4 sont répétées, mais à la place de rechercher en arrière dans le temps, l'ATP est recherché en avant dans le temps, jusqu'à un nombre prédéfini d'intervalle de temps. En recherchant l'ATP en avant dans le temps, l'ordre est assemblé en retard.

5. Planification et ordonnancement de la production

5.1. Description de la situation de décision

La planification et l'ordonnancement de la production visent à générer des programmes de production détaillés pour le *shop floor* (atelier) pendant un intervalle de temps relativement court. Un *programme de production* désigne pour chaque ordre qui doit être exécuté dans la planification interne son temps de début et d'accomplissement sur des ressources requises pour son traitement. Par conséquent, un programme de production indique l'ordonnancement des ordres sur une ressource donnée. Un programme de production peut être visualisé par un diagramme de Gantt.

L'intervalle de planification pour la planification et l'ordonnancement de la production change d'un jour à quelques semaines selon le type du secteur industriel. Sa durée correcte dépend de plusieurs facteurs [Wade Seidel, 1999] : d'une part, il devrait au moins couvrir un intervalle de temps correspondant à la plus grande période d'écoulement d'un ordre dans l'unité de production. D'autre part l'intervalle de planification est limité par la disponibilité des ordres de clients connus ou des prévisions fiables de la demande. Évidemment, l'ordonnancement des ordres sur différentes ressources est utile seulement si ces plans sont raisonnablement stables, c.-à-d. s'ils ne sont pas sujets à des changements fréquents dus aux événements imprévus de changement des quantités d'ordre ou des ruptures.

Les tâches de planification peuvent et devraient être faites de façon décentralisée, utilisant l'expertise du personnel à chaque endroit et leurs connaissances actuelles de l'état du *shop floor* (par exemple disponibilité du personnel).

En outre, des directives seront données par le plan directeur dû à sa vue étendue de la SC et de l'intervalle de planification. Comme directives nous pourrions avoir :

- la quantité de stock saisonnier des différents articles a constitués pour la fin de l'horizon de planification (pour des unités de production faisant face à une politique de fabrication pour stock)
- dates dues données pour que les ordres soient livrés aux prochaines unités descendantes dans la SC (qui peut être l'étape suivante de production, un expéditeur ou un client final).

5.2. Comment procéder à partir d'un modèle à un ordonnancement de la production

Le procédé général conduisant d'un modèle du shop floor à un programme de production sera décrit brièvement par les six étapes suivantes (figure 4.18) [Stadtlet et *al.*, 2000].

Étape 1 : construction du modèle

Un modèle de shop floor doit saisir les propriétés spécifiques du procédé de production et les flux correspondants des matériaux dans un détail qui permet de générer des plans faisables aux coûts minimum.

Seul un sous-ensemble de toutes les ressources existantes sur le shop floor – notamment ceux qui pourraient s'avérer devenir un goulot d'étranglement – devra explicitement être modélisé, puisque le taux de rendement d'un système est limité seulement par ces goulots d'étranglement potentiels. Les détails sur la construction du modèle sont présentés dans la section 5.3.

Étape 2 : extraction des données nécessaire

La planification et l'ordonnancement de la production utilisent des données de

- un système ERP
- plan directeur et
- planification de la demande.

Seul un sous-ensemble des données disponibles dans ces modules sera employé dans la planification et l'ordonnancement de la production. Par conséquent, il est nécessaire d'indiquer quelles données seront réellement requises pour modéliser une unité de production donnée (l'étape 2 sur la figure 4.18).

Étape 3 : génération d'un ensemble d'hypothèse (scénario)

En plus des données reçues des sources comme le système ERP, le plan directeur et la planification de la demande, le décideur à l'usine ou au niveau de l'unité de production peut avoir d'autre connaissance ou espérances au sujet de la situation actuelle et future sur le shop floor non disponible dans d'autres endroits (modules de logiciel).

Par conséquent, le décideur doit avoir la capacité de modifier les données et d'installer de ce fait un certain scénario (étape 3, la figure 4.18 : l'armature pointillée indique que cette étape doit être exécutée par le décideur et elle est optionnelle).

Étape 4 : génération d'un programme de production (initial)

Ensuite, un programme de production (initial) sera, automatiquement, généré pour un scénario donné (étape 4, la figure 4.18). Ceci peut être fait par une hiérarchie de planification à deux niveaux ou en une étape.

Étape 5 : analyse du programme de production et modifications interactives

S'il y a un niveau supérieur de planification orienté par intervalle alors ce plan de production peut être analysé au préalable avant qu'un programme détaillé soit généré (étape 5, la figure 4.18). En particulier, si le plan de production est irréalisable, le décideur peut indiquer une certaine ligne de conduite inter-activement pour équilibrer les capacités (comme l'introduction des heures supplémentaires ou spécifications d'un cheminement différent). Ceci peut être plus facile que de modifier une séquence détaillée des opérations sur différentes ressources (un niveau inférieur de planification). Les impraticabilités – comme le fait d'excéder une date due d'un ordre ou une surcharge d'une ressource – sont montrées comme *alerte*.

En outre, une solution générée pour un scénario peut être améliorée en incorporant l'expérience et la connaissance du décideur. Cependant, pour fournir un sérieux support de décision, le nombre de modifications nécessaires devrait être limité.

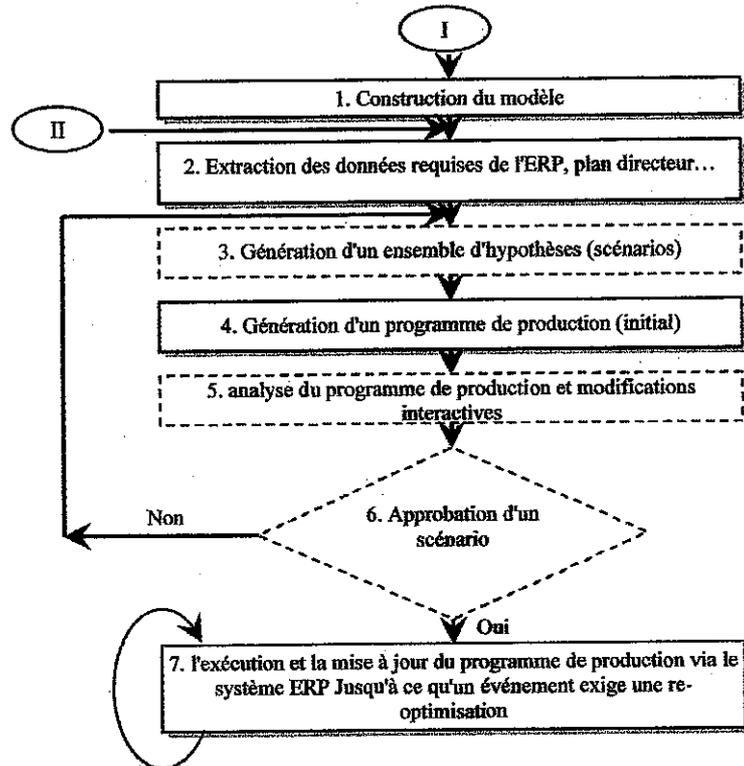


Figure 4.18 : procédure générale d'ordonnancement de la production

Étape 6 : approbation d'un scénario

Une fois que le décideur est sûr d'avoir évalué toutes les solutions de rechange disponibles, il / elle choisira le programme de production représentant le scénario le plus intéressant pour l'exécution.

Étape 7 : l'exécution et la mise à jour du programme de production

Le programme de production choisi sera transféré aux

- module MRP pour exploser le plan
- le système ERP pour exécuter le plan et
- le module de planification de transport pour trouver des chargements de véhicule une fois que les commandes de clients ont été achevées.

Le programme sera exécuté jusqu'à un point de temps où des signaux d'événement qu'une révision du programme de production semble recommandée (boucle II ; la figure 4.18). Ceci peut être pareil pour un nouvel ordre, une panne d'une machine ou certain point de temps où une partie indiquée du programme a été exécutée (la mise à jour du programme de fabrication voir la section 5.4).

Changer le modèle du shop floor est moins fréquent (boucle I ; la figure 4.18). Si la structure demeure inchangée et seulement les quantités sont affectées (comme le nombre de machines dans un groupe de machine ou quelques nouvelles variantes des produits courant), alors le modèle peut être mis à jour automatiquement par l'intermédiaire des données qui sont téléchargées du système ERP. Cependant, pour les changements majeurs, comme l'introduction d'une étape de production avec de nouvelles propriétés, une adaptation manuelle du modèle par un expert sera faite.

5.3. Construction du modèle

Un modèle de shop floor doit saisir tous les détails nécessaires du procédé de production pour déterminer les temps d'accomplissement d'ordre (de clients), les entrées requises des

matériaux et les ressources potentielles de goulot d'étranglement. La grille de temps d'un programme de production est soit discrète (par exemple quelques heures) soit continue.

5.3.1. Niveau de détail

Le modèle peut être limité aux opérations à exécuter sur les goulots d'étranglement (potentiels), puisqu'ils sont les seuls qui limitent le rendement du shop floor.

Le modèle peut être défini par des données. Nous distinguons dans ce cas entre les données structurales et données dépendante des situations [Stadtler *et al.*, 2000].

Les données structurales se composent de :

- emplacement
- pièces
- nomenclatures
- cheminements et les ordres de production associier
- ressources (de production)
- spécifications des fournisseurs
- matrices d'agencement et
- horaires (calendriers).

Dans une SC étendu avec plusieurs usines à différentes localités, il peut être avantageux d'attribuer toutes les données à un emplacement spécifique. En conséquence, une pièce peut être distinguée par son emplacement de production.

Les nomenclatures sont habituellement décrites sur une base d'un seul niveau (stockée dans le fichier). Là, chaque numéro de pièce est lié seulement aux numéros d'article de ses composants prédécesseur direct. Les nomenclatures complètes pour une pièce donnée peuvent être facilement construites sur un ordinateur en reliant les représentations d'un seul niveau.

La consommation de ressource par item peut être obtenue à partir des modes de cheminements et de production. Le nombre d'items par ordre aussi bien que la consommation de ressource par article sont exigés pour l'ordonnancement et le séquençement des différents ordres. Par conséquent, une combinaison des deux représentations est dénommée par le concept du *modèle de procédé de production* (*Production Process Model* abrégé par PPM).

Par exemple le PPM sur la figure 4.19 [Stadtler *et al.*, 2000] décrivent la production à deux étages des bouteilles de ketchup d'une taille et marque spécifiques. Le premier PPM représente la production du liquide – comprenant le nettoyage du récipient, le remuement des ingrédients et l'attente du remplissage des bouteilles. Une fois que le liquide est prêt il doit être mis en bouteille dans les 24 heures suivantes. Le liquide peut être employé dans des bouteilles de différentes tailles. Pour chaque taille il y aura un PPM propre. En outre le ketchup liquide peut être usagé pour différentes tailles de bouteilles simultanément.

Un PPM se compose au moins d'une *opération* tandis que chaque opération se compose d'une ou plusieurs *activités*. Une opération est toujours associée à une ressource primaire (comme un baquet). Les ressources secondaires – comme le personnel – peuvent également être attribuées à une activité.

L'ordre technique des activités dans une opération – appelés également rapports de priorité – peut être représenté par des arcs. Comme dans la planification de projet, les activités peuvent être lié par

- des liaisons Fin-Debut, Fin - Fin, Debut - Fin et Debut - Debut ainsi que
- des marges maximales et minimales de temps.

Ceci permet de modéliser très précisément les limites du timing (chronométrage) entre les activités comprenant leur exécution parallèle (activités de recouvrement).

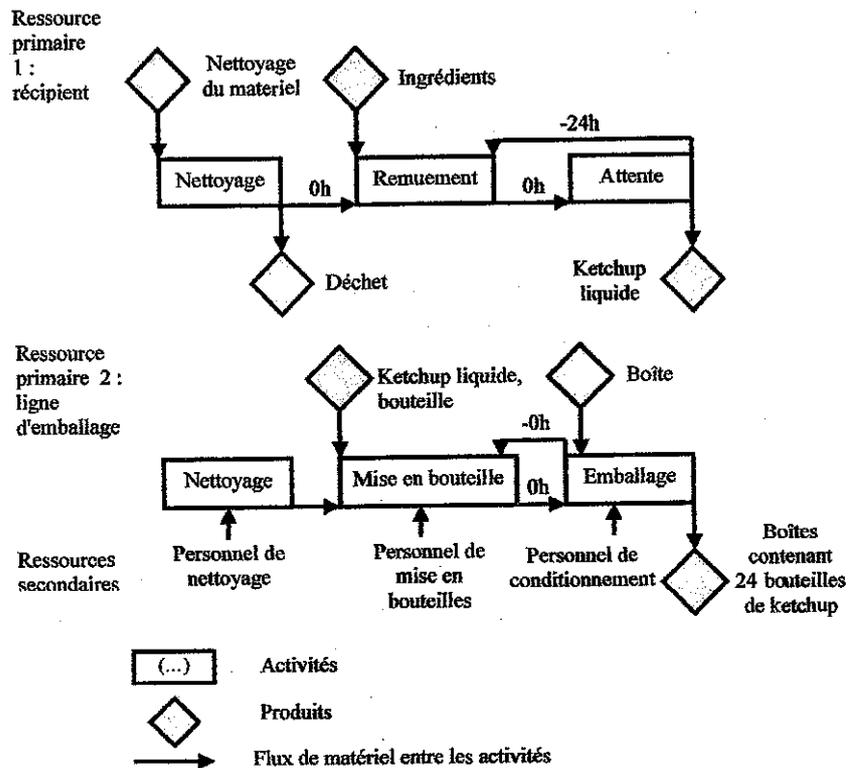


Figure 4.19 : modèle du procédé de production (PPM) pour une production à deux étage du ketchup

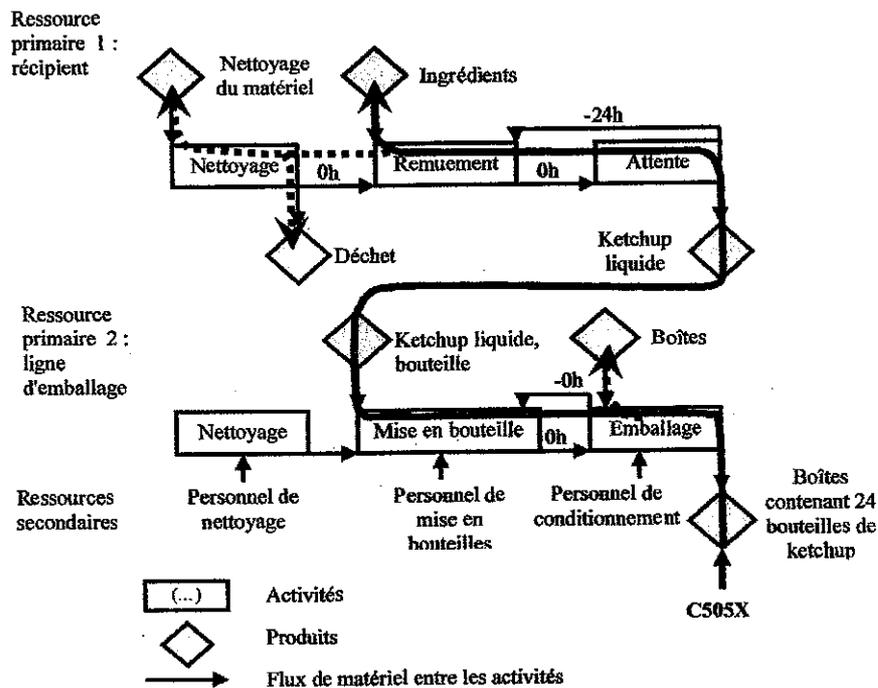


Figure 4.20 : pistage : enchaînement de deux modèles de procédé de production

Le timing aussi bien que les ressources et les besoins en matériaux de l'ordre (client) peuvent être dérivés en liant le PPM associé par le prétendu arc de pistage¹ (arcs pointillés et

¹ Connue aussi sous le nom de *tracage* ou de *couplage* ou encore sous son nom anglo-saxon de *pegging*

gras sur la figure 4.20). Ces arcs relient le matériel de sortie (noeud) d'un PPM au matériel respectif d'entrée (noeud) du PPM successeur. En conséquence, éclater un ordre (voir l'ordre C505X sur la figure 4.20) et le PPM correspondant, commençant par l'étape de production finale, rapporte les informations sur la ressource et la consommation matérielle dans les fenêtres respectives de temps. Ces fenêtres de temps peuvent être utilisées directement lors de la génération d'un programme faisable.

Le calendrier (de l'usine) indique les arrêts et d'autres interruptions de travail des ressources. Une autre information incluse sera si une usine (ou la ressource) opère dans un, deux ou trois postes. Les systèmes de planification avancés, habituellement, offrent plusieurs calendriers typiques.

Données dépendantes des situations varie selon la situation actuelle dans le shop floor. Elles se composent de :

- stock initial, y compris (work-in-process - WIP) stock d'encours de fabrication
- état d'agencement des ressources et
- ensemble d'ordres à traiter dans un intervalle de temps donné.

Les procédures opérationnelles à indiquer par l'utilisateur peuvent se composer de :

- règles de lot-sizing – de dimensionnement de lots ou lotissement
- règles de priorités ou
- choix des cheminements.

Bien que les règles de construction de lots devraient idéalement être basées sur la situation de production réelle – comme l'utilisation des ressources et des coûts associés – les systèmes de planification avancés exigent *a priori* souvent d'entrer quelque règle (simple). De telles règles peuvent être une taille fixe de lot, une taille de lot minimum ou taille de lot avec un temps donné entre les ordres. Les progiciels pourraient proposer de sélectionner une règle d'un ensemble de règles données. Les règles de détermination des agencements des ordres sur une certaine ressource sont manipulées dans un mode semblable.

Si les cheminements alternatifs existent pour exécuter un ordre de production, on devrait compter que le système choisit le meilleur au cours de la génération d'un programme de production. Cependant, l'utilisateur doit sélectionner une conduite préférée. Parfois des cheminements alternatifs sont entrés comme une liste rangée. Seulement si une conduite préférée mène aux impraticabilités, le solutionneur essaiera le deuxième meilleur cheminement, puis le troisième etc.

5.3.2. Objectifs

Les objectifs guident la recherche à une meilleure solution. Comme objectifs on trouve principalement des objectifs orientés par le temps comme la minimisation de

- makespan (durée total)
- somme de retard
- retard maximum
- somme de temps d'écoulement et
- somme de temps d'installation.

Trois objectifs se rapportant à des coûts devraient être mentionnés, aussi, à savoir la minimisation de la somme de

- coûts de production variables
- coûts d'installation et
- coûts de pénalité.

Si le décideur veut poursuivre plusieurs des objectifs ci-dessus, une solution idéale, où tous les objectifs sont optimisés en même temps, n'existe pas. Alors une solution de compromis est recherchée.

5.3.3. Représentation des solutions

Il y a plusieurs options pour représenter la solution d'un modèle, à savoir le programme de production détaillé. Il peut être simplement une liste d'activités avec ses temps de début et de fin sur les ressources qui y sont assignées.

Généralement, l'option de représentation la plus utilisée est, *le diagramme de Gantt* (figure 4.21). Le diagrammes de Gantt, souvent appelé *planning à bandes* ou *planning à gouttière*, et la forme de représentation graphique de jalonnement la plus célèbre est la plus utilisée. Il permet de visualiser l'enchaînement et la durée des différentes phases d'un processus productif.

5.4. La mise à jour des programmes de production

La planification et l'ordonnancement de la production supposent que toutes les données sont connues avec certitude, c.-à-d. la situation de décision est déterministe. Bien que ce soit une hypothèse idéale, elle peut être justifiée pour un certain intervalle de temps. Pour faire face à l'incertitude – comme les variations des taux de production non projetés ou un temps d'arrêt inattendu des ressources – les logiciels permettent de surveiller les déviations des hypothèses dans le shop floor, en résultant des mis à jour des temps d'accomplissement prévus des ordres. Si ces changements sont grands une re-optimisation du programme est exigé mais ceci sera basé sur le jugement du décideur. Les outils courants de logiciel augmenteront ce jugement en fournissant d'étendus génération et d'essai de scénarios alternatifs (*simulation*) avant qu'un programme soit fourni réellement au shop floor (voir également étape 3 à 5 ; figure 4.18).

Un autre dispositif à mentionner ici est le procédé de planification en deux étapes – également appelé *planification par incrémentation* (*incremental planning*). Supposant qu'un nouvel ordre pénètre. S'il se trouve dans l'horizon de planification (actuel) les activités de ce nouvel ordre de client peuvent être insérées dans *l'ordonnancement* des ordres. Des intervalles de temps sont recherchés dans le programme existant tels que seulement des ajustements mineurs dans la synchronisation des ordres résultent. Si la praticabilité du programme peut être maintenue une date due prévue pour le nouveau client peut être dérivée et envoyée de nouveau au client.

Puisque ce programme (préliminaire) peut être amélioré par une succession différente des ordres, une ré-optimisation est considéré de temps en temps, visant de nouvelles successions avec des coûts réduits.

L'exemple suivant illustrera ce cas [Stadtler *et al.*, 2000]. Supposer qu'il y a quatre ordres qui doivent être programmés sur une certaine machine avec des dates dues données ou l'objectif est de réduire au minimum la somme du temps. Alors l'ordre optimal sera A, B, C, D (figure 4.21). Les durées opératoires des ordres sont identiques (une unité de temps). Les temps d'installation dépendants de la séquence sont 0, 1/3, 2/3 ou 1 unités de temps.

Après avoir commencé à traiter l'ordre A, nous sommes invités à vérifier si un nouvel ordre E peut être accepté avec une date due 107. Supposant que *la priorité* n'est pas allouer (c.-à-d. l'interruption de l'exécution d'un ordre déjà commencé afin de produire un autre ordre (urgent)), nous pouvons vérifier l'insertion de la tâche E dans l'ordre existant directement après avoir fini les ordres A, B, C ou D (voir la figure 4.22). Puisqu'il y a un temps d'installation positif entre l'ordre A et E cet ordre secondaire ne sera pas faisable puisqu'il viole la date due de l'ordre B. Trois programmes faisables peuvent être identifiés, où

l'alternative C à la moindre somme de temps d'installation. Par conséquent, une date due pour l'ordre E de 107 peut être acceptée (supposant que l'ordre E peut avoir une période additionnelle d'installation d'une unité de temps).

Tableau 4.3 : donnée : date de fin

| Ordre | A | B | C | D |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Date due (date de fin) | 102 | 104 | 107 | 108 |

Tableau 4.4 : donnée : matrice des temps d'installations

| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|-----|---|-----|
| A | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| B | 1 | 1 | 0 | 1 | 2/3 |
| C | 1 | 1 | 1 | 0 | 1/3 |
| D | 1 | 1 | 1/3 | 1 | 1 |
| E | 1 | 1 | 2/3 | 1 | 1 |

Une fois la ré-optimisation de l'ordre peut être réalisée, un nouveau programme faisable – comprenant l'ordre E – sera généré réduisant la somme de temps d'installation par 1/3 (figure 4.23).

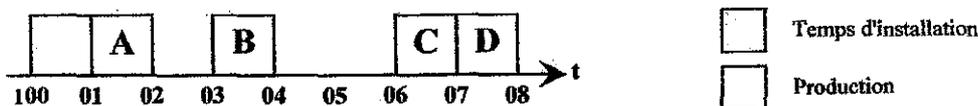
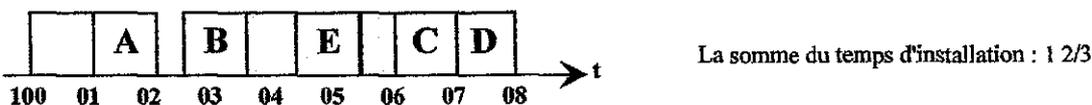
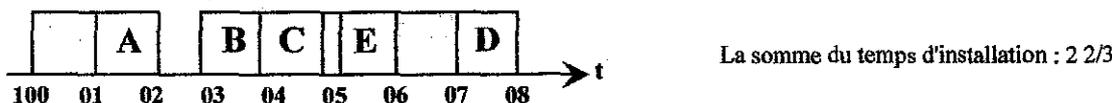


Figure 4.21 : Diagramme de Gantt de quatre ordres dans une machine avec une date due et un séquençage dépendant des temps d'installation

Alternative a)



Alternative b)



Alternative c)

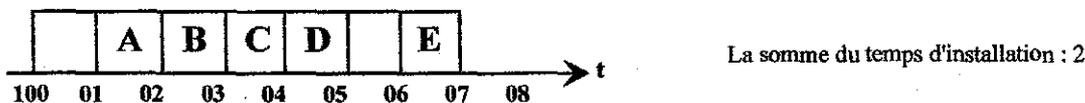


Figure 4.22 : Génération d'une date due pour un nouvel ordre E d'un client

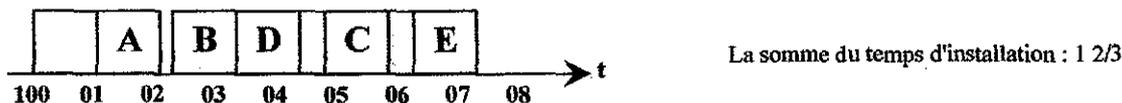


Figure 4.23 : Ordonnancement ré-optimisé

Générer de nouveaux agencements des ordres prend du temps et habituellement aura comme conséquence de la nervosité. Nous distinguons la nervosité due aux changements

concernant les heures de départ des opérations de même que les changements de la quantité qui doit être produite en comparant le plan réel au précédent. La nervosité peut mener à des efforts additionnels dans le shop floor. Afin de la réduire, les ordres à venir sur une ressource peuvent être *affermis* ou *fixés*. Tous les ordres avec une heure de départ faisant partie d'un intervalle donné de temps – surnommé *horizon gelé* – seront affermi.

5.5. Niveaux de planification pour la planification et l'ordonnancement de la production

Comme a été énoncé ci-dessus, les modules de logiciel pour la planification et l'ordonnancement de la production permettent de produire des programmes de fabrication dans un seul niveau de planification ou par une hiérarchie de planification à deux niveaux [Rohde, 2004].

La décomposition de la planification et l'ordonnancement de la production dépendent du type de production donné par le procédé de production et la répétition des opérations [Lambersend, 1999]. Il peut y avoir plusieurs unités de production au sein d'une usine, chacune qui correspond à un type spécifique de production pour servir mieux les besoins de la SC. Deux types bien connus de production sont l'organisation en *process* et les lignes de production.

Dans *l'organisation en process* il y a un grand nombre de machines de fonctionnalité semblable dans un atelier et il y a habituellement beaucoup de cheminements alternatifs pour un ordre donné. Un produit fini exige habituellement beaucoup d'opérations dans un procédé de production multi-étage. Les demandes de certaines opérations peuvent être combinées en lotissement afin de réduire les coûts et les périodes d'installation.

Afin de réduire la charge informatique et fournir un support de décision efficace le problème global de décision est divisé en deux niveaux de planification (hiérarchiques). Le niveau supérieur de planification est basé sur des intervalles de temps en jours ou en semaines, alors que les ressources des mêmes fonctionnalités sont groupées en groupes de ressources. Ces grands intervalles de temps laissent s'abstenir de l'ordonnancement. En conséquence, les décisions de lotissement et le chargement de capacité seront beaucoup plus faciles. Etant donné la structure de la solution fournie par le niveau supérieur de planification, le niveau inférieur effectuera l'affectation des ordres à différentes ressources (par exemple machines) appartenant à un groupe de ressource aussi bien que de l'ordonnancement. La séparation de la tâche de planification dans deux niveaux de planification exige une capacité ou une flexibilité figée en ce qui concerne le cheminement des ordres

Pour les *lignes de production* (automatisé) avec des successions dépendantes des temps d'installation, une séparation dans deux niveaux de planification est inadéquate. D'une part, un niveau de planification utilisant de grands intervalles de temps n'est pas convenu pour modéliser des successions dépendantes des temps et coûts d'installation. D'autre part les décisions d'ordonnancement et de lotissement ne peuvent pas être séparées ici, parce que l'utilisation des lignes de flux est habituellement très haute et les différents produits (lots) doivent concourir pour une ressource rare. Il y a habituellement seulement un à trois étapes de production et seulement quelques douzaine de produits (ou des familles de produit) à considérer, ainsi la planification et l'ordonnancement de la production peuvent être exécutés à un seul niveau de planification.

6. Planification de la distribution et du transport

6.1. Situations de planification

6.1.1. Systèmes de transport

Les procédés de transport sont une partie essentielle de la SC. Ils perfectionnent les flux des matériaux qui relient une entreprise à ses fournisseurs et ses clients. La vue intégrée des processus de transport, de la production et de stockage est une caractéristique du concept moderne du SCM.

La structure d'un système de transport dépend fortement de la taille des expéditions : les grandes expéditions peuvent acheminer directement de la source à la destination des unités de transport pleines, par exemple camions ou conteneurs. Les petites expéditions doivent être consolidées dans un réseau de transport, où une seule expédition est transbordée une ou plusieurs fois, et le transport est divisé en *points de transbordement* (TP). Une consolidation particulièrement efficace de petites expéditions est réalisée par un *fournisseur de service logistique* (LSP), qui peut combiner les transports de plusieurs expéditeurs.

La consolidation des flux de transport diminue ces frais. Le coût d'un seul voyage d'un certain véhicule sur un certain itinéraire est presque indépendant de la charge, c'est pourquoi une utilisation élevée de la capacité du chargement est avantageuse. D'ailleurs, le coût relatif à la capacité du chargement diminue avec l'augmentation de la taille du véhicule. Mais même avec une consolidation forte des expéditions en des chargements complets, par exemple par un LSP, les plus petites expéditions cause des coût relativement plus élevé, parce que la consolidation exige des détours à différents endroits, et de ce fait à des arrêts et transbordement additionnels.

Les différents procédés de transport qu'on peut trouver dans une SC sont comme suit :

- *L'approvisionnement en matériaux* pour les fournisseurs externes ou depuis une usine reculée à un site de production. Les deux cas sont identiques du point de vue de la logistique.
- *La distribution des produits* d'une usine aux clients. Le système de distribution dépend du type de produit requis
 - *Marchandises d'investissement*, par exemple machines ou équipement pour les clients industriels, transportés seulement une fois ou rarement sur un certain lien de transport.
 - *Matériaux pour la production* sont également embarqués aux clients industriels, mais régulièrement et fréquemment sur le même chemin
 - *Biens de consommation* transportés aux grossistes ou aux détaillants, souvent dans des tailles de commande très petites (avec une moyenne en dessous de 100 kilogrammes dans quelques entreprises), exigeant une consolidation des transports.

Le transport des matériaux d'une usine à l'autre fait partie de la fonction de distribution du fournisseur autant plus que de la fonction d'approvisionnement du destinataire. La planification du transport est habituellement la responsabilité du fournisseur. Mais il y a des exceptions importantes, par exemple dans l'industrie Automobile, où le fabricant commande les transports de ses fournisseurs. Dans ce cas-ci, la planification du transport est réalisée du côté du fabricant.

Un LSP peut consolider dans ses propres réseaux le flux de transport de plusieurs *expéditeurs*, fonctionnant dans une SC séparée. Alors il est responsable de la planification concernant la façon avec laquelle les transports sont exécutés, c.-à-d. quels véhicules le long

de quels conduit. Toutefois, les décisions sur les ordres de transport, c.-à-d. la quantité, la source et la destination de chaque expédition, demeurent une tâche du APS de l'expéditeur.

Systèmes de distribution

Le système de distribution, typique, d'un fabricant de biens de consommation comporte des flux de nombreux produits de plusieurs usines à un grand nombre de clients. Les produits *made-to-stock* sont souvent embarqués d'abord à un DC central (sur prévision). Les livraisons des ordres de client peuvent alors utiliser les chemins de distribution suivants :

Les expéditions peuvent aller *directement* de l'usine ou d'un DC au client, avec un seul ordre. Cette forme la plus simple de distribution est seulement efficace pour des ordres importants utilisant la capacité total du véhicule. Les commandes (petites) peuvent être embarquées conjointement dans *des tours* à partir de l'usine ou le DC à un TP et livrées depuis en de courte distance. La figure 4.24 illustre les différents chemins de distribution.

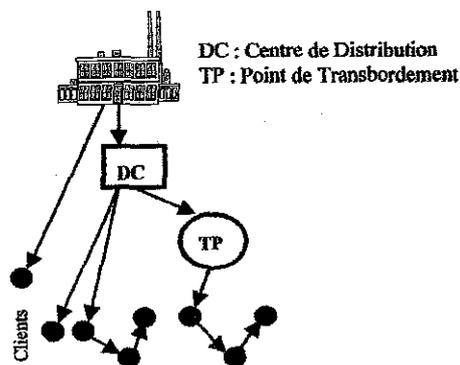


Figure 4.24 : chemins de distribution

Le transport des matériaux pour la production est à la plupart du temps réalisé dans des expéditions directes. Un concept récent pour l'approvisionnement en matériaux standard est *Vendor Managed Inventory*¹ (VMI), où le fournisseur décide de la période et de la quantité des expéditions au client, mais doit maintenir les stocks dans l'entrepôt du client entre les niveaux minimum et maximum convenus. Dans ce cas-ci, l'entrepôt du client a la même fonction qu'un DC.

Systèmes de la logistique d'approvisionnement

Si un fabricant commande le transport des matériaux de ses fournisseurs, il peut employer divers concepts logistiques, qui diffèrent selon la structure du réseau de transport et la fréquence des expéditions. Et qui peuvent se produire en parallèle pour différentes classes de matériaux et pour la même usine de réception. *L'approvisionnement cyclique* en des intervalles allant de quelques jours jusqu'à des semaines permet d'empaqueter les flux de transport dans des expéditions à pleine capacité, mais génère des cycles de stockage à l'usine de réception. *L'approvisionnement en JIT*, avec du moins des expéditions quotidiennes, évite au matériel de passer par l'entrepôt. Si les arrivées sont *synchronisées avec la séquence de production*, le matériel peut être mis immédiatement dans la ligne de production où il est consommé. Ce dernier cas est *l'approvisionnement synchronisé*.

Les concepts de transport suivants existent pour l'approvisionnement :

- *Les transports directs* depuis le fournisseur, conviennent à l'approvisionnement cyclique, à l'approvisionnement quotidien et, si la demande est suffisamment grande. Seulement si,

¹ Gestion des inventaires par le fournisseur

la distance est très courte, les transports directs peuvent être employés pour l'approvisionnement synchronisé.

- *Un LSP régional* rassemble les matériaux dans des tours à partir de tous les fournisseurs dans son secteur défini, les consolide à un TP et les embarque dans des camions pleins à l'usine de réception. Ce concept permet l'approvisionnement fréquent, jusqu'à quotidien, même des fournisseurs éloignés avec de bas volume. Le transport peut également être effectué par chemin de fer, s'il y a des raccordements.
- *Un entrepôt de LSP* près de l'usine de réception convient pour l'approvisionnement synchronisé : le *LSP* est responsable de la satisfaction des appels à court terme du récepteur par des expéditions synchronisées. Les fournisseurs doivent maintenir les stocks entre des niveaux minimum et maximum admis, comme dans le concept VMI.

6.1.2. Interfaces aux autres modules d'APS

L'expression commune de planification de la distribution et de transport dénote un ensemble de diverses fonctions qui recouvrent d'autres modules d'APS. Au plus juste, la planification de transport est un terme générique, qui peut se produire du côté de l'approvisionnement aussi bien que du côté de la distribution. D'ailleurs, il s'étend de la planification agrégée à moyen terme des procédés de transport, qui fait partie du plan directeur, vers le bas au niveau de planification à court terme : la planification des livraisons des ordres connus de clients, qui est la dernière étape de satisfaction de la demande et le passage des commandes pour la livraison sur stocks – qui fait partie de la fonction ATP.

La planification de la distribution et du transport est liée aux autres modules par les flux de données suivants :

Planification (conception) du réseau stratégique (logistique) fournit la structure du réseau de transport, c.-à-d.

- les localités des usines, fournisseurs, DC et TP
- le mode de transports et chemins potentiels
- l'allocation des fournisseurs et des clients aux secteurs et des secteurs aux usines, DC, TP et
- l'utilisation de LSP

Plan directeur détermine

- quantités globales à transporter sur chaque lien de transport et
- l'augmentation et la diminution des stocks saisonniers dans les entrepôts de l'usine et le DC

où le premier point peut être considéré en tant qu'élément de la planification du transport à moyen terme. Les quantités globales à transporter ne devraient pas servir comme des directives strictes à la planification du transport à court terme et ceci afin de garder ce dernier plus flexible. Le but principal de ce calcul de quantité est de fournir les ressources et les capacités appropriées, ainsi que pour prendre la durée des divers liens de transport en considération. Cependant, en cas de sources multiples – par exemple si le matériel peut être commandé par plusieurs fournisseurs ou si un produit est produit dans plusieurs usines ou si le client peut être fourni à partir de plusieurs DC – les quantités agrégées reflètent la vue globale du plan directeur. Ainsi ils représentent les directives importantes qui pourraient être utilisées pour le transport à court terme.

En outre la *planification de la demande* fournit des données essentielles pour la planification de transport :

- ordres de client à livrer

- prévision de la demande dans le DC et
- stocks de sécurité aux DC

Le rapport avec *l'ordonnancement de la production* est double : d'une part, la planification de transport peut déterminer

- besoins nets, synchronisés au départ prévu des expéditions de l'usine, comme entrée à l'ordonnancement de la production.

D'autre part, le dernier module fournit

- Ordres prévus et libérés de production comme entrée pour la planification du transport pour les décisions à très court terme sur la libération des expéditions.

6.1.3. Tâches de planification

Comme mentionné avant, la planification de la distribution et du transport comporte les décisions à moyen et court terme, qui sont développées en ce qui suit.

Tâches de planification à moyen terme

La fréquence régulière des transports sur le même lien est le principal facteur de coût. C'est la variable de décision à moyen terme pour le remplissage du DC du côté de la distribution et pour l'approvisionnement en matériaux du côté du fournisseur. L'objectif est d'optimiser la différence entre les frais de transport et le stock. Les fréquences résultantes posent des valeurs à atteindre pour les décisions à court terme sur les quantités à expédier. D'ailleurs, ils déterminent l'inventaire nécessaire de lots à transporter, qui devrait être un composant du niveau de stock minimal dans le plan directeur aussi bien que dans la planification et l'ordonnancement de la production.

Le choix *des chemins de distribution* pour la livraison des ordres de client suit habituellement *des règles* générales fixées par les décisions à moyen terme. Elles sont à la plupart du temps basées sur les limites des tailles d'ordres, par exemple une commande allant jusqu'à 30 kg par un service de colis, jusqu'à 1000 kg depuis le DC par l'intermédiaire d'un TP, jusqu'à 3000 kg directement du DC et les ordres les plus importants directement de l'usine.

Du côté de l'approvisionnement, *l'attribution des items matériels pour les concepts d'approvisionnement* – direct, par l'intermédiaire du TP régional ou par l'intermédiaire de l'entrepôt de LSP – doit également être fixée à moyen terme. Comme déjà expliqué dans la section précédente, ces décisions sont étroitement liées avec les fréquences d'approvisionnement.

La détermination *des quantités agrégées à transporter* sur chaque lien de transport dans la SC est une tâche essentielle de la planification à moyen terme. Mais cette tâche devrait être intégrée dans le plan directeur afin de garantir une coordination étroite de la production et du transport dans la SC.

Tâches de planification à Court terme

La planification à court terme du transport est habituellement effectuée quotidiennement avec un horizon d'un ou de quelques jours. Cette tâche, également appelée *le déploiement*, se compose des décisions suivantes :

Les quantités à transporter le jour courant doivent être déterminées, dans le système de distribution pour *le remplissage* de chaque DC et de VMI client par chaque produit, et dans le système d'acquisition pour l'approvisionnement de chaque matériel. Les cargaisons peuvent être influencées par les décisions à moyen terme sur les fréquences d'expédition et les quantités globales.

La tâche du chargement du véhicule est d'ajuster la somme des quantités expédier des divers articles sur le même lien de transport sur un ou de multiple véhicules à charges pleines.

Pour les livraisons aux clients, la quantité est fixée par l'ordre du client, mais il peut y avoir plusieurs sources d'où livrer et plusieurs chemins de distribution. Ces choix suivent normalement les directives réglées par les quantités du plan directeur et par les règles générales sur les chemins de distribution, comme expliqués précédemment.

La fonction de déploiement des produits made-to-stock est étroitement liée à la fonction du ATP : les clients s'attendent à ce que les ordres livrés sur stock le soit pendant un délai relativement court, la plupart du temps entre 24 et 72 heures, nécessaire pour le picking d'ordre, chargement et transport. Si les ordres entrants (au total) le jour courant excèdent les stocks disponibles de certain article, les ordres ne peuvent pas être libérés selon les règles standard. Au lieu de cela, certaines des mesures suivantes doivent être prises :

- expédition de quelques ordres d'une source alternative
- substituer l'article par un produit disponible, si le client l'accepte
- réduire quelques ordres de client dans leur taille, les retarder ou les annuler

L'ordonnancement des véhicules comporte deux tâches différentes :

- programmer des excursions de courtes distance pour livrer de petits ordres d'un TP dans des petits fourgons et
- programmer le transport en un chemin principal de l'usine au DC, du DC aux TP et des tours de livraison directe d'une usine ou d'un DC aux clients.

Toutefois, excepté le cas où les véhicules sont utilisés exclusivement pour la SC en considération, l'ordonnancement des véhicules est typiquement la tâche du responsable du LSP. Dans la mesure où un LSP utilise les véhicules pour des clients hors la SC considérée – et c'est une source d'efficacité des procédés de transport – le programme de véhicule ne peut pas être intégré dans la planification avancée.

6.2. Modèles de distribution et de transport

6.2.1. Transport et stock

La planification du transport a un impact important sur les stocks dans la SC. Elle crée directement des stocks de lotissement, des stocks de transit et influence les niveaux de stocks de sécurité nécessaires.

Lien unique, produit unique

Le cas le plus simple est un procédé de transport liant le procédé de production d'un certain produit à l'emplacement A avec un procédé de consommation à l'emplacement B. la production et la demande sont continues avec un taux régulier. Dans ce cas-la, le système de transport optimal admette des expéditions régulières d'une même quantité (Figure 4.25).

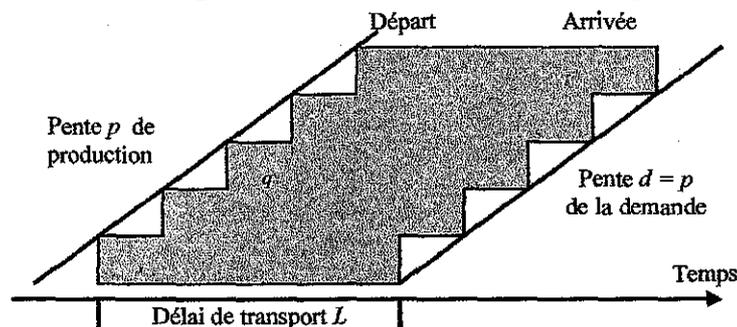


Figure 4.25 : le procédé de production et de transport standard

Les distances verticales entre les courbes représentent le développement des stocks en A, en transit et en B. avec les notations

| | |
|-------------|---|
| p | Taux de production (unité par jour) |
| $d = p$ | Taux de la demande |
| Q | Chargement maximum par expédition |
| L | Délai de transport |
| t | Durée du cycle |
| $q = d * t$ | Quantité expédier |
| h | Coût de stockage (par unité et par jour) |
| $T(q)$ | Coût d'expédition de la quantité $q \leq Q$ |

Le stock moyen de transit est $L*d$. Puisqu'il ne dépend pas du programme de transport, il peut être négligé dans la planification de transport, aussi longtemps que le temps de transport est fixe. Par conséquent, $L = 0$. Le coût total par jour dû au transport est

$$hp + T(q)d/q$$

Puisque les frais de transport montre habituellement des économies d'échelle, c.-à-d. $T(q)/q$ diminue avec l'augmentation de q , il y a une différence entre le stock et les frais de transport qui peuvent être optimisés par le choix de q . Si $T(q) = F$ est fixe pour $0 < q < Q$, c.-à-d. l'expédition est exclusive pour la quantité q , le q optimale est obtenue à partir de la formule EOQ avec deux modifications : le facteur $1/2$ du coût h est omis et q ne doit pas excéder Q , c.-à-d.

$$q^* = \min(Q, \sqrt{Fd/h})$$

Cependant, dans la plupart des cas, les coûts de transport sont dominants, donc le transport en chargements complets $q^* = Q$ est optimal.

Lien unique, plusieurs produits

Maintenant, plusieurs produits i sont produits en A et consommés en B, chacun avec un taux régulier d_i et un coût h_i . Si le coût de transport F par expédition est encore fixé, il est optimal toujours d'embarquer tous les produits ensemble, c.-à-d. avec une durée de cycle commune t et quantités $q_i = d_i t$. La durée optimale du cycle est

$$t^* = \min\left(Q/\sum_i d_i, \sqrt{F/\sum_i h_i d_i}\right)$$

Même si la demande fluctue, il est optimal, dans une certaine expédition, d'embarquer tous les produits avec une demande nette positive dans le cycle suivant. Les règles de détermination des quantités à expédier dans ce cas-ci sont discutées dans la section.6.2.2.

Cas général

L'hypothèse précédente d'une demande régulière peut être réaliste en cas de biens de consommation, puisque la consommation des matériaux en production ainsi que leur sorties ont lieu à la plupart du temps en lots. [Blumenfeld et al., 1991] a étudié l'influence de l'ordonnancement de la production et du transport sur les stocks dans divers réseaux d'approvisionnement et a souligné la différence entre l'ordonnancement *indépendant* et *synchronisé*. La synchronisation du transport avec la consommation des matériaux est l'idée fondamentale de l'approvisionnement en JIT. La synchronisation de la production et de la distribution est une règle utilisée dans la situation make-to-order ou assemble-to-order. Et la production pour stock, par sa nature, n'est pas synchronisée avec les expéditions des ordres aux clients.

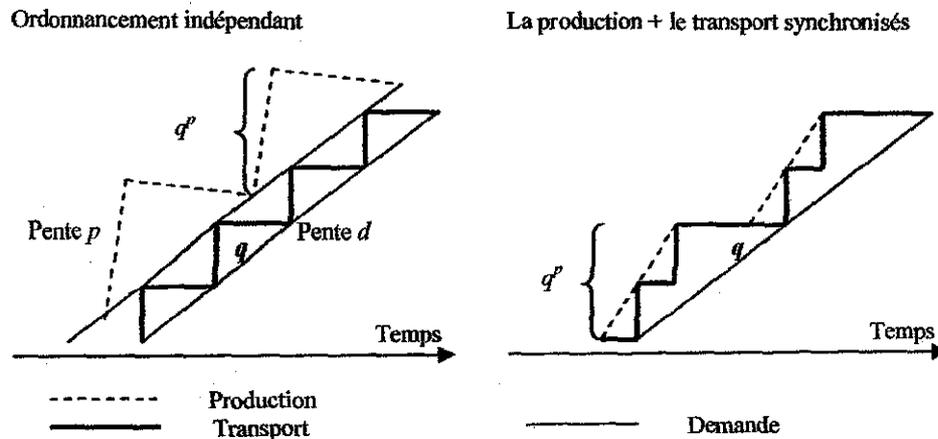


Figure 4.26 : ordonnancement indépendant et synchroniser

Mais les expéditions d'une usine à un DC éloigné ou à un clients VMI peuvent être synchronisées avec la production pour stock. Cependant, en cas de production cyclique de plusieurs items sur des lignes communes et distribué à plusieurs destinations, la synchronisation peut devenir très difficile ou impraticable. La Figure 4.26 présente les courbes cumulatives de production, de transport et de la demande pour un produit unique et une destination unique en cas d'ordonnancement indépendant et synchronisés. Dans le dernier cas, la production en lot q^p est un multiple de la quantité expédier q . Le taux de production p est maintenant plus grand que le taux de la demande d , parce que la chaîne de production doit produire d'autres articles dans les intervalles entre les lots représentés. Évidemment, la synchronisation réduit le niveau de stock moyen qui est au total (à l'usine et au DC) :

$$I = \frac{1}{2} q^p (1 - d/p) + q \quad \text{pour un ordonnancement indépendant}$$

$$I^s = \frac{1}{2} q^p (1 - d/p) + qd/p \quad \text{pour un ordonnancement synchroniser}$$

Mais la différence est moindre que la taille de l'expédition q qui est souvent peu importante comparée à la production en lots q^p . Dans le cas d'ordonnancement indépendant, l'ordonnancement de la production et du transport sont divisés par la ligne de la demande, qui est décalée vers la gauche de la véritable ligne de la demande par la durée du cycle de transport (plus le temps de transit qui n'est pas montré sur la figure 4.26). La production doit satisfaire cette ligne de demande, tandis que la planification de transport assume que cette ligne d'approvisionnement est continue comme dans les cas de lien unique considérés précédemment.

Transport et stock de sécurité

Dans un système de distribution pour des produits made-to-stock, les stocks de sécurité nécessaires pour garantir un certain niveau de service, dépendent de la stratégie de transport entre l'usine et le DC : dans un système poussée toutes les productions en lots sont distribuées immédiatement au DC. Une modification consiste en maintenant quelques stocks de sécurité à l'entrepôt de l'usine qui sont distribués en cas de sorties courantes imminentes à certain DC. Dans un système tiré, les transports sont déclenché par les stocks locaux à chaque DC, quand ils atteignent un point de commande défini. Dans un système poussé, l'information globale sur la demande et la situation de stock à chaque DC est exigée pour un contrôle central. Mais également dans un système tiré, l'information globale peut améliorer l'attribution centrale des stocks en cas de goulot. Dans un APS, une telle information globale devrait être disponible pour la totalité de la SC.

Le système poussé correspond au cas de la production et de la distribution synchronisées qui exige un cycle de stockage moindre, mais en général des stocks de sécurités plus élevés ou plus d'expéditions croisés entre les DC. Les stocks de sécurité locale à un DC doivent couvrir l'incertitude de la demande locale pendant le délai du transport, le système de stock de sécurité total doit couvrir toute l'incertitude de la demande pendant le cycle de fabrication et la durée du cycle. Dans un système de distribution de biens de consommation, la durée de cycle de transport est habituellement très courte, car un DC est habituellement quotidiennement complété, mais la durée de cycle de production peut durer des semaines aux des mois, si beaucoup de produits partagent la chaîne de production. Par conséquent, le système de calcul du stock de sécurité devrait être basé sur un modèle de revue périodique ou la période de revue est égale au cycle de production.

6.2.2 Déploiement

La tâche générale de déploiement est d'assortir la demande à court terme avec les stocks disponibles et prévus pour le (s) prochain (s) jour (s). Puisque l'emplacement de l'approvisionnement (usines, fournisseurs), où les stocks sont disponibles, sont en général différent par rapport aux emplacements de la demande (DC, clients), il doit être décidé combien transporter, de quel endroit et à quel emplacement (la demande).

A Network Flow Model – NFM

Cette tâche peut être formulée comme un problème de réseau de flux avec les données

Localité de l'approvisionnement (source) S_i avec les stocks disponibles a_i ($i=1, \dots, m$)

Localité de la demande D_j avec la demande d_j ($j=1, \dots, n$)

Coûts de transport c_{ij} par unité du S_i à D_j

Et les variables de décision

Quantités expédier x_{ij} depuis S_i à D_j

Comme suit :

$$\text{min imiser } \sum_{i,j} c_{ij} \cdot x_{ij}$$

Sujet à

$$\sum_j x_{ij} \leq a_i \quad \text{pour chaque localité d'approvisionnement } S_i$$

$$\sum_i x_{ij} = d_j \quad \text{pour chaque localité de demande } D_j$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{pour tous } i, j.$$

C'est un problème de type LP qui peut être prolongé au cas de plusieurs produits et capacité de transport limitée. C'est en fait un extrait du LP du plan directeur pour la SC entière, limité aux processus de transports et à un horizon plus court.

Livraison des ordres connus de clients

Dans une situation make-to-order, l'accomplissement des ordres en temps voulu est la responsabilité de la planification et de l'ordonnancement de la production. Le déploiement peut seulement traiter des commandes achevées et prêtes pour être livrées, et la taille de l'expédition est fixée par l'ordre du client.

Dans une situation make-to-stock, plusieurs ordres de clients peuvent concurrencer du même stock. Si les stocks à chaque source sont suffisants pour l'attribution normale des ordres, toutes les quantités d'ordre peuvent être livrées.

La combinaison optimale de mesure contre la pénurie pour les clients concurrençant pour les stocks d'un certain produit peut être déterminée avec le Network Flow Model, avec les interprétations suivantes :

- Chaque client j est modélisé comme un emplacement de demande.
- les emplacements source i inclut d'autres mesures potentielles, en particulier une source avec une disponibilité illimitée qui représente des ordres de réductions ou d'annulation.
- Le coût c_{ij} inclut des pénalités de retard, réduction ou d'annulation d'ordre de client, selon la priorité du client.

Remplissage du DC et approvisionnement

Les quantités à expédier pour le remplissage et l'approvisionnement ne sont pas déterminées par des ordres de client mais doivent être dérivées à partir de la planification de la demande. D'autre part, le calcul exige des spécifications antérieures d'une certaine *durée de cycle de transport* (ou la fréquence de transport) pour chaque relation, comme expliqué dans la section précédente.

La *demande nette* de l'expédition est alors

$$d^N = \begin{array}{l} \text{une demande prévue de la destination} \\ \text{pendant le cycle et le délai de transport suivant} \\ + \text{ stock de sécurité de la destination} \\ \text{/. stock disponible à la destination} \end{array}$$

Dans un système tiré la quantité à expédier est égale à d^N , s'il y a des stocks suffisants à la source pour toutes les destinations. Les quantités peuvent être modifiées par un procédé de chargement de véhicule, comme expliqué ci-dessous. Si à la source les stocks ne sont pas suffisants, ils sont assignés à la destination en utilisant les *règles de parties équitables* qui tiennent compte de la demande et la situation de stock de chaque destination et exigent donc une information globale et un contrôle centrale. L'idée fondamentale des parties équitables utilisées est d'équilibrer les stocks aux divers emplacements de demande de sorte que le niveau de service prévu jusqu'à l'arrivée d'un nouvel approvisionnement de la source (par exemple par production de lots) soit égal à tous les endroits.

Distribution requirements planning (DRP) peut être employé pour répartir la demande nette en amont dans un réseau, si chaque noeud est fourni par une source unique et fixe. C'est une prolongation du calcul de demande de MRP au réseau de distribution et permet, comme la MRP, de considérer une demande et des délais d'exécution dynamiques échelonnés dans le temps d'un noeud à un autre.

Dans une *distribution poussée*, chaque approvisionnement arrivant dans la source est immédiatement distribué aux destinations selon les parties équitables. En cas de délais de transport court et un cycle d'approvisionnement long pour la source, il est avantageux de maintenir quelques stocks de sécurité qui sont distribués plus tard selon les mises à jour des parties équitables.

Dans le cas de pénurie, la détermination des quantités de remplissage du DC peut également être intégrée dans le Network Flow Model, ainsi que les livraisons des ordres de client, où un DC apparaît comme une localisation de demande avec une demande nettement élevé.

Chargement de véhicule

Les calculs précédents des quantités des expéditions sont effectués séparément pour chaque produit. Ils ne considèrent pas l'expédition combinée de beaucoup de produits dans des unités de transport appropriées (par exemple palettes entières). C'est la tâche du chargement de véhicule qui débute de ces quantités d'expédition et les adapte à la capacité du véhicule. Dans la mesure où les quantités représentent la demande nette, elles peuvent être augmentées, mais

en général, le calcul de la demande peut indiquer les quantités minima au-dessous des quantités proposées.

Programme de véhicule

Comme expliqué dans la section précédente, l'établissement du programme de véhicule a seulement une importance limitée pour la planification avancée. En raison, du nombre considérable de modèles et d'algorithmes d'ordonnancement des véhicules, qui se trouve en littérature [Giard, 2003], ce sujet n'est pas traité ici.

6.2.3. Modules APS

Il n'y a aucune structure standard des modules d'APS pour la planification de la distribution et du transport. Dans tout APS, ces tâches sont couvertes par plusieurs modules ou par les modules multifonctionnels, mais avec différentes attributions dans la SCP-matrix.

7. la planification collaborative

7.1. Coordinations et Intégration

Une *coordination robuste* (c.-à-d. la configuration des flux de données et la division des tâches de planification en modules) des modules d'APS est une condition préalable pour la réalisation de plans *ad hoc* pour les différents niveaux de planification et pour chaque entité de la SC. L'APS peut être vu comme une *adjonctions* (add-ons) [S Gould, 1998] aux systèmes ERP existants avec une centration sur les tâches de planification et non pas sur les tâches transactionnelles. Dans la plupart des cas, un système ERP est un *système principal* où l'essentiel des données transactionnelles est maintenu. La base de données du APS est incrémentalement mise à jour et les changements majeurs sur les données sont faits dans le système ERP. Cette tâche est surnommée *l'intégration* du APS aux systèmes ERP [S Gould, 1999].

7.1.1. Coordination des modules d'APS

Un système intégré a l'avantage d'une vision identique et une accessibilité à tous les modules par une interface utilisateur simple. En outre, une base de données unique fournit les données nécessaires par chaque module et évite des redondances et des contradictions dans les données de planification provoquées par des bases de données multiples. Les différents modules peuvent agir l'un sur l'autre par l'intermédiaire d'échange directe de messages et de données. En revanche, les modules individuels à la plupart du temps n'ont pas une vision identique et régulièrement une base de données non commune. Un avantage de cette architecture est que les modules peuvent facilement être combinés et choisis (si tous les modules ne sont pas nécessaires) pour une branche spécifique d'activité. La plupart des fournisseurs d'APS avec de telles architectures fournissent des modules spéciaux d'intégration qui permettent de contrôler les informations et les données échangées dans le système [YukseI, 2000]. En outre, un moniteur d'alerte est souvent responsable du traitement des situations d'alerte de différents modules d'APS dans un module central.

La figure 4.27 [Stadtler *et al.*, 2000] donne une vue générale des principales interactions : directives et feedback organisées pour générer les différents plans d'une SC. Les flux de données sont exemplifiés, car ils peuvent être différents d'une SC à l'autre. Le principal feedback est dérivé par les mises à jour périodiques des plans au moment de la considération des données courantes

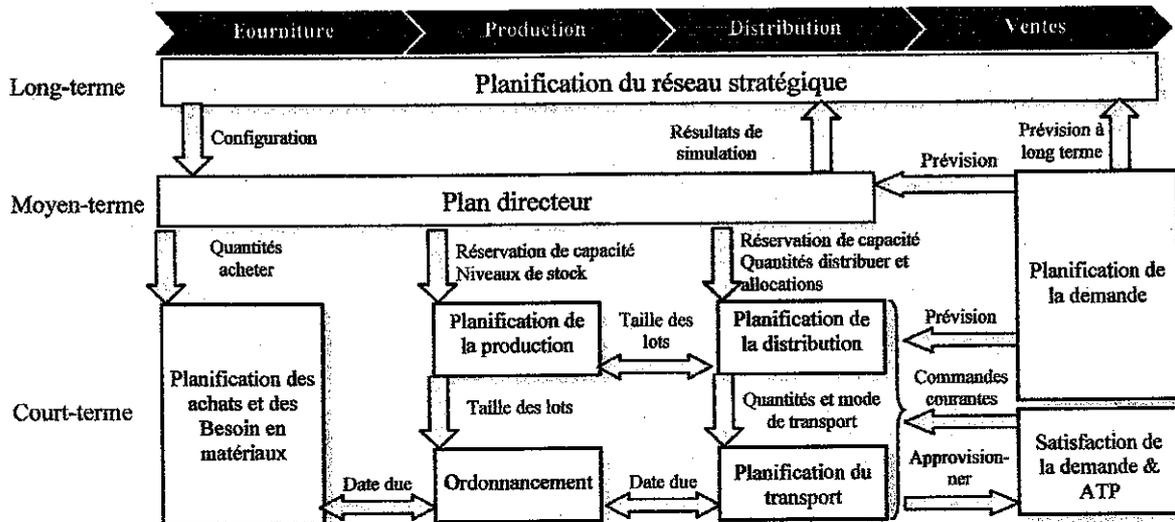


Figure 4.27 : la coordination des modules d'APS

Moniteur d'alerte

Le moniteur d'alerte représente le concept de management par exception. Le management par exception est une technique de contrôle des directives. Il différencie entre les cas *normaux* et les cas *exceptionnels*. Ici, la décision, qu'une situation soit un cas exceptionnel ou pas est déléguée au APS. Les préalables à ce concept sont les informations détaillées sur les tolérances pour les cas normaux, des définitions exactes pour le reporting et la délégation des décisions.

L'APS soulève des alertes si des problèmes ou des infaisabilités se produisent. Pour passer les alertes correctes aux unités organisationnelles appropriées d'une SC, il est nécessaire, tout d'abord, de filtrer ces alertes. Ensuite, les alertes filtrées sont envoyées à l'unité organisationnelle responsable (envoyées réellement, par exemple par E-mail ou une application basée sur Internet) d'une entité de la SC. La spécification de ces responsabilités fait partie de l'implémentation du projet.

Les unités responsables réagissent aux alertes en produisant de nouveaux plans, les plans nouveaux ou ajustés sont alors envoyés de nouveau au APS. L'APS traite les changements réalisés et les propage à chaque unité affectée par ces derniers.

7.1.2. Intégration d'APS

Pour une utilisation efficace d'un APS, il doit être intégré à une infrastructure IT existante (figure 4.28) [Stadler et al., 2000]. Les principales interactions existent entre un APS et un système de *traitement des transactions en ligne* (Online transaction processing - OLTP¹), par exemple un système ERP. Un autre système important – particulièrement nécessaire pour la tâche de planification de la demande – est *l'entrepôt de données* (data warehouse - DW). Cet entrepôt stock les principales données historiques des affaires et de la SC.

¹ Outil d'analyse en ligne

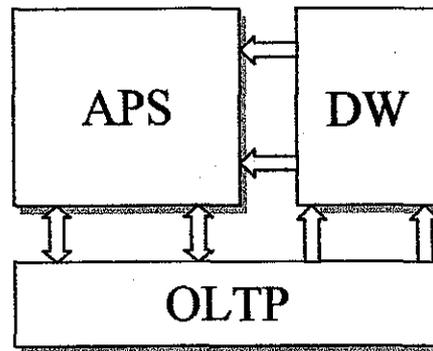


Figure 4.28 : Intégration du APS

Comme la figure 4.29 [Stadtler *et al.*, 2000] le montre, un APS communique avec plusieurs systèmes OLTP de différentes entités de la SC. *Le modèle d'intégration* définit quels objets (buts) sont échangés, d'où ils viennent et quelles tâches de planification sont accomplies sur quel système. *Le modèle d'échange de données* indique comment les flux des données et d'information entre les systèmes sont organisés.

Alors que les systèmes OLTP décrivent l'état actuel d'une entité de la SC un entrepôt de données est leur mémoire. Presque toutes les données sont disponibles – mais pas l'information (courante). Le but d'un entrepôt de données est de fournir les bonnes informations au bon moment. L'entrepôt de données doit rassembler les données disparates dans toute une organisation ou la SC pour soutenir la prise de décision.

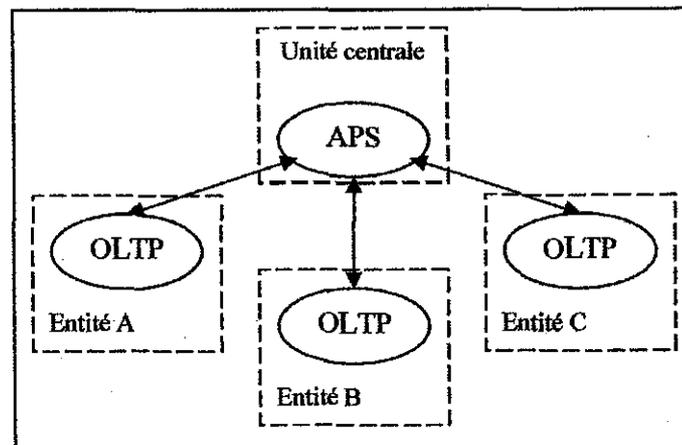


Figure 4.29 : Intégration de plusieurs systèmes OLTP

Les termes *découverte de la connaissance dans les bases de données (knowledge discovery in databases - KDD)* et *exploitation (fouille) de données (data mining - DM)* subsistent combinatoirement avec les entrepôts de données. Le terme KDD est proposé pour décrire le processus d'extraction de la connaissance des données. L'exploitation de données est employée exclusivement dans l'étape de découverte de ce processus.

L'interaction entre l'APS et l'entrepôt de données est un processus inaltérable (figure 4.30) [Stadtler *et al.*, 2000] – l'entrepôt de données est mis à jour incrémentalement par des données transactionnelles des systèmes OLTP. KDD, et plus particulièrement DM, fournit une entrée importante pour chaque étape dans la construction de modèle pour tous les modules d'un APS. Alors que les outils d'extraction de données se concentrent sur la *recherche des modèles* à partir des données, les outils de *traitement analytique en ligne (OLTP)* sont une disposition rapide d'accès pour l'APS aux données d'un DW.

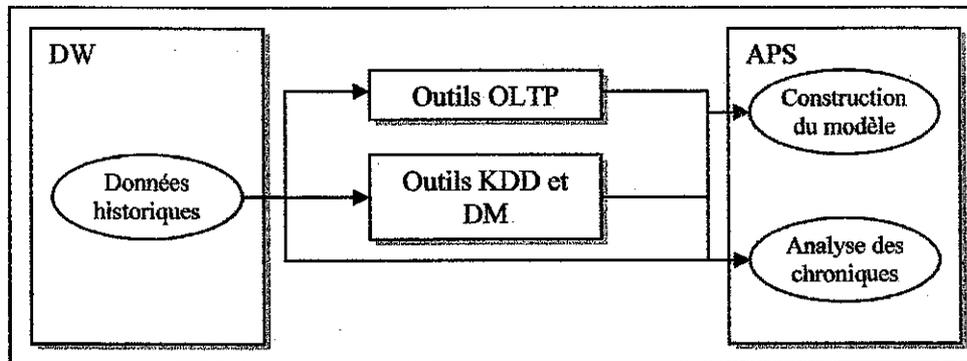


Figure 4.30 : Intégration des DW

7.2. Planification collaborative

Les chapitres précédents traitent les procédés de planification dans un *domaine de planification*. Le terme *domaine de planification* constitue une partie de la SC et les procédés relatifs de planification qui sont sous le contrôle et la responsabilité d'une organisation. Cependant, la qualité d'un plan et le processus décisionnel qui s'y rattache peuvent être améliorés en considérant une information additionnelle qui est au delà de la portée du domaine de planification propre.

La *planification collaborative* traite des domaines de planification multiples. L'idée est de relier directement les procédés de planification locaux au domaine de planification afin d'échanger les données appropriées entre ces derniers. Les domaines de planification collaborent afin de créer un terrain commun et un plan mutuellement convenu. Ainsi, les données sont mises à jour plus rapidement et les résultats de planification deviennent plus précis. La figure 4.31 représente les matrices de planification d'une SC de deux domaines de planification qui sont reliés par une collaboration [Stadtler *et al.*, 2000].

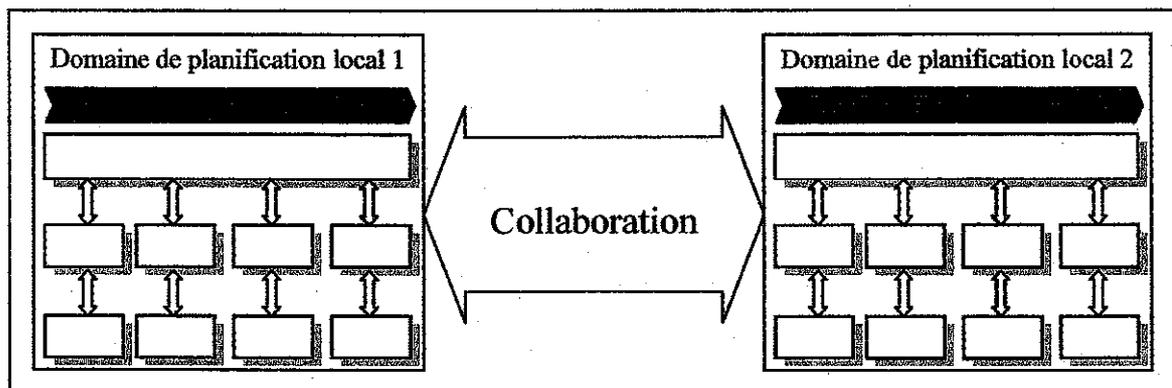


Figure 4.31 : connexion des domaines de planification par la collaboration

Il existe également quelques approches qui font face à une réconciliation mutuelle des activités (prévisions basées sur consensus), comme *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment* (CPFR) proposée par l'association Voluntary Interindustry Commerce Standards, dès 1996 (VICS Association, 2001) et *Collaborative Development Chain Management* (CDCM), qui suit les idées de technologie simultanée et ce centre sur le développement commun des produits par plusieurs associés avec l'utilisation du Web.

Une collaboration représente un rapport d'affaires entre un fournisseur d'un item et un client pour cet item (figure 4.32).

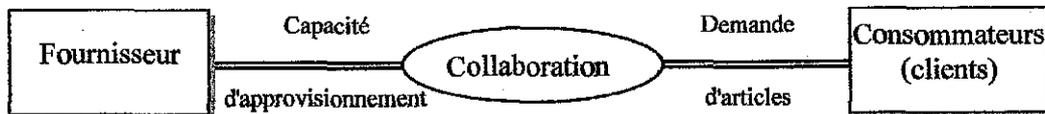


Figure 4.32 : collaboration selon la relation demande - approvisionnement

[Bruner, 1991] définit la collaboration dans le contexte de l'environnement éducatif : la collaboration est un processus qui permet d'atteindre des buts qui ne peuvent être réalisés séparément (ou, au minimum, ne peuvent être atteints efficacement). La collaboration inclut tous les éléments suivants : développement et accord conjoint sur un ensemble de buts et de directives communs; partage de la responsabilité pour obtenir ces buts; et le travail collectif pour réaliser ces buts, en employant l'expertise de chaque collaborateur. Anderson et Narus [Stadtler *et al.*, 2000] distinguent les *relations transactionnelles et de collaboration*. Le premier se focalise sur l'échange opportun des produits de base pour des prix fortement concurrentiels (... le dernier est caractérisé par...) des liens social, économique, techniques et de service fort et étendue, avec l'intention de baisser les coûts et/ou d'augmenter la valeur, réalisant de ce fait un avantage mutuel. La relation du fournisseur et du client pourrait s'étendre entre ces deux extrémités. La planification collaborative exige une relation de collaboration avec l'intention d'établir un rapport à moyen terme qui habilite des activités de planification et l'échange d'expertise basée sur des informations d'association pour créer une valeur additionnelle.

7.2.1. Types de collaborations

7.2.1.1. Matériaux et services

Collaboration de la demande (demand collaboration), collaboration de l'approvisionnement (procurement collaboration) et collaboration de stock (inventory collaboration) traitent principalement l'échange d'information sur la demande et l'approvisionnement relié *aux matériaux*, c.-à-d. produits tangibles. La collaboration de la capacité (capacity collaboration) concerne la capacité d'approvisionnement, de production ou de fabrication

7.2.1.2. Relations

Les types de collaboration décrits jusqu'ici sont des collaborations à un seul étage, reliant un client à ses fournisseurs directs (figure 4.33). L'inconvénient de ce type de collaboration est relié à la lenteur des échanges informationnels.

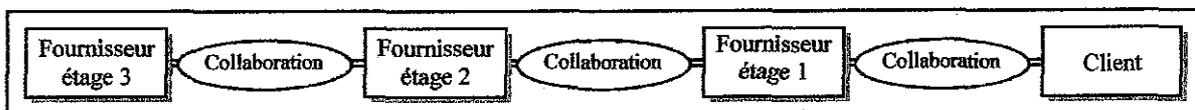


Figure 4.33 : chaîne de collaboration simple (en un seul étage)

Afin d'accélérer l'échange de l'information dans la SC une collaboration à plusieurs niveaux peut être établie, reliant directement le client aux fournisseurs du rang 1, du rang 2 et du rang 3 (Figure 4.34).

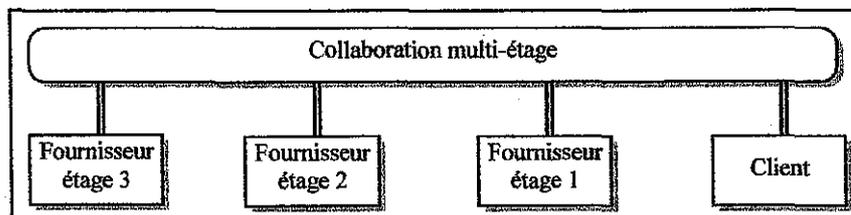


Figure 4.34 : collaboration multi - étage

7.2.2. Un procédé générique de collaboration

Le procédé générique de collaboration est typiquement comme suit (figure 4.35) [Stadler *et al.*, 2000] :

1. définition
2. planification du domaine locale
3. échange de plan
4. négociation et maniment des exceptions
5. exécution
6. mesure de performance

1) **Définition.** la définition de la relation de collaboration des associés comprend le but de travailler ensemble d'une façon mutuellement définie par un accord formel. Quatre enjeux principales doivent être considérés: donner et obtenir (gives & gets), les articles collaborative comprenant des horizons de planification, l'horizon de temps de la collaboration et un mécanisme convenu de résolution de dispute en cas de conflits.

▪ **Donner** adresse la contribution de chaque associé à la collaboration, par exemple la connaissance, personnel, immobilisation fixe, etc., tandis que **Obtenir** est les gains spécifiques de chaque associé participant à la collaboration, par exemple une plus grande expertise, un plus large accès au marché et des revenus additionnels.

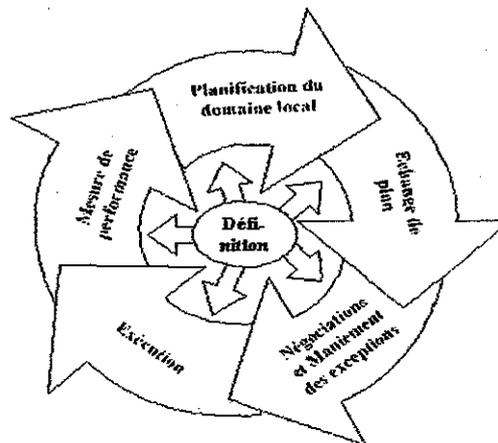


Figure 4.35 : le cycle de collaboration

▪ **Les items collaborative** sont les produits et/ou les services auxquels la collaboration est connexe. Un procédé de collaboration inclus, en se focalisant sur les flux des principales matières dans la SC, les produits importants tels que les matières premières de goulot d'étranglement, produits avec de longs délais d'exécution ou à haute valeur. Les paramètres liés aux articles sont la quantité minimum demandée, règles d'exception aussi bien que la classification d'importance de plusieurs associés. En outre, la conformité des plans sur les différents horizons de planification doit être définie.

▪ **L'horizon de temps** détermine la durée de la collaboration. À la fin de l'horizon les associés doivent décider de continuer, augmenter ou amoindrir leurs relations.

▪ **Rapports étroits** inclus les désaccords potentiels et les situations de conflit. Ainsi, un mécanisme convenu de résolution de conflit doit être établi.

Dans la définition des articles collaborative, la collaboration est appliquée aux *trois horizons de planification* de la matrice de planification de la SC. Ainsi, un fournisseur et un client peuvent ajuster leur procédé de planification collaborative à long, moyen et court terme

en reliant leurs procédés de domaine locaux de planification. Les plans collaboratives sont ainsi localement désagrégés (figure 4.36).

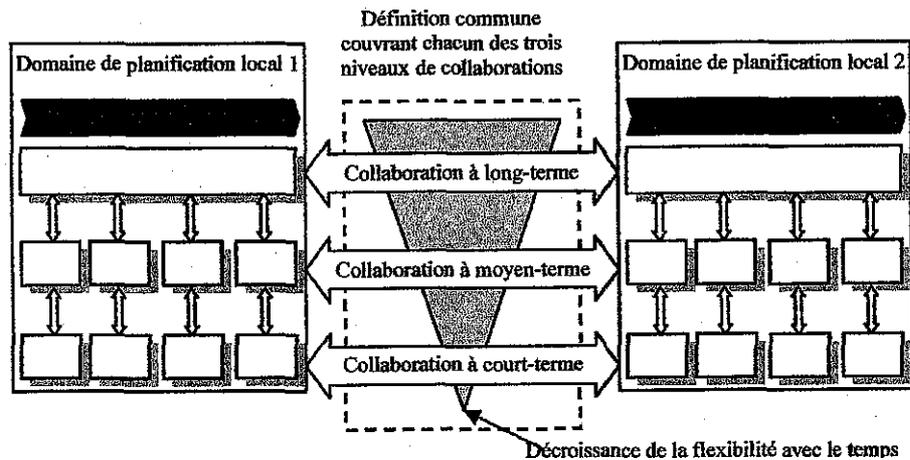


Figure 4.36 : collaboration à long, moyen et court terme

- 2) **Planification du domaine local** un planificateur organise ses futures activités dans un plan de domaine local, qui tient compte d'une certaine situation de planification locale, ses fonction objectif individuelle, l'information détaillée interne courante, savoir-faire au sujet des processus, etc.
- 3) **Échange de plan** le procédé d'échange de plan est extrêmement sensible. Les associés dessein à augmenter la qualité de la planification en échangeant l'information. Dans la phase de définition de l'objet (but) de la collaboration sont définis les produits sur lesquels des données pourraient être échangées.
- 4) **Négociations et Maniement des exceptions** les associés échangent l'information en vertu des conditions définies dans le procédé de collaboration. Ceci permet à des associés de gagner une vue d'ensemble sur la situation de planification et d'identifier si les buts prédéfinis sont réalisés. Cette situation exige un scénario de planification commun dans lequel les buts et les conditions communs sont mesurés par les KPI. La planification résultant du plan du domaine local et de collaboration, doit être comparé aux données réelles. L'analyse des déviations du plan aide à l'identification des dispositions pour lesquelles de futurs plans peuvent être améliorés. Les réactions aux déviations du plan sont étroitement associées à la revue du plan. Si les associés ont décidé d'une valeur-seuil particulière pour un KPI donné, alors le fait de la dépasser déclenche un processus qui repousse le KPI dans sa marge permise ou permet à une exception de se produire. Le premier cas valide les actions non autorisées par les associés, lance un processus de négociation pour aligner mutuellement les plans entre les associés ou il est employé pour réaliser un comportement désiré de la SC (baisser la *nervosité* dans la planification). Le deuxième cas survient quant des changements structurels ou d'autres situations exceptionnelles se produisent. Les causes des exceptions pourraient être internes, par exemple défauts de planification ou appui de décision insuffisant, ou externe tels que le changement de la situation économique ou concurrentielle. La manipulation d'exception est déclenchée par des alertes indiquant des problèmes spécifiques de planification, par exemple :
 - disparité entre la demande prévue et les possibilités d'approvisionnement
 - violation d'un niveau minimum de demande
 - une réponse absente du fournisseur pour assortir une demande prévue

- une demande d'article projeté par le client qui n'est pas encore libéré par le fournisseur.
- 5) **Exécution** l'exécution se produit après qu'un plan ajusté (mène aux remplissage -, production - et l'achat d'ordres pour satisfaire les buts prévus) soit réalisé.
 - 6) **Mesure de performance** après exécution du plan, l'analyse 'as-is¹/to-be²' est employée pour mesurer les effets de l'implémentation du plan global. Les résultats de la planification sont plus facilement acceptés par chacun dans le cas de la situation *gagnant-gagnant*. Plus difficile est le cas dans lequel quelques membres subissent des pertes. Des approches de compensation doivent être développées dans ce cas-ci qui mènent au remboursement des membres qui acceptent de perdre pour le bien de la SC dans l'ensemble.

Conclusion :

La planification à moyen terme vise à une programmation prévisionnelle de la production, des approvisionnements et de la distribution, à partir de la demande commerciale prévue ou réelle et ceux-ci en conformité avec les décisions effectuées au niveau stratégique.

Dans le cadre de cette perspective, ce chapitre traite les différents processus de planification.

Tout d'abord, on a abordé la planification de la demande qui est une entrée pour tous les différents modules de planification. Cette planification permet d'améliorer les décisions quant à l'incertitude qui peut paraître au niveau des processus de la demande et de l'approvisionnement, en générant des prévisions fiables pour la future demande et le niveau des stocks de sécurité susceptible de combler ces erreurs (dus à l'incertitude).

Une fois les niveaux de la demande ont été précisés, le plan directeur créera un plan de production et de distribution agrégé pour toutes les entités de la SC, avec pour principal but la minimisation des coûts.

Afin de générer un plan directeur dans un APS, nous avons présenté une approche de modélisation puis de génération. Suivi d'un modèle de base.

Sur les marchés compétitifs d'aujourd'hui, il est important de produire des promesses d'ordre fiable et rapide et ceci afin de maintenir les clients et augmenter la part du marché. Ceci peut être réalisé par le procédé de satisfaction de la demande qui vise à déterminer la date de promesses des ordres et de ce fait influencer leur délai de réalisation et leurs livraisons à temps. Par conséquent, nous avons analysé ce procédé et donnés son mode de fonctionnement.

Pour satisfaire la demande, une planification de la production et de la distribution doit être réalisée. La planification et l'ordonnancement de la production visent à générer des programmes de production détaillés qui désignent pour chaque ordre son temps de début et de fin ainsi que la ressource requise pour son traitement. Et tout ceci dans le cadre d'une minimisation des coûts et une optimisation des séquences des opérations pour produire dans les meilleurs délais et de ce fait satisfaire la demande. Ainsi la première part de la satisfaction des ordres est accomplie mais ceci est insuffisant dans la mesure ou satisfaire une demande c'est de la livrée dans les meilleurs délais d'où la planification de la distribution et du transport.

La satisfaction des ordres des clients nécessite l'intervention de plusieurs acteurs de la SC, c'est pourquoi pour une planification robuste et une réalisation élevée des demandes, une collaboration plus étroite avec les modules de planification des différentes entités mènera à la

¹ La modélisation de l'existant

² L'élaboration conceptuelle de la nouvelle organisation

génération de plan *ad hoc*. Ainsi ce chapitre a traité la collaboration et les différents procédés de son exécution.

Mettre en application un APS dans une société ou une SC nécessite beaucoup plus qu'une modélisation, c'est pourquoi le prochain chapitre traite le processus d'implémentation d'un APS en se basant sur des expériences passées.

Chapitre V

L'implémentation d'un Système de Planification Avancée

| | | |
|-----------|--|------------|
| I. | <u>LA SELECTION D'UN APS</u> | 207 |
| I.1. | Le Supply Chain Management – Problématique et Définition | 207 |
| I.2. | La solution de gestion et d'optimisation de la Supply Chain : | 210 |
| 2. | <u>LE PROCEDE D'IMPLEMENTATION D'UN APS</u> | 216 |
| 2.1. | Définition du projet | 218 |
| 2.2. | Conception de solution | 220 |
| 2.3. | Détails de solution | 222 |
| 2.4. | Exécution et déploiement | 224 |
| 2.5. | Clôture | 225 |

Les Projets de SCM s'étendent des perfectionnements spécifiques à un niveau fonctionnel aux programmes de changement à grande échelle, nécessitant la redéfinition de la stratégie commerciale et la re-conception des processus. Ici, nous nous concentrons sur les projets d'implémentation des systèmes de planification avancée, visant à améliorer la performance d'une SC au moyen d'un APS. Le point de départ d'un projet d'implémentation d'un APS est la perception qu'un certain type de changement capital est exigé. Les conducteurs aux changements peuvent être perçus négativement comme *difficulté* ou positivement comme *potentiels* – de toute façon il est évident à l'organisation que les affaires doivent être faites différemment à l'avenir.

Le Projets d'implémentation d'un APS se focalise sur (1) les procédés de planification et (2) les rapports avec les associés dans la SC, c.-à-d. fournisseurs, clients et sous-traitants. Les procédés de planification créent un plan pour de futures opérations commerciales, par exemple la planification de la demande, le plan directeur, l'ordonnancement de la production etc. La phase initiale d'un projet d'implémentation d'un APS doit fournir une compréhension complète de

- Modèle d'action appliqué et l'ajustement de la stratégie des procédés de planification avec ce modèle
- La structure des procédés de planification et les interactions entre eux
- Les systèmes de planification actuellement utilisés pour soutenir les procédés de planification
- Les rapports et modes internes de coopération entre les départements impliqués dans les tâches de planification, y compris l'achat, la production, la gestion des ordres etc.
- Le mode de collaboration avec les associés de la SC, en particulier clients et fournisseurs, mais également quelques concurrents important et
- La performance actuelle de la SC mesurée par les indicateurs de performance (Key Performance Indicators – KPI) comme la performance des date due et les niveaux d'inventaire, et les meilleurs pratiques concernant les modèles et processus d'actions pour en rivaliser avec.

I. la sélection d'un APS

La sélection d'un APS survient lors de la définition du projet d'implémentation. Mais avant d'entamer cette implémentation une synthèse des principales solutions disponibles sur le marché est un préalable.

II. Le Supply Chain Management – Problématique et Définition

Le SCM correspond à la gestion globale de la SC allant du fournisseur du fournisseur au client du client.

Lorsque l'on parle de SCM, l'on s'intéresse en fait à l'anticipation de l'ensemble des flux physiques de l'entreprise en partant de la demande, ce qui se traduit par l'élaboration de la meilleure prévision de ventes possible, en essayant d'anticiper tout ce qui va se produire pour satisfaire cette demande, et ceci jusqu'aux approvisionnements provenant des fournisseurs.

Il s'agit en fait de définir de manière optimale les quantités à stocker à l'intérieur des entrepôts, les quantités à produire dans chaque usine ainsi que les quantités à approvisionner auprès des différents fournisseurs.

Cette problématique devient d'autant plus complexe que les entreprises sont de plus en plus globales, disposant ainsi de multiples entrepôts à échelle continentale ou mondiale et/ou de multiples usines qui peuvent produire le même bien.

Le SCM va donc consister en l'optimisation globale de l'ensemble de ces flux dans un contexte où plusieurs points peuvent réaliser la même opération.

Le « concept » de Supply Chain ou l'idée d'une SC complètement gérée et optimisée du fournisseur au client, existe depuis longtemps. Ce qui est en revanche véritablement innovant aujourd'hui dans ce domaine est la mise à disposition d'outils beaucoup plus pertinents et puissants comme mySAP Supply Chain Management qui assume le rôle de *facilitateur* de la nécessaire optimisation logistique imposée par de nouveaux défis et des enjeux colossaux.

1.1.1. De nouveaux défis pour un nouvel écosystème

De nouvelles données économiques

L'intermittente et exceptionnelle croissance économique que nous avons connue ces dernières années, couplée à un effet conjoncturel, a fortement participé à l'expansion du nombre d'initiatives dans le domaine du Supply Chain Management. En effet, l'accroissement de la consommation des ménages et l'augmentation des volumes de ventes ont eu pour conséquences majeures une amplification et la complexification des flux qui ont impliqué et impliquent toujours une prise de conscience plus importante de la SC.

Cette tendance est aussi confortée par l'actualité économique puisqu'il n'est aujourd'hui plus un quotidien qui n'annonce de fusions ou d'acquisitions de sociétés à échelle nationale continentale ou mondiale et ceci dans tous les secteurs.

Par ailleurs, la réalité de la mondialisation des marchés et l'accélération des échanges, facilités par l'introduction des nouvelles technologies de l'information ainsi qu'un réseau de communication et de transport plus efficace, demandent aussi de repenser globalement les supply chains.

Une nouvelle stratégie marketing et l'arrivée de l'e-business

La stratégie des entreprises a aussi fortement évolué ces dernières années, migrant d'un marketing de masse vers un marketing one to one, dit de personnalisation. En effet, nous étions auparavant dans une logique de vente où l'exercice consistait à adresser un même produit au plus grand nombre de clients. Aujourd'hui, l'entreprise souhaite davantage vendre un maximum de nouveaux produits et de services configurables à un même client.

De fait, les flux physiques sont plus difficilement rationalisables et optimisables, se retrouvant éclatés à travers différentes unités de transport et de manutention qui se multiplient sur les sites logistiques et sur les routes.

De plus, les cycles de vie des produits se raccourcissent et les départements de Recherche et Développement ont maintenant pour challenge de concevoir davantage de nouveaux produits, compétitifs sur le marché en terme de coûts de conception, et dans des périodes toujours plus courtes, afin d'assurer l'indispensable Time to Market. Il en résulte là aussi un besoin d'accélération des mouvements physiques et des flux d'informations associés.

Aussi, le constat devenu évident qu'il coûte plus cher à une entreprise de conquérir un nouveau client que d'en garder un existant a généré un changement profond des mentalités, menant aujourd'hui de nombreuses entreprises à organiser l'entreprise autour du client, placé au coeur du système et de toutes les préoccupations. Ainsi, la relation client devient aussi un enjeu stratégique et une priorité pour les entreprises, à l'exemple du service après vente.

Enfin, la vague de l'e-business, supportée par l'arrivée des nouvelles technologies de l'information, et qui a débuté fin des années 2000, a aussi permis de cristalliser la démarche de SCM à travers le commerce *B to B* et *B to C*. En effet, il est reconnu que les pertes importantes de certaines entreprises sont liées à des coûts logistiques mal maîtrisés. En termes d'organisation logistique, il s'agit à priori d'une révolution, puisque le petit commerce suivi par la grande distribution, avaient permis de massifier les flux de marchandises jusqu'à un

endroit proche du consommateur, donc de réduire les coûts logistiques. L'e-business morcelle ces flux en cherchant à atteindre le consommateur jusque chez lui. Il faut donc repenser voir inventer une nouvelle logistique appropriée à l'e-business.

Une forte politique d'externalisation

Depuis plus de trente ans, le phénomène d'externalisation se développe dans les entreprises pour des raisons stratégiques et de baisse des coûts. Les achats représentent souvent plus de 50% du chiffre d'affaires d'une entreprise industrielle, voire atteignent 80%, valeur courante dans l'industrie automobile. Or, ils ne représentaient qu'à peine 20% du chiffre d'affaires dans les années 60. Ceci s'explique par le fait que les entreprises ont cherché systématiquement depuis une trentaine d'années à se recentrer sur leurs métiers de base. Elles ont été puissamment incitées à cette démarche par la mise en place d'une TVA déductible, mais aussi par la complexification des techniques qui nécessite pour chaque métier des spécialistes, et souvent des investissements assez lourds. Ainsi, elles ont commencé par soustraire peu à peu une part croissante des tâches auparavant confiées à leurs propres équipes. Elles sont passées de la sous-traitance de tâches périphériques, comme le gardiennage ou le nettoyage des locaux, à la sous-traitance plus proche du cœur de métier, comme la maintenance ou le transport, voire depuis quelques années, à la sous-traitance de tâches très qualifiées comme la gestion logistique (entreposage, préparation de commande, conditionnement emballage,...), ou la conception partielle. Ceci a pour conséquence majeure d'exiger un effort de collaboration beaucoup plus fort entre fournisseurs et clients, afin de rapprocher les processus et de définir des objectifs communs au sein de la chaîne de valeur.

Des enjeux importants dans la logistique globale

L'entreprise se trouve souvent pénalisée dans la valorisation de son entreprise du fait d'une logistique mal gérée. Aujourd'hui, le coût de la logistique pour une entreprise se situe entre 10% et 12 % du prix de revient des produits.

De ce fait, la fonction logistique a connu d'importantes évolutions tant dans sa composition, dans son rôle que dans son niveau hiérarchique. Ainsi, il est devenu plus fréquent de rencontrer les directeurs logistiques au sein des comités de direction. De même, de nouvelles fonctions plus transversales et ouvertes sur l'extérieur se sont créées telles celle de supply chain manager dont le rôle s'étend souvent au niveau continental voire mondial.

Les besoins et les attentes en matière de logistique ont donc évolué, et l'entreprise qui se lance dans une initiative de SCM souhaite avant tout améliorer sa visibilité sur la SC globale, anticiper les flux, et optimiser ses processus afin de répondre aux impératifs logistiques en terme de :

- Minimisation des coûts de la SC qui va avoir un impact direct sur la rentabilité financière de l'entreprise,
- Amélioration de la qualité de service qui va avoir un impact direct sur la satisfaction du client,
- Amélioration de la productivité avec un impact direct sur l'utilisation des actifs.

Mais l'on peut aussi trouver d'autres objectifs, variables d'une entreprise à l'autre selon sa taille, son secteur d'activité, son marché, son business et bien évidemment son contexte et son histoire, comme : les parts de marché, le profit, le time to market, la qualité, ...

L'idée est donc de pouvoir définir l'optimum logistique qui va définir le niveau d'implication et d'investissement dans le projet de SCM et ainsi garantir un rapide retour sur investissement.

1.2. La solution de gestion et d'optimisation de la Supply Chain

1.2.1. Les principaux acteurs

- i2 Technologies - i2 Five.Two

i2 Technologies, basée à Dallas, Texas, avec un siège social européen à Bruxelles, offre une large gamme des modules de logiciel d'APS par sa suite récemment libérée le logiciel *i2 Five.Two*. i2 a été créée en 1988, lorsqu'elle a offert son premier progiciel appelé *factory planner*, lequel a eu une grande réussite dans l'industrie métallurgique. Ensuite i2 a développée différents logiciels de solutions sous des stigmatisations comme RHYTHM et TradeMatrix - le dernier été Five.Two. Aujourd'hui i2 offre un progiciel de solution, incluant plus de 60 modules, qui couvre le processus complet pour toutes sortes de métier et pour différentes industries comprenant l'industrie automobile, de biens de consommation et high-technologie.

Ces développements en été réalisés à travers sa fusion avec *Aspect Development* en 2000 et *RightWorks* en 2001 aussi bien que les associations avec *IBM, Ariba* et *Webmethods*. (i2 Technologies, 2006).

- J. D. Edwards - OneWorld Xe advanced planning

J. D. Edwards, fondée en 1977 et siégé à Denver, Colorado, offrait traditionnellement le logiciel ERP. En 1999 J. D. Edwards acquis Numetrix Ltd., un fournisseur d'APS basé à Toronto avec plus de 20 ans d'expérience de planification et d'optimisation de la SC. Le premier Numetrix/3 APS a été lancé comme *J. D. Edwards' advanced planning*, une partie de la suite J. D. Edwards' OneWorld Xe. (J. D. Edwards, 2006)

- SAP - APO (Advanced Planner and Optimizer)

SAP AG (Walldorf / Allemagne) a été active sur le marché d'APS depuis 1998. Le *advanced planner and optimizer* (APO) a été à l'origine prévu et vendu comme une suite de logiciel indépendant. Il est maintenant inclut dans la solution *mySAP Supply Chain Management*. D'autres solutions de mySAP sont par exemple *mySAP Business Intelligence*, *mySAP Customer Relationship Management* et *mySAP E-procurement*. (SAP, 2006)

1.2.2. Magic Quadrant du Gartner

Le cabinet d'analyse Gartner Inc. a publié la dernière version de son Magic Quadrant sur les solutions de Management de la SC (APS), faisant apparaître la progression de SAP dans les segments « Visionnaires » et « Leaders » du quadrant, avec des améliorations évidentes en termes de mise en oeuvre sur site et de vision de la SC. (Nové-Josserand, 2004).

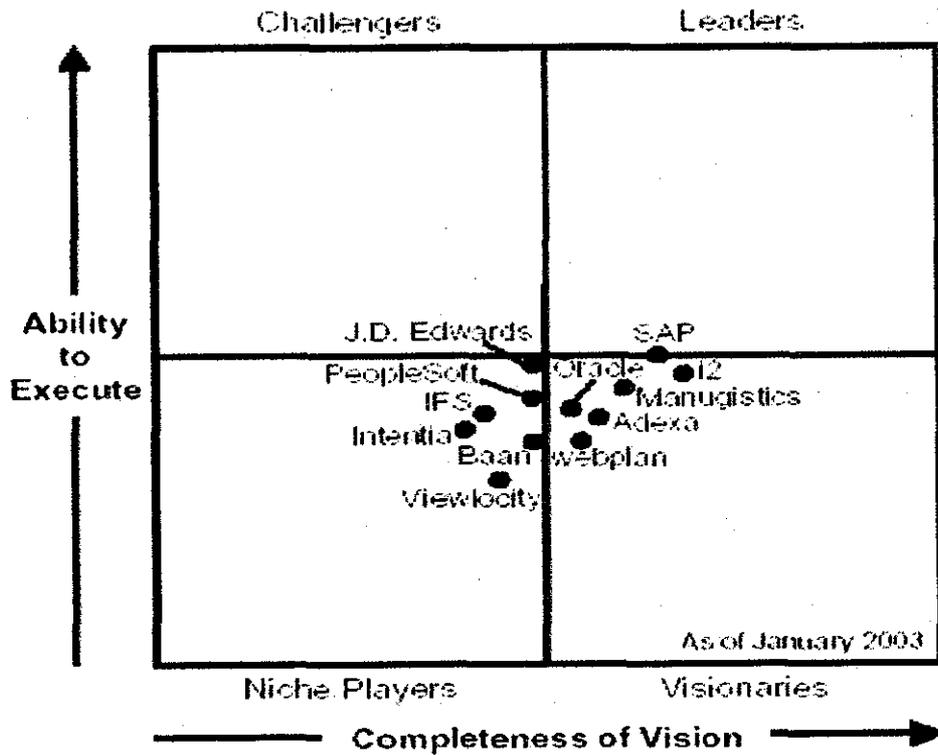


Figure 5.1 : Magic Quadrant Premier Trimestre 2003 : Supply Chain Planning (Industrie Manufacturière Discrete)

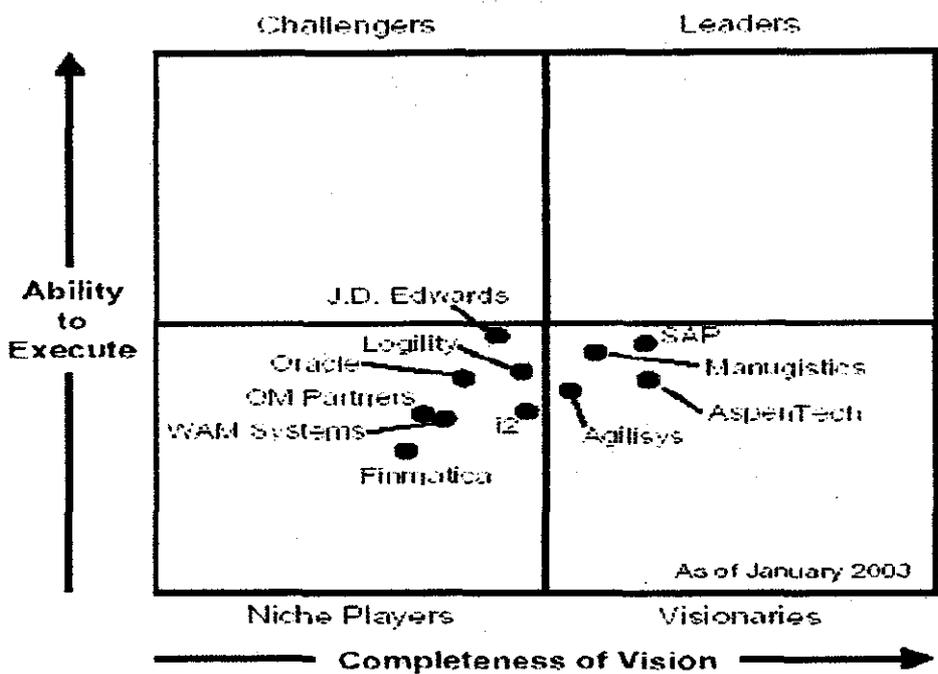


Figure 5.2 : Magic Quadrant Premier Trimestre 2003 : Supply Chain Planning (Industrie Process)

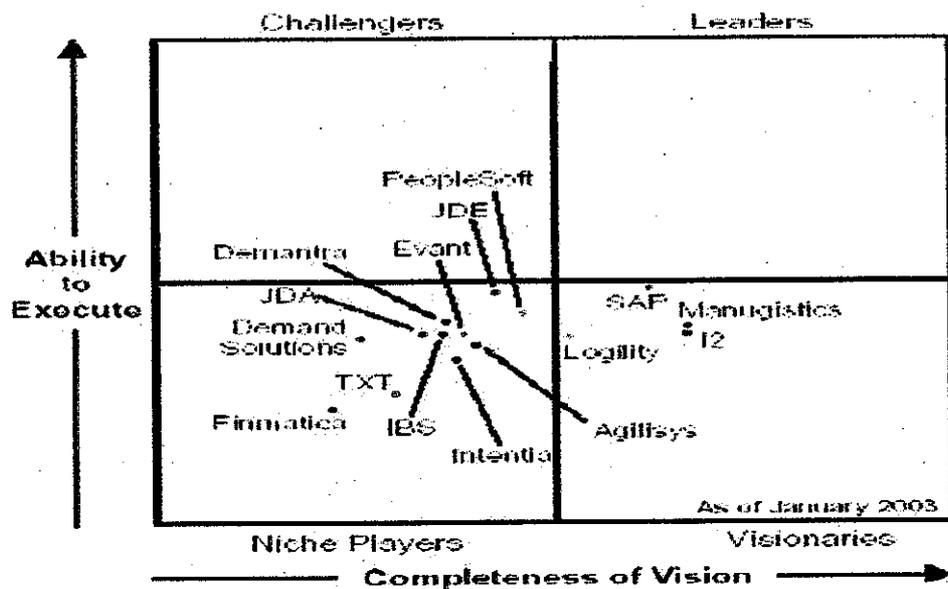


Figure 5.3 : Magic Quadrant Premier Trimestre 2003 : Supply Chain Planning (Distribution)

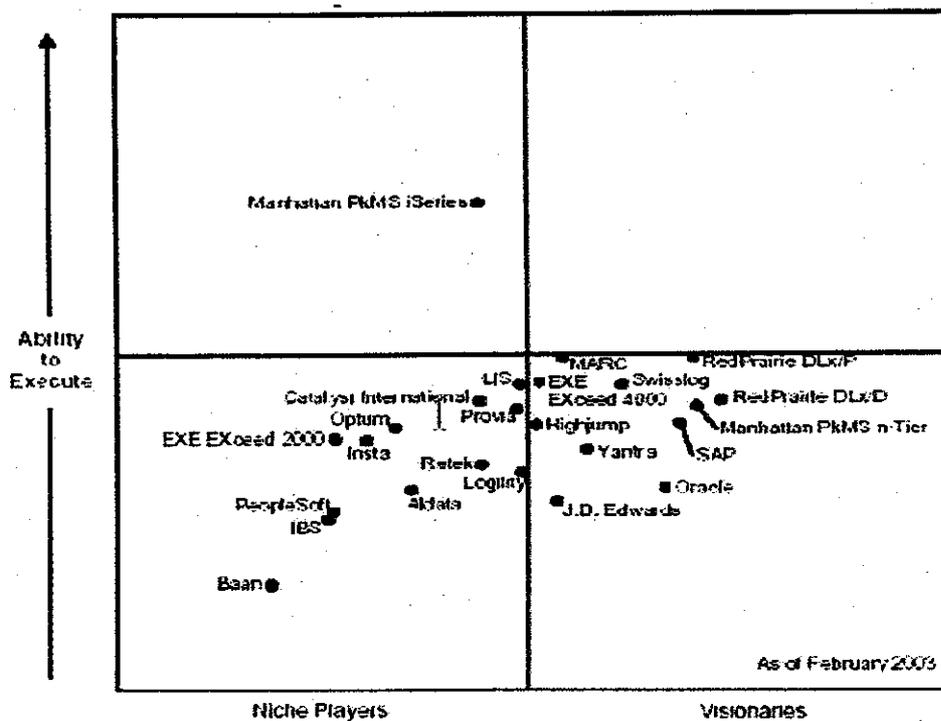


Figure 5.4 : Magic Quadrant Premier Trimestre 2003 : Gestion de l'entrepotage (WMS)

En plus, une autre étude "Worldwide Logistics Software Forecast and Analysis 2002-2006" vient d'être publiée et révèle de profondes mutations, à commencer par les acteurs qui dominent le marché : Il apparaît très clairement que les gagnants sont ceux qui ont construit sur du solide, et en particulier sur les résultats. SAP arrive très nettement en tête avec 9,2 % de part de marché mondiale avec une croissance de 20% par rapport à l'année 2000, suivi par Manhattan Associates (6,6%), I2 technologies (6,4%) et Descartes (4,3%).

D'après IDC, le facteur qui a en particulier avantage SAP est l'intégration de l'ensemble des fonctions de la SC : planification, exécution et contrôle. Par ailleurs, le renforcement de l'offre de Supply Chain Execution (entrepotage et transport) pour s'orienter

très clairement vers une solution d'Order Fulfilment, participe très clairement à cette stratégie de lier davantage l'outil d'optimisation et de planification de la supply chain SAP APO aux activités opérationnelles : production, approvisionnements, stockage, radiofréquence... De même, le nouveau composant de Supply Chain Event Management vient faciliter le pilotage de toute la chaîne en permettant sa maîtrise par l'ensemble des acteurs.

Puisque toutes les dernières études parues en Supply Chain Management sont unanimes sur la domination de SAP sur le marché, en plus, de sa présence en Algérie¹, sa solution va être présentée.

1.2.3. La solution SAP : mySAP Supply Chain Management

C'est dans l'esprit des problèmes et difficulté qu'à relever le SCM que SAP a développé sa solution de gestion et d'optimisation de la Supply Chain, avec le souci d'apporter une réponse adaptée à chaque entreprise.

La suite logicielle mySAP SCM est une solution qui intervient à tous les niveaux de la gestion et de l'optimisation de la SC, qui permet d'intégrer et de synchroniser tous les processus de l'entreprise étendue, et qui offre à chacun les moyens dont il a besoin pour être pleinement profitable à l'ensemble.

mySAP SCM est une solution intégrée, ouverte et granulaire, qui dispose de l'ensemble des outils nécessaires à la gestion de tous les processus impliqués dans l'optimisation des supply chains, de la planification à l'exécution, intégrant aussi les éléments nécessaires à la gestion collaborative de la Supply Chain, à la gestion événementielle de la Supply Chain et au suivi de la performance logistique de l'entreprise.

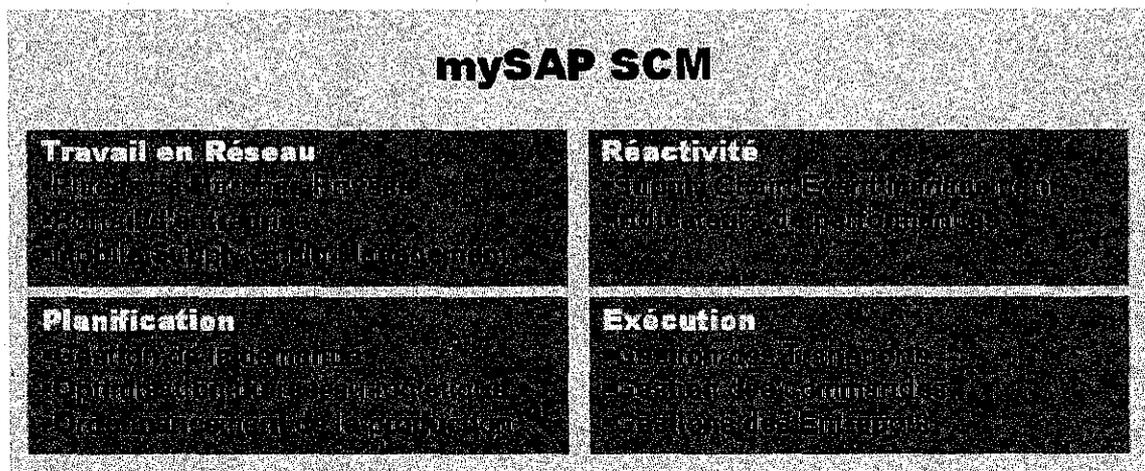


Figure 5.5 : mySAP SCM

La philosophie de mySAP SCM reste la même que celle de l'offre globale mySAP Business Suite, permettant à chaque composant de la suite mySAP SCM d'être utilisé indépendamment des autres, ce qui facilite la montée en puissance dans la mise en place de la solution grâce à l'optimisation progressive des différents processus de l'entreprise.

De plus, la visibilité globale et l'ouverture offerte permettent une maîtrise des flux en temps réel, continue et totale.

¹ SAP est présent en Algérie depuis Mars 2006; sa principale activité pour le moment est d'équiper les sociétés de logiciel ERP.

Les moteurs d'optimisation utilisés et la technologie développée par SAP dans mySAP SCM sont aussi des leviers majeurs d'accélération de la prise de décision pour l'entreprise qui souhaite gérer plus simplement la complexité, réduire les limitations de sa chaîne logistique (temps de calcul, fréquences de calcul, volumétrie...) et développer sa capacité d'anticipation et de réponse au client.

A. Optimisation du réseau logistique

Le module Network Design s'inscrit pleinement dans le domaine d'optimisation stratégique et permet de construire ou de redéfinir son réseau logistique en respectant les contraintes quantitatives, capacitaires et financières de l'activité prévisionnelle. Les différents sites de distribution, les sites de production, les fournisseurs, les clients ... en bref, l'ensemble des partenaires intervenant dans la supply chain, peuvent ainsi être définis et identifiés de manière graphique. De plus, il est possible d'établir les liens entre ces entités pour paramétrer les sources d'approvisionnements (fournisseur, usine interne, ...) et le type de transport utilisé ou envisageable (ex. camion, bateau, train, ...).

B. Pilotage de l'activité et alertes sur exceptions

Le module Supply Chain Cockpit est un outil de monitoring et de supervision de la supply chain dans son ensemble qui s'appuie sur un moteur d'alerte configurable et des fonctionnalités graphiques avancées, permettant d'assurer un pilotage complet et en temps réel de la Supply Chain.

C. Gestion des événements de la Supply Chain

Le module Event Manager est un véritable système nerveux digital qui permet de modéliser les règles du processus, afin d'automatiser les réponses aux situations urgentes qui dévient de ce qui a été prévu. Supply Chain Event Management capture toutes les données provenant des transporteurs, des systèmes GPS, ... afin de tracer toutes les étapes du processus de la supply chain, depuis l'établissement du devis jusqu'au moment où le client est livré. Il est ainsi possible d'alerter ses partenaires et d'avoir une démarche plus proactive à travers cet outil de pilotage et de monitoring événementiel.

D. Planification de la demande

Le module Demand Planning (DP) utilise des modèles statistiques élaborés (tendance, saisonnalité, moyenne mobile, lissage exponentiel, Holt Winters, Crouston, Box Jenkins, ...) afin de réaliser le calcul des prévisions de ventes. Les prévisions de ventes visualisées à travers des cubes multidimensionnels, liées aux caractéristiques produits ou canaux, à la gestion des commandes fermes, des promotions et des cycles de vie, sont quelques-unes des fonctions proposées par Demand Planning.

Le module autorise aussi les simulations, les comparaisons de scénarios et les analyses (analyse des historiques, gestion des produits standard, de produits à rotation lente, des événements du type promotions...) Il est ainsi possible d'agréger ou de désagréger des données pour accroître la fiabilité de la prévision. Différentes règles sont appliquées qui permettent de donner un sens précis au regroupement et à l'éclatement des données, selon la hiérarchie du produit (famille de produit, produit, sous-produit...) : l'approche Top Down, l'approche Bottom up et l'approche Middle Out.

DP permet aussi une intégration de données externes, issues d'organismes panélistes par exemple, d'autres sources de prévisions, ou encore de variables exogènes (ex. : météo, température...), et de mesurer ainsi l'impact d'un événement extérieur sur la consommation de produits et donc sur les prévisions de ventes.

E. Planification sous-contraintes des besoins de réapprovisionnement

Le module Supply Network Planning (SNP) élabore sur la base de l'optimisation du réseau de distribution, des prévisions de ventes et des commandes clients, le plan d'approvisionnement optimal, multi-niveaux et multi-sites, qui assure simultanément la satisfaction des clients et la rentabilité de l'entreprise. Un plan réaliste est ainsi défini pour chacune des ressources qui prend en compte les capacités de stockage, de distribution, de production, les possibilités d'échanges inter-sites, les coûts de stockage et de transport et la situation actuelle des stocks de produits finis et des en cours.

Le module dispose aussi d'une fonction de simulation et de contrôle des flux et des ressources.

F. Planification et Ordonnancement de la production

Le module Production Planning (PP) permet de simuler et d'optimiser le Plan Directeur de Production à capacité finie. PP intègre toutes les activités de production en considérant de façon dynamique l'ensemble des contraintes capacitaires des unités internes, des sous-traitants et du sourcing. En complément, le module Detailed Scheduling (DS) effectue le lissage à capacité finie de la production court terme, c'est-à-dire qu'il trouve la séquence optimale des ordres de fabrication compte tenu de contraintes de coûts, de temps, de qualité, de disponibilités matérielles et humaines. Il optimise de la sorte la planification court terme, c'est à dire l'ordonnancement des ordres de fabrication sur chacun des sites, mais aussi les campagnes de production, la génération de co-produits ou de sous-produits.

Le module Transportation Planning/ Vehicle Scheduling (TP/VS) permet une gestion totale des ressources et des plannings de transports au travers des réseaux les plus complexes. La planification prend ainsi en considération les typologies, les modes de transport, les routes et les tarifs, les capacités de chargement et de déchargement ou les fenêtres de temps. L'optimisation intègre toutes les caractéristiques des transporteurs.

G. Disponibilité des produits

Le module Global Available to Promise offre une visibilité complète des produits et de leur date de disponibilité sur l'ensemble du réseau (multi-sites), en temps réel. Il fournit des règles d'allocations alternatives et les substitutions possibles.

Global ATP déclenche, dès l'intégration d'une nouvelle commande client, la recherche d'une solution efficace, générant si besoin un re-engineering de la production, pour offrir un véritable service Capable to Promise qui permet cette fois, en complément de l'ATP, de s'engager sur des dates, des stocks ou des fabrications prévisionnelles.

H. Planification et gestion collaboratives de la supply chain

Le module Collaborative Planning permet, par la combinaison des technologies Internet, des fonctions avancées d'Alert Monitor et de gestion de messages synchronisés, le partage des processus de design, de planification, de prévisions, de réapprovisionnements et de fulfillment avec les clients et les fournisseurs, suivant les règles standard du CPFR par exemple (Collaborative Planning Forecasting & Replenishment). De plus, Collaborative Planning assure également l'automatisation des processus de VMI et de e-tendering.

I. Gestion et optimisation de l'entrepôt et du transport

L'offre SAP LES (Logistic Execution System) intègre deux composants essentiels : Le module SAP Warehouse Management (WM) permet de gérer les mouvements physiques des produits et des composants, au sein de l'entrepôt et à l'extérieur, en offrant la gestion multi-sites, à savoir les activités de : réception des marchandises, rangement, préparation de commandes et expédition ; en assurant bien sûr l'essentielle traçabilité des produits (gestion

des contenants/étiquette, des codes à barres, ...) ainsi que la gestion des inventaires. De plus, SAP WM offre certaines fonctionnalités pointues telles que la gestion du cross-docking, la gestion des emballages, la gestion de la qualité, le pilotage des ordres de transfert ou même la gestion des ressources de manutention.

De même, *le module SAP Transportation Management (TM)* est lié au module TP/VS auquel il garantit l'exécution du transport. Ainsi, en ce qui concerne les livraisons, l'objectif est encore une fois de réduire les délais et les coûts en optimisant les circuits de distribution (choix des points de passage et des transporteurs par des simulations tarifaires), les tournées (ordre des livraisons, prise de rendez-vous, constitution des lots) et le remplissage ou chargement des moyens de transports (wagons, camions, containers...)

J. Gestion des achats directs et indirects

La solution mySAP Supplier Relationship Management propose une plate-forme destinée à rationaliser tout le processus d'achats, que se soit pour les achats hors production ou les achats stratégiques. Ainsi, l'outil propose des fonctions indispensables aux achats en ligne dans plusieurs domaines : sourcing (appels d'offres, enchères et contractualisation des relations avec les fournisseurs), approvisionnement (gestion de catalogues internes et externes, gestion des cycles de vie, ...), analyse et reporting (négociations). Par sa capacité à s'intégrer étroitement aux fonctions logistiques (données sur les stocks par exemple), à la gestion du cycle de vie produit (gestion du projet, co-développement), aux fonctions d'exécution et d'optimisation de la Supply Chain ou d'ingénierie collaborative, et aux places de marché.

K. Gestion des performances de la SC

Le module Supply Chain Performance Management effectue les mesures clés de la SC de la planification à l'exécution (taux de remplissage, taux de service, temps de cycle, utilisation des capacités, coûts de la supply chain, etc.) avec des possibilités d'analyser l'information sur plusieurs vues avec l'infocube et d'effectuer le reporting selon l'angle et les indicateurs choisis par l'entreprise. Les fonctionnalités offertes découlent de la solution mySAP Business Intelligence.

2. Le procédé d'implémentation d'un APS

Une implémentation¹ réussie d'un APS choisi est le but obvie de n'importe quelle organisation qui a décidée de perpétrer un projet de SC. Puisqu'un projet de SCM affecte des secteurs fonctionnels multiples comme les ventes, la production, l'approvisionnement, la distribution ou la gestion des ordres, les risques impliqués dans une telle implémentation sont considérable.

Beaucoup d'entreprises ont éprouvées des échecs spectaculaires de leurs projets dus à un certain nombre de raisons. Les raisons habituellement incluent sont :

- La stratégie commerciale n'a pas conduit le processus de conception et de déploiement
- Le temps d'implémentation était beaucoup plus long que prévue
- Le coût d'implémentation était beaucoup plus important que prévu
- Etc.

¹ Le mot "implémentation" sera utilisé pour signaler la phase de mise en oeuvre du progiciel de gestion. Cependant, la plupart des auteurs français appellent cette phase "implantation". Nous préférons utiliser l'anglicisme "implémentation" et nous lui donnons un sens de participation des acteurs internes et externes à l'entreprise, à la différence du mot implantation qui renvoie plutôt à quelque chose qui est déjà fait à l'extérieur et qui est implanté dans l'entreprise sans prendre en compte les acteurs internes. [Rivera Gonzalez, 2005, p.9].

Ce chapitre détaille une approche basée sur l'expérience de plusieurs implémentations¹ d'APS pour assurer le succès des projets de SC. Il fournit des conseils sur les cinq principales phases d'implémentation (figure 5.6) à savoir :

1. définition du projet
2. conception de la solution
3. détails de la solution
4. exécution et déploiement
5. clôture

Pour chaque phase nous montrerons les tâches d'organisation nécessaires et quelques dispositions prouvées d'éviter les pièges majeurs.

La compagnie qui a décidé de mettre en application l'APS s'appellera organisation ou entreprise *cliente*.

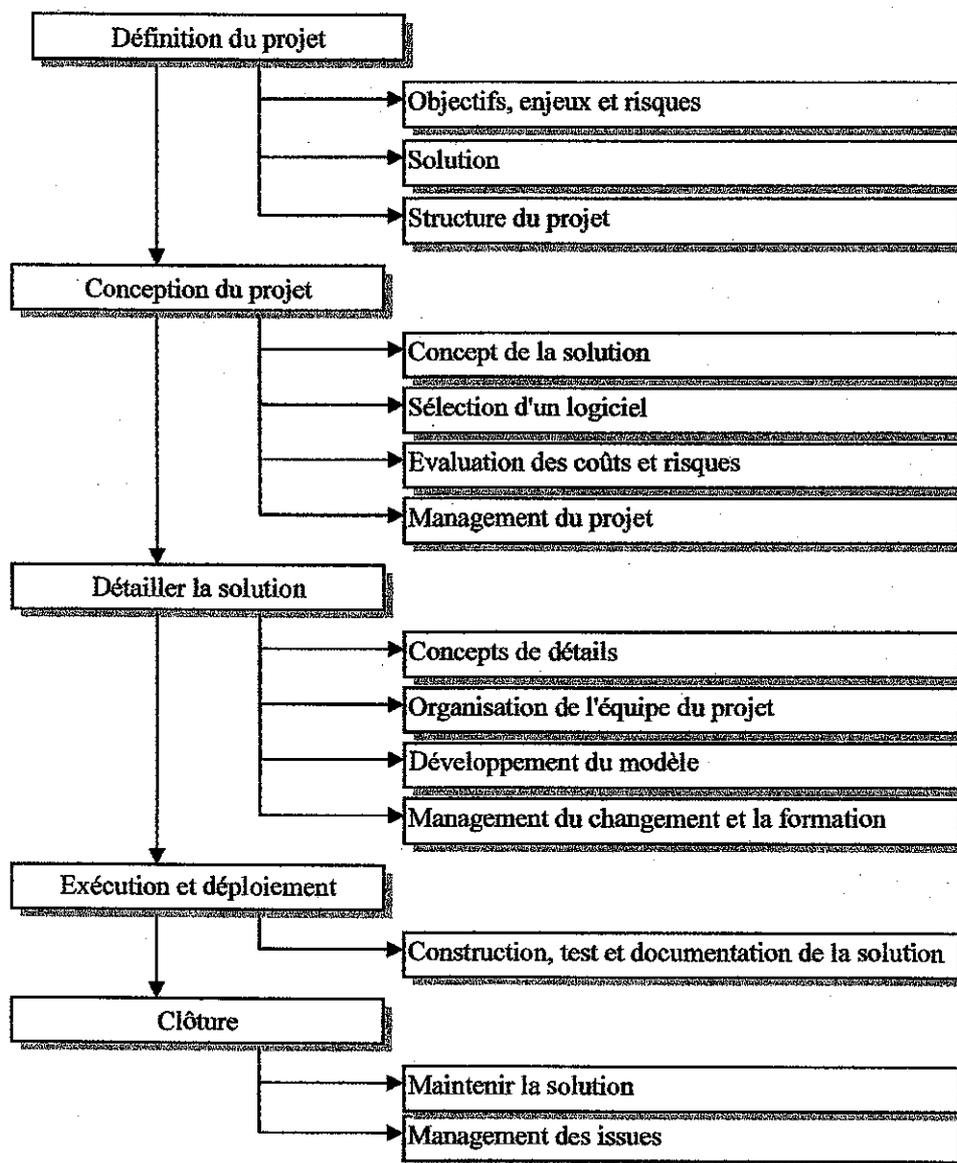


Figure 5.6 : les différentes phases et activités d'un projet d'implémentation

¹ Plusieurs publications concernant l'implémentation des APS ont été recensé en littérature dont les plus importantes sont : [Haq, 1991] [Arntzen *et al.*, 1995] [Hadavi, 1998] [Shepherd *et al.*, 1998] [Stadler *et al.*, 2000] [Kreipl *et al.*, 2004]

2.1. Définition du projet

La phase de *définition du projet* est la période précoce dans le cycle de vie du projet pendant laquelle les objectifs (avantages - bénéfices), scope, options de la solution et la structure du projet sont déterminées on se basant sur les meilleures pratiques en domaine industrielle et suggestions des employés.

Le point de départ de la phase de définition du projet doit être une analyse à niveau élevé des processus réels pour explorer les avantages commerciaux. Basé sur cette analyse la gestion devrait se rendre compte que les améliorations de la SC pour réaliser des débouchés stratégiques nécessitent presque inévitablement une redéfinition des processus. Les changements potentiels peuvent adresser n'importe quel aspect de l'organisation courante, y compris le processus, la technologie et le personnel.

La phase de définition du projet exige habituellement un effort combiné des ressources internes qui couvrent les besoins de d'entreprise, spécialistes avec leur savoir-faire en matière de logiciel et les consultants qui contribuent avec leur expérience et meilleures pratiques en domaine industriel. La direction doit soigneusement évaluer la disponibilité des qualifications et la connaissance internes et s'assurer que toutes les lacunes de compétence sont remplies par des ressources externes qualifiées, particulièrement dans cette phase cruciale.

2.1.1. Objectifs

Les avantages possibles d'un projet de SC peuvent surgir dans différents secteurs fonctionnels comme les ventes, la production ou l'approvisionnement et inclut des revenus additionnels en attirant des nouveaux clients, réduction de coûts de stockage et d'approvisionnement, réduction des délais d'exécution dans la production et beaucoup plus [Kaczmarek *et al.*, 2002]. Toutes les opportunités majeures d'amélioration doivent être identifiées pendant le processus réel d'analyse, indiquées et documentées selon les buts de la compagnie et prises en considération dans le développement du modèle to-be.

2.1.2. Scope

Le scope¹ du projet doit être défini et documenté soigneusement, pour les fonctions requises aussi bien que pour les processus qui doivent changer [Naden, 2000]. En outre, les secteurs qui sont *hors de portée* devraient aussi être documentés afin de placer les attentes des résultats d'implémentation et d'éviter des discussions postérieures au sujet de ce qui doit être inclus dans le projet.

Les fonctions et processus qui doivent être adressés devraient être décomposés en activités plus fine (par exemple processus : management de la demande → activités : rassembler les données historiques des ventes, déterminer le plan de prévision, entrées de la prévision, effectuer un consensus de la prévision, libérer la prévision à la production) pour permettre de connecter ces activités aux modules et aux fonctions du APS sélectionné.

2.1.3. Solution

Cette activité inclut la conception à niveau élevé des options de solution et inclut le choix du progiciel approprié [Gray *et al.*, 2003]. Les processus des meilleures pratiques et les fonctions d'APS sont explorés pour déterminer le meilleur ajustement au futur modèle d'actions. Les risques potentiels devraient également être documentés dans cette activité. Toutes les options de solution sont analysées et une solution recommandée est développée.

¹ C'est la définition du résultat final ou des missions. Il inclut les livrables, étapes importantes, caractéristiques et limites et exclusions du projet [Gray *et al.*, 2003]

2.1.4. Structure du projet

La conception de la structure du projet exige plusieurs activités. Un commanditaire de projet et des entrepreneurs initiaux doivent être trouvés, l'organisation de l'équipe doit être déterminée et le contrôle du projet et les processus de *reporting* doivent être définis aussi bien que les règles de projet.

Le commanditaire du projet doit avoir l'autorité de faire des changements au sein de l'entreprise et de maintenir un sens d'engagement pour accomplir les activités d'implémentation à temps. Pour implémenter les stratégies de SCM avec succès les traditionnelles barrières fonctionnelles et mesures de performance contradictoires (supportant l'optimisation locale par opposition à l'optimisation globale, par exemple. utilisation de la capacité locale) doivent être vivement enlevées. En outre, la stratégie de résolution doit avoir l'appui de la haute direction et tous les chefs de service affectés. L'obtention et le maintien de l'appui sont une responsabilité majeure du commanditaire du projet.

Les rapports des principaux *entrepreneurs* doivent être établis. Des sociétés de consultation sont habituellement requises pour fournir aux ressources l'expérience des meilleurs pratiques des processus, dispositifs de logiciel et management de projet. Les sociétés de logiciel peuvent fournir à des ressources le savoir-faire technique détaillé (guides).

Le contrôle du projet et les processus de *reporting* doivent être définis, par exemple comités de coordination, procédures de progression et management de projet. Des structures et des responsabilités de *reporting* claires sont cruciales pour le succès du projet, particulièrement si plusieurs parties contribuent au pilotage du projet, par exemple différents départements ou ressources internes et externes.

Les trois points du projet commanditaire, entrepreneurs et contrôle peuvent être groupés dans l'activité *définition des rôles et des responsabilités*.

Les projets peuvent être exécutés avec succès seulement avec une équipe efficace d'implémentation. En construisant une équipe, une considération particulière doit être attribuée aux qualifications techniques des membres d'équipe aussi bien qu'à leurs caractères et besoins organisationnels. La structure de *l'équipe du projet* reflète habituellement la distribution des responsabilités entre les parties concernées, c.-à-d. organisation de client, fournisseur de logiciel et sociétés de consultation :

Management de projet ressources à plein temps, internes et externes, sont exigés pour le management du projet, la garantie de la qualité et des conseils. Une considération particulière doit être placée sur une intégration efficace des différents projets secondaires.

Direction de l'équipe chaque secteur du processus principal, habituellement représenté par le sous-projet (fonctionnel : planification de la demande, plan directeur ou organisationnel : différents départements ou secteurs d'activité), nécessite un chef d'équipe interne et externe. Ils ont la responsabilité de s'assurer que toutes les conditions sont couvertes et diriger vers la conception et la configuration des solutions.

Coordonnateurs l'implémentation d'un APS change radicalement la façon avec laquelle le personnel effectue son travail, communique et se relie entre eux. Une équipe efficace d'implémentation doit donc représenter tous les composants effectués par le projet et traiter les possibilités de guider l'effort d'implémentation. Les membres d'équipe les plus importants à côté du chef de projet et des chefs des sous-projets sont les coordonnateurs, membres d'équipe agissant à plein temps en tant qu'experts pour les processus (spécifique) de l'entreprise. Chaque coordonnateur représente une unité

ou un groupe distinct affecté par le projet. Sans leur participation pendant chaque étape du projet, un projet d'APS ne peut réussir. Ils ont la responsabilité de soutenir la conception et la validation des concepts de solution, d'améliorer la communication entre l'équipe du projet et l'organisation cliente, de partager le savoir-faire dans l'entreprise, de préparer l'organisation pour les changements nécessaires et, à la fin, de réaliser l'objectif final du projet. Il est donc essentiel de garder la motivation des coordonnateurs à un niveau élevé, par des moyens monétaires ou autres.

Équipe fonctionnelle et de processus. Le scope de chaque secteur fonctionnel doit être adressé par les ressources internes et externes à plein temps et à temps partielles. Les utilisateurs internes fournissent l'expérience quant aux procédés de l'entreprise tandis que les conseillers agissent en tant que spécialistes des meilleures pratiques et application, ayant habituellement également un rôle intégrateur entre les différentes sections de travail. Les critères de sélection pour ces membres d'équipe seront décrits dans la section suivante.

Un exemple de la structure de l'équipe de projet finale est montré sur la figure 5.7 [Stadler et al., 2000]

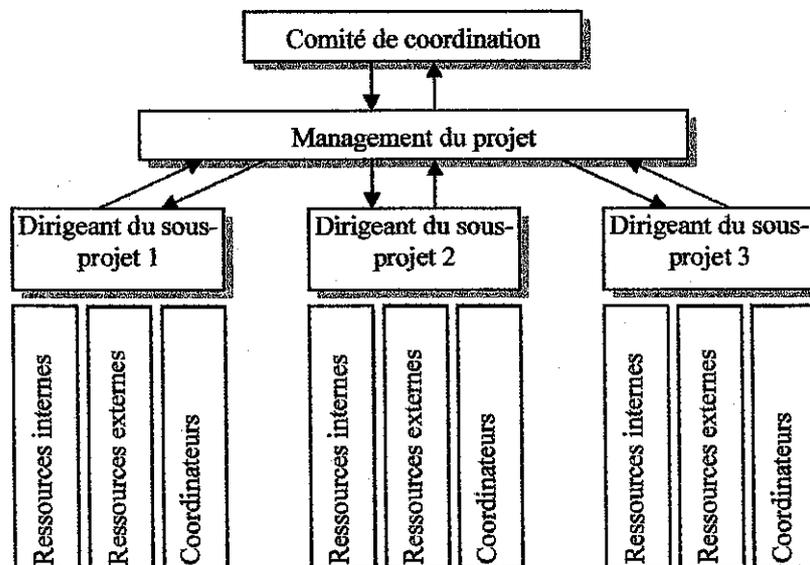


Figure 5.7 : la structure de l'équipe du projet d'implémentation d'un APS

2.2. Conception de la solution

Dans cette phase la conception à niveau élevé de la solution est recherchée et adaptée au logiciel sélectionné. Les processus et les fonctionnalités clés sont validés pour identifier les risques et les contraintes potentiels à l'implémentation.

La solution doit être raffinée à un niveau de détail adapté à une évaluation fiable de coût et de risque. Il est indispensable que toutes les unités organisationnelles qui seront affectées par le projet d'implémentation participent à cette tâche, autrement la résistance contre les changements peut être considérable. Cette participation est habituellement réalisée ou organisée par les coordonnateurs. Toutes les contraintes prévues pour l'implémentation de la conception proposée doivent être évaluées. La solution est raffinée dans les trois secteurs :

- concept
- activités
- scope

Les concepts détaillés sont organisés en charge (package) de travail ou activités qui représentent le fondement du plan à niveau élevé du projet. Les activités critiques doivent être identifiées et ordonnancées pour déterminer le chemin critique.

Une étude particulière devrait être prise sur le sujet du scope. Il doit être défini, documenté et communiqué soigneusement pour limiter les attentes au faisable.

Une fois que la solution est raffinée au détail exigé, les concepts proposés doivent être tracés au logiciel choisi. Ceci a habituellement comme conséquence une adaptation de la solution pour deux raisons. D'abord, chaque entreprise a ses propres spécialités en ce qui concerne leurs processus. En second lieu, pour limiter le temps et le coût du projet très souvent une industrie spécifique, peut implémenter des modèles pré-configurés. En conséquence, la plupart des compagnies doivent accepter des compromis et des différences, par exemple une redéfinition du scope du projet ou du changement des processus internes.

Les résultats des tâches : *raffiner le concept de niveau supérieur, valider les processus et les fonctionnalités clefs et séquence des activités* sont combinés au plan d'implémentation. Ce plan est accompli en ajoutant les efforts requis pour le management de projet et un plan approprié de communication.

Les activités de management de projet doivent être projetées pour parcourir la vie complète du projet. Les procédures de contrôle et de *reporting* sont essentielles pour la gestion efficace de n'importe quel projet, indépendamment de sa taille ou de son scope. Les aspects principaux de n'importe quelle procédure de reporting sont les dates limites et la *détection précoce* des possibilités. Les procédures doivent efficacement traiter l'avancement des travaux, les issues et les risques du projet.

Les principales activités de management de projet sont :

- structurer le scope
- planification et contrôle des activités de projet
- organiser les ressources
- assurer la qualité
- réduire au minimum les coûts et les risques

Structurer le scope entend la division du scope du projet en parties et sous-parties et d'assurer l'intégration entre les différents répartitions de travail, qui est particulièrement importante pour des projets de SCM où typiquement plusieurs initiatives sont réalisées simultanément. Un exemple est l'implémentation d'un concept de SCM comprenant la planification de la demande et le plan directeur où le résultat du procédé de planification de la demande est le point de départ pour le plan directeur. Dans un scénario commun le projet serait typiquement organisé en deux répartitions de travail *planification de la demande* et *plan directeur*, et l'équipe de management de projet doit s'assurer que la solution du procédé du plan directeur considère les concepts de planification de la demande et les opportunités de cette répartition de travail

L'outil principal de contrôle d'un projet complexe est le *plan de projet*. Il devrait se composer d'un programme directeur de projet pour le projet entier, avec un niveau limité de détail, et des plans détaillés pour les différents sous-projets. Un sous-projet peut être l'implémentation d'un module APS pour un certain service ou le développement d'une interface entre l'APS et un autre système IT comme la SAP R/3. Il est nécessaire que le plan du projet soit fractionné en phases facilement définissables. Les mises à jour régulières sont des tâches obligatoires pour les chefs de projet, et l'expérience a prouvé que des réunions hebdomadaires de management de projet sont exigées pour garder les différentes parties du projet sous contrôle.

Il y a plusieurs façons d'organiser un plan du projet, nécessitant typiquement des outils logiciel comme Microsoft Project ou l'Excel. La plupart des méthodes d'organisation sont basées sur le contrôle du chemin (s) critique (s).

Le temps du projet exige que tout se fait à temps parce qu'il y a des dates d'achèvement qui sont définis.

La garantie de la qualité est basée sur des examens périodiques des concepts, l'implémentation des processus d'approbation et l'observation pro-active des risques potentiels.

Le résultat de toutes ces activités de management de projet est la réduction de coût et de risques pour le projet.

On a mentionné qu'en plus, des processus de management de projet, un plan approprié de communication doit être installé pour assurer la réussite du projet. Tous les buts et avantages prévus devraient être communiqués aux personnes adéquates. À cette fin, et pour créer une atmosphère d'anticipation et de motivation, il est recommandé de commencer chaque étape majeur du projet avec un atelier de démarrage soigneusement organisé et de considérer ces activités dans l'évaluation de coût.

Bien que la communication des buts et des avantages prévus soit importante, le fait de créer une atmosphère pour mettre en application avec succès les processus de SCM n'est pas suffisant. C'est pourquoi, des formations additionnelles sont nécessaires pour expliquer les concepts de base de SCM aux utilisateurs principaux dans tous les secteurs affectés par le projet. Il est essentiel de créer ces acceptation, engagement et enthousiasme dans l'équipe, dans l'environnement du projet (planification de la production, gestion d'ordre, ventes etc...) et dans la management de support (les responsable de départements etc.) dans une phase très prématuré du projet. Les coûts de ces activités doivent également être inclus dans l'estimation des coûts.

En plus des réunions préliminaires de formations initiales, des ateliers périodiques avec les utilisateurs devraient être organisées pour présenter le progrès du projet et pour préserver et améliorer leur engagement. Particulièrement dans des projets à long terme les personnes tendent à dénouer la focalisation sur les buts et les avantages prévus qui pourraient avoir comme conséquence le découragement et même la résistance.

Dans chaque projet de SCM des problèmes inattendus surgiront, et qui ne peuvent pas être résolus par l'équipe d'implémentation. Des exemples pour ces issues sont les erreurs sérieuses de programmation ou une résistance inattendue dans l'organisation. En plus de la gestion de projet, il est donc essentiel qu'un processus de gestion de dérivée soit établi, précocement et soit clairement compris par l'équipe de management de projet et mis en application pendant les premières parties du projet pour être en mesure de traiter les difficulté une fois que l'implémentation est lieu.

Le plan d'implémentation est combiné avec l'évaluation de l'avantage, de coût et de risque pour former le plan d'affaires qui sert de base à l'offre finale présentée à la haute direction. Après l'approbation, la haute direction devrait démontrer et communiquer son engagement et acheter la solution proposée dans toute l'organisation.

2.3. Détails de la solution

Pendant cette phase les détails de la solution proposée sont définis. La conception est passée en revue pour gagner une pleine compréhension des implications que l'implémentation de la solution aura sur les unités affectées et sur l'organisation dans l'ensemble, et pour s'assurer que la fonctionnalité disponible du logiciel choisi est applicable également à un niveau détaillé. Toutes les lacunes fonctionnelles doivent être identifiées dans cette phase. Un système pilote

(ou *modèle*) couvrant les processus standard est développé comprenant un système de personnalisation et de résolution des lacunes fonctionnelles requises pour cette phase. Un exemple pour cette approche est le projet d'implémentation pour un système de planification de la production détaillé pour une compagnie multi-site. Ces processus standard qui sont employés à toutes les usines seraient considérés dans le modèle tandis que les perfectionnements des sites-spécifiques seraient développés dans la prochaine phase, *exécution et déploiement*, pendant le déploiement de la solution.

Le plan du projet est raffiné et une description détaillée des charges de travail nécessaires pour accomplir le projet est préparée. Ceci inclut également le déploiement et la formation des plans pour les sites et les utilisateurs. Les charges sont assignées aux membres d'équipe requise et les activités résultantes sont ordonnancées en considérant la disponibilité des ressources.

L'expérience a prouvé que les projets de SCM sont typiquement composés de personnel avec une contribution approximativement égale entre les ressources internes et externes. Le choix et l'approvisionnement des membres internes de l'équipe de projet sont une étape importante. Les experts externes sont essentiels pour fournir l'expérience et le savoir-faire, mais seulement ceux qui vivent dans l'organisation peuvent porter le projet à une fin réussie. Puisque l'implémentation d'un APS est un effort interdisciplinaire, les critères qui devraient être appliqués pour choisir les personnes internes concernées de l'équipe incluent :

- **Expérience :** tous les aspects critiques du projet devraient être couverts, par exemple les ventes, management du produit, management d'ordre, planification de la production, services IT etc. Les personnes qui ont une influence dans les principaux secteurs seront de grande valeur.
- **Qualifications exigées sont :** conseillers qui connaissent les affaires très bien et conseillers internes qui accumulent le savoir-faire qui demeure dans la compagnie client après que le projet soit fini.

Pour le personnel externe qui doit participer au projet un arrangement semblable des critères devrait être appliqué. Les conditions incluent :

- **Expérience en management de projet et de management de changement, processus des meilleures pratiques et à l'égard du logiciel**
- **Les qualifications dans la programmation et la personnalisation du logiciel et dans le développement des caractéristiques spécifiques, déploiement des activités et de la formation des utilisateurs.**

L'implémentation d'un APS exige presque inévitablement le changement de la structure et la culture de l'organisation. En plus des problèmes habituels (résistance au changement en général, satisfaction avec le statu quo, menaces à la sécurité de l'emploi et objectifs de carrière etc.) il y a deux barrières supplémentaires à l'implémentation d'un APS : *l'acceptation de l'automatisation et le changement de la responsabilité.*

Les APS sont basés sur des solveurs de problème et des algorithmes d'optimisation qui aident à répondre rapidement aux conditions variables en générant automatiquement des résolutions et des alertes ou même des décisions automatisées. Ceci a un impact sur le travail quotidien des personnes de ventes, des planificateurs de la production et d'autres personnes concernés par le procédé de planification au moment où la responsabilité d'une planification réussie change de ces personnes à l'outil logiciel (et indirectement aux personnes concernées par la maintenance des données de base).

La résistance contre l'outil de planification est une conséquence évidente. Ce problème peut être résolu en utilisant une approche appropriée de management de

changement (plan de communication, participation des employés, récompenses et reconnaissance etc.).

Il y a un autre aspect de changement de la responsabilité, du local au central, qui doit être aussi bien adressé. Typiquement les processus de SCM nécessitent une organisation centrale de la planification, par exemple dans le management de la demande des entités (consolidation des prévisions de différents organismes de ventes, le management centrale des allocations) ou le plan directeur (coordination des contraintes de matériel et de capacité à travers la SC). En conséquence le scope des planificateurs locaux devient restreint, ce qui n'est pas habituellement apprécié par les personnes affectées.

À côté des changements requis de l'organisation, la disponibilité et la qualité des données de base sont l'un des problèmes importants dans les projets du APS. C'est pourquoi, l'équipe de projet fera face à ce problème en veillant à ce que le SCM soit exécuté à travers les frontières des départements (ou la division ou les compagnies).

Le manque de données de base ou de qualité inférieure mène inévitablement à des retards dans chaque étape du plan de projet : le développement du logiciel devient très difficile, les essais professionnels de déclenchement de logiciel sont presque impossibles et une utilisation productive complète du produit est peu probable. Pour éviter les pièges liés aux données de base, le processus de maintenance des données de base doit être mis à jour et, au besoin, doit être bien installé dès le début du projet d'implémentation.

Les conditions des données de base doivent être communiquées à toutes les personnes ad hoc dans l'organisation. En général, les activités liées au plan de communication doivent être continues et intensifiées. Ceux-ci incluent les bulletins (cerculere), les ateliers et la formation préliminaire pour perpétuer les concepts de SCM aussi bien que les fonctionnalités choisies de logiciel accessibles aux utilisateurs.

2.4. Exécution et déploiement

Dans la phase *d'exécution et de déploiement*, les composantes clés de la solution détaillée sont construites, examinées et documentées. Ceci inclut le développement et la personnalisation de logiciel, l'implémentation des processus des meilleures pratiques et la formation des utilisateurs. Les modèles conçus dans la phase de *détails de la solution* sont amplifiés pour inclure des conditions spécifiques d'organisation et par la suite déployer aux différents sites. Pour limiter le temps et le coût de cette phase il est essentiel d'établir et maintenir les facteurs de succès suivants :

- se centrer sur les objectifs et les avantages
- Limiter l'implémentation à un scope prédéfinie
- manifester l'appui constant par la haute direction
- assurer la communication efficace entre chacun dans le projet

La complexité des projets d'APS est l'une des raisons de la plupart des pièges dans cette phase : traçage du scope ou, autrement dit, perte de focalisation. Cette tendance de modéliser et mettre en application chaque détail des exigences émergente de l'utilisateur, contrairement à l'approche basée sur la solution soigneusement conçue définie dans les phases précédentes, mène à des temps d'implémentation scrupuleusement accrus ou même à l'échec des projets entiers.

La seule manière d'éviter le traçage du scope est d'installer un processus rigide de management de la demande et de changement avec l'objectif de valider les exigences de chaque nouvelles utilisateur et de rejeter (ou du moins remettre à plus tard) ceux qui ne sont pas critiques pour le succès mais rien que des perfectionnements.

Les activités de développement doivent être soutenues par un environnement d'essai bien conçu et une base d'essai défini pour la validation des révisions de logiciel et des perfectionnements continus. Particulièrement, en ce qui concerne une approbation finale par le personnel de management de client, il est nécessaire de mettre en application un système de management formel d'essai-plan avec un processus de pointage.

L'infrastructure IT inclut typiquement :

- système de développement
- système d'essai et de formation
- système de garantie de la qualité
- système productif

Le hardware pour chacun de ces systèmes doit être configuré pour permettre une prestation suffisante, même pour le système de développement. Les processus qui transfèrent les développements fonctionnels d'un système à l'autre, par exemple à partir de l'environnement d'essai à un système de garantie de la qualité et ensuite au système productif, doivent être conçus soigneusement dans la partie précoce de cette phase.

Pour éviter des problèmes pendant les étapes du projet, il est nécessaire d'installer un système de documentation suffisant aussi bien que d'insister pour la documentation complète et précise dès le début. *Un système de management des documents et de la connaissance* professionnels soutient les efforts d'implémentation aussi bien que le développement du matériel de formation et, dans la phase suivante, l'installation d'un support et l'organisation de la maintenance. Bien que ce rapport semble insignifiant il est trop souvent ignoré, particulièrement dans les premières phases du projet où la complexité est encore limitée et le besoin de documentation rigide ainsi qu'un système de documentation extensible n'est encore pas coercitive (contrainte). En plus de la documentation technique le compte rendu de chaque réunion importante ou officielle devrait être maintenu dans le système de documentation comme future référence.

La formation des utilisateurs est basée sur la documentation de projet développée dans les phases *détails de la solution et exécution et déploiement*. Elle doit adresser les processus to-be aussi bien que de couvrir toutes les fonctionnalités de logiciel exigées pour les affaires quotidiennes des utilisateurs et devrait inclure des aides sur des exercices en utilisant un système de formation. En outre l'équipe de formation devrait fournir des matériels de support tels que des manuels de référence et des exercices de formation auto programmés. La formation des utilisateurs doit être opportunément exécutée et avec des efforts suffisants, particulièrement dans des projets d'implémentation d'APS, car le transfert insuffisant de la connaissance peut empêcher le progrès de la solution.

Comme mentionné dans la phase de *conception de la solution* l'avancement des travaux de même que le budget doivent être soigneusement contrôlés. Pour maintenir et augmenter l'acceptation du projet dans l'organisation, il est important de communiquer toutes histoires de succès, des buts réalisés et des étapes importantes atteintes (à temps) de façon régulière en tant qu'élément du plan global de communication.

2.5. Clôture

C'est une période tardive dans le cycle de vie de projet pendant laquelle les procédés de post-implémentation sont projetés et organisés :

- maintenance de l'environnement IT
- maintenance de la solution
- management des dérivées

La maintenance de l'environnement IT (par exemple le système productif, système de qualité, interfaces etc...) peut être effectué par le département IT de l'organisation cliente.

L'équipe responsable de la maintenance de la solution (c.-à-d. les fonctionnalités couvertes par le système APS aussi bien que la stabilité du logiciel lui-même) devrait déjà être établie à la fin de la phase *d'exécution et de déploiement*. Il devrait comporter du moins en partie des membres expérimentés de l'équipe qui ont participé à l'implémentation de la solution. Cette équipe devrait également contrôler toutes les issues qui pourraient surgir après le démarrage du projet, par exemple les demandes d'utilisateur, difficulté de bouton (icônes) ou des problèmes d'exécution.

La documentation doit être menée et pointée à bonne fin par des représentants du client, typiquement les coordonnateurs.

Finalement, des mesures pour la performance des gains de la solution doivent être installées et la solution doit être officiellement approuvée par les cadres supérieurs, clôturant le projet d'implémentation.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons analysé les principales étapes du procédé d'implémentation d'un APS.

Nous avons tout d'abord commencé par la phase de définition du projet dans laquelle les principaux objectifs, enjeux, solutions et structure du projet sont déterminés.

Ensuite on a abordé la deuxième étape qui concerne la conception de la solution, qui est recherché et adopté au logiciel sélectionné. Ainsi les processus et les fonctionnalités clefs sont validés et ceci pour identifier les risques et contraintes potentielles de l'implémentation.

Dans la troisième étape le détail de la solution proposée est défini, et mis en exécution dans la quatrième phase qu'est la phase d'exécution et de déploiement. Dans cette dernière les composantes clefs de la phase précédente sont construites, examinées et documentées.

Pour la dernière phase, les procédés de post-implémentation sont projetés et organisés. Ces procédés concernent principalement la maintenance des IT, de la solution et le management des dérivés.

Conclusion générale et perspectives

Dans la situation de globalisation des marchés, les organisations s'engagent dans une course pour développer des activités à haute valeur ajoutée qui les démarqueront de la concurrence. Ceci les a conduits à améliorer leur niveau de services sur coût, qualité, délai et réactivité. Dans ce contexte, les activités logistiques ont une influence importante sur ces quatre points. C'est pourquoi l'entreprise d'aujourd'hui met en place d'autre mode de management. Dans ce nouveau mode, l'entreprise a une vue globale sur les différents éléments d'une SC et elle tente d'optimiser l'ensemble des activités de la chaîne. Le management de la SC est au coeur de cette quête, parce qu'il représente pour plusieurs organisations une perspective qui permet de mettre à jour de nouvelles sources de valeur.

Ce nouveau mode de gestion a fait passer le gestionnaire d'une vue verticale (gestion par département) à une vue horizontale (gestion par projet) de leurs activités. Cette évolution est fondamentale. Elle entraîne, en outre, l'apparition de problèmes nouveaux, tant en niveau stratégique qu'aux niveaux tactique et opérationnel. De plus, se changement nécessite la mise en place de nouvelles procédures de conception et d'évaluation. Ce contexte impose aux entreprises de constants progrès dans le management quotidien et un degré de précision toujours plus fort dans les méthodes de gestion afin de gagner un taux de services client, tout en maintenant le niveau de stock le plus faible possible. En plus, les efforts d'amélioration en termes de coûts et de qualité *sur* les produits restent essentiels. Mais les efforts d'optimisation *autour* du produit sont aujourd'hui primordiaux, pour améliorer la fiabilité des données de gestion, la fiabilité des délais de livraison annoncée et par conséquent le taux de satisfaction des clients. Pour en faire face, la Recherche Opérationnelle a fournie des outils et des méthodes d'optimisation pour aider à répondre à ces problématiques d'amélioration de la performance.

Le recours à ces méthodes et outils d'aide au pilotage devient une nécessité pour améliorer cette maîtrise et pour éviter les erreurs dans la décision. Ce besoin de méthodes et d'outils nouveau concerne la compréhension des processus pour les optimiser, la communication des informations mais aussi l'aide à la décision à long, moyen et court terme. Ainsi le besoin d'outils de planification et d'aide à la décision adaptés a été clairement identifié.

Les progrès considérables de l'informatique ces dernières années ont favorisé le développement de ces outils, ont élargi ses domaines d'intervention et ont donné naissances à de nouveaux outils logiciels. Dans le contexte du SCM on trouve les APS. La mission de ces outils est de calculer la meilleure solution à un problème de planification en incluant notamment les approvisionnements, la production et le transport à partir d'informations récupérées dans les ERP ou les systèmes d'information des entreprises.

Ce mémoire s'est intéressé à ce nouveau mode de management est principalement des méthodes et outils d'optimisation pour aider à répondre à cette problématique d'amélioration de la performance des systèmes industriels et plus généralement de la SC globale.

Ce travail a été constitué de cinq grands chapitres. Dans le chapitre 1, nous avons tout d'abord analysé les nouveaux concepts relatifs à la SC et au SCM, à travers une revue de la littérature. Ceci nous a permis de déterminer les principaux éléments de ce mode de management et de se fait poser, au-delà de toutes définitions, son essence dans une seule définition générale, regroupant ses caractéristiques, et précise qui va en conformité avec la suite de la recherche.

N'ayant pas pour seule raison d'apparition la logistique, nous avons à travers la littérature démontré ces autres causes, à savoir : la recherche de conduit qui s'inscrit dans la

réflexion conduite sur le *postponement*, le besoin de collaboration et de coopération inter-organisationnel, le repérage des inventaires dans les réseaux de production-distribution, le théorème de l'effet de *bullwhip* et enfin le progrès réalisé par la planification hiérarchique de la production.

En suite, nous avons traité les outils d'analyse, qui sont principalement les indicateurs, parce que ces derniers permettent la description de la situation passée et présente et de fixer des objectifs pour le futur. En plus, une analyse des stocks a été présentée à cause de leur importance et de se fait la nécessité de les contrôler.

Puis, nous avons décrit un modèle de référence qui aide à la normalisation des processus de l'entreprise et à la construction de métrique permettant une description générale de la chaîne ainsi que la comparaison à d'autres entreprises à travers l'application des benchmarks et les meilleures pratiques. Ce chapitre a permis, entre autres, de donner une typologie des SC et ceci afin d'identifier le type de problème de décision qui s'y pose est ainsi guide le choix des modules, modèle et algorithme pour le support de décision.

Dans le chapitre 2, nous avons analysé les décisions et les modèles correspondants existant dans la littérature, ceci nous a permis de les classés, respectivement, selon trois niveaux (horizons) admis généralement dans toute organisation, et selon quatre critères à savoir : type de décision, approche, critères de décision et méthodes. Pour faire face à l'incertitude et des erreurs de prévisions, nous avons présenté la planification à horizon glissant. Ces différentes classifications nous ont permis à la fin de définir les tâches de planification de la SC relatives à la matrice de planification de la SC (SCP-Matrix).

Ce chapitre, a décrit, en plus, les systèmes d'information dans le cadre du management de la SC. Ceci nous a permis, à la fin de la description, de conclure que les systèmes d'aide à la décision sont une classe des systèmes d'information. Dans ce cadre, nous avons étudié des systèmes récents de planification de la SC, qui sont les APS. Ceci nous a permis de poser une structure générale qui va en conformité avec la matrice de planification de la SC et de pouvoir la traiter.

Dans le chapitre 3, nous avons étudié les décisions stratégiques de la SC relative à la conception du réseau logistique. Ces décisions sont : faire ou faire faire, localisation des sites et le choix des fournisseurs. Les démarches suivies pour traiter ces décisions sont de deux types : une démarche globale utilisée dans le cas où seule une décision se poserait pour l'entreprise, ou dans le cas où cette dernière, souhaiterait une approche hiérarchisée, et une démarche intégrée dans le cas où ces décisions peuvent se poser simultanément et qu'il existe des interactions entre elles. Nous avons étudié, entre autres, la décision d'externalisation de la distribution, qui dans le cas contraire posera le problème de l'architecture du réseau de distribution. Pour cela nous avons étudié la localisation des sites de distribution principalement les plates-formes et les entrepôts et les méthodes de traitement respective.

Dans le chapitre 4, nous avons étudié la planification à moyen et court terme. Après analyse de la littérature des modèles existants et approche de traitement, nous avons examiné chaque tâche de planification individuellement. Nous avons pour cela, tout d'abord, étudié la planification de la demande qui nous a permis de déterminer les niveaux de la demande et les stocks de sécurité pour couvrir les erreurs de prévisions. Étant une entrée pour le plan directeur, ce dernier à partir des données qui lui ont été fournies, créera un plan agrégé de production et de distribution pour toute la SC. Étant une ébauche pour les modules de planification et d'ordonnancement de la production et de la distribution et du transport, ces derniers vont générer des plans détaillés qui permettent la satisfaction de la demande dans les meilleurs délais avec des objectifs de minimisation des coûts et des retards.

Une planification robuste et une satisfaction élevée des clients nécessitent une collaboration plus étroite des acteurs de la chaîne. De ce fait, nous avons traité la collaboration et donné une approche pour une relation durable.

Dans le chapitre 5, nous avons proposé une démarche pour l'implémentation des nouveaux systèmes APS basé sur l'expérience passée de plusieurs d'entre elles. Ceci nous a permis d'étudier les problèmes qui peuvent se poser et donné les solutions possibles pour y remédier ou de les éviter dès le début.

Les limites de ce type d'approche (APS) sont de plusieurs ordres : elles savent générer des solutions optimales lorsque le problème est bien défini en terme de contraintes et de critère d'optimisation par l'utilisateur. Toutefois les intégrateurs insistent sur la difficulté pour le décideur de définir son problème. Cette difficulté peut se situer au niveau de la définition des contraintes (seules des contraintes « dures » peuvent être exprimées et les préférences de l'utilisateur doivent être intégrées dans le critère), au niveau de la définition du critère à optimiser, dans la mesure où le chiffrage n'est pas chose facile (notamment quant il s'agit d'évaluer des coûts de ruptures) ou encore au niveau des données qui à ce niveau de décision sont souvent incertaines et agrégées. Par ailleurs, la dynamique du processus de planification n'est pas prise en considération.

Une autre avancée significative récente, du point de vue des outils informatiques, se situe au niveau de la communication. Les différents maillons de chaîne peuvent partager des informations via internet notamment leurs prévisions, leurs informations de vente de production, etc. : on parle alors de « e-supply chain ». Grâce à la technologie Internet, il est donc possible d'échanger voire de partager tout type de données ou d'information. Néanmoins, il faut savoir quelles sont les informations qu'il faut échanger ou partager (standardisation des échanges) et utiliser ce flux d'information qui circule de manière massive pour pouvoir parler de coopération au sein de la SC.

L'objectif de notre travail futur est de se positionner sur des thématiques qui permettent de commencer à donner une réponse aux problèmes soulevés par les limites des outils actuels et de leur utilisation dans le cadre du SCM.

Dans ce cadre, le travail nous a permis d'identifier des problématiques qui seront des axes cibles pour notre travail futur :

- la *gestion des incertitudes et des risques* au sein de la SC abordée au travers la mise au point de méthodes et d'outils nouveaux à partir de l'analyse du besoin industriel
- l'*aide à la spécification du problème* en direction du décideur en tant qu'acteur de la SC : dans les problèmes qui nous occupent, la difficulté principale réside plus souvent dans la description et la formalisation du problème à résoudre que dans sa résolution proprement dite.

Bibliographie

- Abdelkader, M.; Bernard, C.; Catheline, M.; Chuzeville, J.; Colson, V.; Langbour, K.; Noyer, M. (2004) La logistique des produits alimentaires, DESS Qualimapa, L'institut d'Administration des Entreprises de Lille (IAE)
- Ahmed, S. ; Sahinidis, N.V. (1998) Robust Process Planning under Uncertainty, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 37, 1883 – 1892.
- Akbari Jokar, M. R.; Frein, y.; Dupont, L. (2000) Sur l'évolution du concept de logistique, 3^{ème} Conférence Francophone de Modélisation et SIMulation "Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels" MOSIM'01 - du 25 au 27 avril 2001 - Troyes (France).
- Akbari Jokar, M. R. (2001) la conception d'une chaîne logistique, Doctorat en Génie Industriel, Institut National Polytechnique de Grenoble, France.
- Alquier, A. M. (1993) – Management et utilisation des systèmes d'information coopératifs, Habilité à diriger les recherches, Université de Toulouse.
- Anthony, R. N. (1965) Planning and control systems: a framework for analysis, Cambridge, Massachussets, *Harvard University Press*.
- Arasti, M. R. (1999) Aide à l'élaboration de stratégies technologiques cohérentes avec la stratégie global de l'entreprise, Thèse de Doctorat en Génie Industriel, INPG, France.
- Arntzen, B. C.; Brown, G. G.; Harrison, T. P.; Trafton, L. L. (1995) Global supply chain management at Digital Equipment Corporation, *Interfaces*, Vol. 25, No. 1, 69 – 93.
- Ateme-Nguema, H. B.; Drolet, R. J. (2001) conception d'un logiciel d'aide à la planification intégrée d'entreprise – 3^{ème} Conférence Francophone de Modélisation et SIMulation « Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels » MOSIM'01 – du 25 au 27 avril 2001 – Troyes (France)
- Akkermans, H.; Bogerd, P.; Vos, B. (1999) Virtuous and Vicious Cycles on the Road Towards International Supply Chain Management, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, No. 5/6, 565 – 581.
- Alber, K. L. ; Walker, W. T. (1998) Supply Chain Management: Principles and Techniques for the Practitioner, Research Paper Series, APICS Educational & Research Foundation, Falls Church, VA.
- Alsène, E. (1994), L'intégration informatique de l'entreprise et la transformation des organisations, *Revue Internationale du Travail*, Vol. 133, n° 5-6.
- Amini, M.; Racer M., (1995) A hybrid heuristic for the generalized assignment problem, *European Journal of Operational Research*, 87, 343-348.
- Anderson, D. L.; Britt, F. E.; Favre, D. J. (1997) The Seven Principles of Supply Chain Management, *Supply Chain Management Review*.
- Aouni, B. (2002) Introduction à la méthodologie d'aide multicritère à la décision, Laurentian University, Sudbury (Canada).
- Aouni, B. (2005) Gestion des Opérations, Notes de cours et problématiques, Laurentian University, Canada.
- Arntzen, B. C.; Brown, G. G.; Harrison, T. P.; Trafton, L. L. (1995) Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation, *Interfaces*, No. 25, 69–93.
- Artiba, A. ; Elmaghraby, S. E. (1997) *The planning and scheduling of production systems, methodologies and applications*, Chapman & Hall, P. 10-53.
- ASLOG, le référentiel logistique de l'AFNOR – évaluation de l'aptitude à la performance logistique, www.aslog.com

- Ayadi, S.** (2005) Le Supply Chain Management : Vers une optimisation globale des flux, *Electronic Working Paper Series*, Groupe de recherche en Économie et Management des Organisations (GEMO), Université Catholique de Lyon.
- Ayers, J.** (2000) A Primer on Supply Chain Management, *Information Strategy: The Executive's Journal*, Vol. 16, No. 2, 6 – 15.
- Baghdadi, Y.** (1997) Contribution méthodologique à la conception des systèmes d'information coopératifs, Doctorat en informatique automatique, Université de Toulouse I.
- Ballou, R. H.; Gilbert, S. M.; Mukherjee, A.** (2000). New Managerial Challenges from Supply Chain Opportunities, *Industrial Marketing Management*, Vol. 29, No. 1, 7 – 18.
- Bansal, S.** (2003) THEORY AND PRACTICE OF ADVANCED PLANNER AND OPTIMIZER IN SUPPLY CHAIN DOMAIN, International Management Consultant & CIO, *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 1424 – 1432.
- Baptiste, P.; Botta-Genoulaz, V.; Niel, E.; Subaï, C.** (2001), Du paradigme Suivi /ordonnancement / GPAO au paradigme ERP / APS / MES : révolution ou évolution ?, *Conception et production Intégrées : CPI'2001*, Fès, Maroc.
- Barabel, M.** (1996) Un style de décision à la française, *Revue française de gestion*, 159 – 170.
- Barbarosoglu, G.; Yazgac, T.** (1997) An application of the Analytic Hierarchy Process to the supplier selection problem, *Production and Inventory Management Journal*, 14 – 21.
- Barreyre, P. Y.** (1988) the concept of impartition policies: a different approach to vertical integration strategies, *Strategic Management Journal*, Vol. 9, 507 – 520.
- Bel, G.** (1998) Aide à la conception et à la conduite de systèmes à événements discrets : Application aux systèmes de production, Habilitation à diriger des recherches, Université Paul Sabatier, Toulouse, Mai 1998.
- Benjamin, J.** (1990) An analysis of mode choice for shippers in a constrained network with application to just-in time inventory, *Transportation research*, Vol. B 24B, No. 3, 229 – 245.
- Bensmain, L.** (1999) Analyse quantitative de la décision dans l'entreprise : LA décision de production, Memoire de Magister en Sciences Economiques, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen.
- Béranger, P.** (1971), Comment réussir votre gestion des stocks sur l'ordinateur, Éditions d'Organisation, Paris.
- Bironneaule, L.** (2000) choix des méthodes et outils de pilotage de la production en milieu industrielle – RIRL 2000 – Les Troisièmes Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique Trois-Rivières, 9, 10 et 11 mai 2000
- Bitran, G. R.; Haas, E. A.; Hax, A. C.** (1982) Hierchical production planning : A two-stage system, *Operation Research*, Vol.30, 232 – 251.
- Bitton, M.** (1990) Ecograi : Méthode de conception et d'implantation de systèmes de mesure de performances pour organisations industrielles, Thèse de Doctorat en Automatique, Université de Bordeaux I.
- Blackburn J.D., Kropp H.D., Millen R.A.** (1986) Comparison of strategies to dampen nervousness in MRP systems, *Management Science*, vol. 32, No. 4, 413 – 429.
- Blaha, L.** (2003) Contrôle de gestion et choix stratégique dans l'entreprise, Etude de cas ENIE, Licence en Sciences Commerciales option Finance, Université Djilali Liabes, Faculté des Sciences Economique et de Gestion Sidi-Bel-Abbès, Algérie
- Blumenfeld, D. E.; Burns, L. D.; Daganzo, C. F.** (1991) Synchronizing production and transportation schedules, *Transportation Research*, Vol. 25 B, No.1, 23 – 37.
- Bolstorff, P.** (2001) How Do I Use SCOR? Supply Chain World, Supply-Chain Council.
- Bonet, D.** (2000) Coopération et compétition dans le canal logistique : une analyse de discours des acteurs, RIRL 2000 – Les Troisièmes Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique, 3 – 17, Trois-Rivières, 9, 10 et 11 mai 2000.

- Bouaka, N. (2004)** Développement d'un modèle pour l'explicitation d'un problème décisionnel : un outil d'aide à la décision dans un contexte d'intelligence économique, thèse de doctorat en Sciences de l'Information et de la Communication, Université de Nancy 2.
- Bouchet, D. (2006)** Les systèmes APS – la planification de la production, www.allbodies.com
- Bouchriha, H. ; Ladet, P. (2001)** Une Modélisation Mathématique du Problème de la Décision de « FAIRE OU FAIRE-FAIRE » 3^{ème} Conférence Francophone de Modélisation et SIMulation «Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels» MOSIM'01 - du 25 au 27 avril 200 - Troyes (France)
- Boudelal, L. (2002)** Application des techniques et modèles d'aide à la prise de décision dans l'entreprise algérienne, Mémoire de Magister en Finance, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen.
- Bouzgoub, M. (1983)** Synthèse des méthodes et des outils d'aide à la conception de systèmes d'information, *Technical Report 258*, INRIA.
- Bowersox, D. J. (1969)** Physical distribution development, current status, and potential, *Journal of Marketing*, Vol. 33, 63 – 70
- Boyer, L.; Poiree, M.; Salin, E. (1982)** Précis d'organisation et de gestion de la production, les éditions d'organisation.
- Brewer, P.C., (2001)** Le tableau de bord prospectif, outil d'alignement des mesures de performance de la chaîne logistique : l'exemple de Dell, *Logistique & Management*, Vol.9, No. 2, 55 – 62.
- Brossard, J.F. (2005)** la chaîne d'approvisionnement : les caractéristiques d'une chaîne d'approvisionnement efficace, www.allbodies.com
- Brown, G. G.; Olson, M. P., (1994)** Dynamic factorization in large-scale optimization, *Mathematical Programming*, Vol. 64, 17 – 51.
- Brown, G. G.; Graves, G. W.; Honczarenko, M. D. (1987)** Design and operation of a multicommodity production/distribution system using primal goal decomposition, *Management Science*, Vol. 33, No.11, 1469 – 1480.
- Briffaut, J. P. (2001)** DES ERP AU E-COMMERCE/BUSINESS – 3^{ème} Conférence Francophone de Modélisation et SIMulation "Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels" MOSIM'01 - du 25 au 27 avril 2001 - Troyes (France)
- Bruner, C. (1991)** thinking collaboratively : Ten questions and answers to help policy makers improve children's services, Washington DC, Education and Human Services Consortium, Cited from North Central Educational Laboratory Homepage, www.ncrel.org/sdrs/areas/issues/envrnmnt/drugfree/sa11k26.htm 02/02/2006.
- Burns, L. D.; Hall, R. W.; Blumenfeld, D. E. (1985)** Distribution strategies that minimize transportation and inventory costs, *Operation Research*, Vol. 33, No. 3, 469 – 490.
- Busch, G. E. (1963)** A new twist on supplier evaluation, *purchasing*, Vol. 55, 102 – 103.
- Canel, C.; Khumawala, B. M. (1997)** Multi-period international facilities location: An algorithm and application, *International Journal of Production Research*, Vol. 35, No. 7, 1891 – 1910.
- Carlson R.C., Beckman S.L., Kropp D.H. (1982)** The electiveness of extending the horizon in rolling production schedules, *Decision Sciences*, vol. 13, No. 1, 129 – 146.
- Carlson, J.; Carlson, D.; Wadworth, L. L. (1999)** On the relationship between DSS design characteristics and ethical decision making, *Journal of Management Issues*, Vol. 11, No. 2, 180 – 197.
- Chandra, P.; Fisher, M. L. (1994)** Coordination of production and distribution systems, *European Journal of Operation Research*, No. 72, 503 – 517.
- Charnes, A.; Cooper, W. W.; Learner, D. B.; Snow, E. F. (1968)** Note on an application of a goal programming model for media planning, *Management Science*, Vol. 14, No. 8, 431 – 436.

- Chien, T. W.** (1993) Determining profit - maximizing production / shipping policies in a one - to one direct shipping stochastic environment, *European Journal of Operation Research*, No. 64, 83 - 102.
- Christopher, M.** (1992) *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Service*, Pitman, London, from Stadtler *et al.* (2000).
- Christopher, M.** (1998) *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Service*, 2nd edition, London, from Stadtler *et al.* (2000).
- Claire** (2006) Modélisation pour la simulation d'un système d'aide au pilotage industriel, Thèse doctorat.
- Cohen, M.A.; Moon, S.,** (1991) An Integrated Plant Loading Model with Economies of Scale and Scope, *European Journal of Operational Research*, Vol. 50, 266 - 279.
- Cohen, M. A.; Lee, H. L.** (1988) Strategic analysis of integrated production system : model and methods, *Operation Research*, Vol. 36, No. 2, 216 - 228.
- Cohen, M. A.; Lee, H. L.** (1989) Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks, *Journal of Manufacturing Operations Management*, Vol. 2, 81 - 104.
- Cohen, M. A., Fisher, M.; Jaikumar, R** (1989) International manufacturing and distribution networks: A normative model framework, K. Ferdows, *Managing International Manufacturing*, 67 - 93.
- Cohen, M. A.; Moon, S.** (1991) An integrated plant loading model with economies of scale and scope, *European Journal of Operational Research*, Vol. 50, 266 - 279.
- Cohen, M. A.; Kleindorfer, P. R.** (1993) Creating value through operations: the legacy of Elwood S. Buffa, *Perspectives in Operations Management*, Boston, 3 - 21.
- Colin, J.; Paché, G.** (1988) *La logistique de distribution. L'avenir du Marketing.* ; Chotard et Associés Editeurs, Paris.
- Cooke, J. A.** (1997) In This Issue, *Supply Chain Management Review*, Vol. 1, No. 1, 3.
- Cooper, M. C.; Lambert, D. M.; Pagh, J. D.** (1997) Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, *International Journal of Logistics Management*, Vol. 8, No. 1, 1 - 13.
- Council of Logistics Management**, <http://clm1.org>.
- Coursey, D. H.** (1989) Expert system technology for managerial applications: a typology, *Public Productivity Review*, Vol.12, No. 3, 237 - 262.
- Courtois, A.; Pillet, M.; Martin-Bonnefous, C.** (2005) *Gestion de production*, 4^{ème} édition, édition d'Organisation, Paris.
- Crow, L. E.; Olshavsky, R.W.; Summers, J.O.** (1980) Industrial buyer choice strategies: a protocol analysis, *Journal of marketing research*, Vol. 17, 34 - 44.
- Dantzig G.B.** (1955) Linear programming under uncertainty, *Management Science*, No. 1, 197 - 206.
- Davidson, G. B.; Roy, U.; Ludden, C.** (1999) An expert system for the design and analysis of composite structures, *IEEE Transactions*.
- Davis, G. B.; Olson, M. H.** (1985) *Managing information systems*, McGraw-Hill, New York.
- Deirmendjian, L.** (2006) : les systèmes APS - www.allbodies.com
- Deixonne, J.L.** (2001) *Piloter un projet ERP*, Paris : Dunod.
- De Kok A.G., Inderfurth K.** (1997), Nervousness in inventory management: comparison of basic control rules, *European Journal of Operational Research*, No. 103, 55 - 82.
- Dickersbach, J. T.** (2005) *Characteristic Based Planning with mySAP SCM™*, scenarios: Processes, and Functions APO v. 4.1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Dogan, K.; Goetschalckx, M.** (1999) A primal decomposition method for the integrated design of multi-period production-distribution systems, *Research Report, IIE Transaction*, Vol. 31, No. 11, 1027 - 1036.

- Dong, M. (2001) Process Modeling, Performance Analysis and Configuration Simulation in Integrated Supply Chain Network Design, Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Industrial and Systems Engineering, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Dyer, R. F.; Forman, E.H. (1992) Group decision support with the analytic hierarchy process, *Decision support system*, Vol. 8, 99 – 124.
- Efroymsen, S.; Phillips, D. (1987) What is an expert system anyway? *Information Center*, Vol. 3, No. 3.
- EIJS, V. (1994) Multi-item inventory systems with joint ordering and transportation decisions, *International Journal of Production Economics*, No. 35, 285 – 292.
- Ellram, L. M. (1990) The supplier selection decision in strategic partnerships, *Journal of purchasing and materials management*, 8 – 14.
- Erkip, N.; Hausman, W. H.; Nahmias, S. (1990) Optimal centralized ordering policies in multi-echelon inventory systems with correlated demands, *Management Science*, Vol. 36, No. 3, 381 – 392.
- Ernest, R.; Pyke, D.F (1993) Optimal base stock policies and truck capacity in a two-echelon system, *Naval Research Logistics*, No. 40, 879 – 903.
- Erschler, J.; Grabot, B. (2001) gestion de production: fonction, techniques et outils – paris, Hermès science.
- Forrester, J.W (1958) industrial dynamics: A major breakthrough for decision makers, *Harvard Business Review*, vol. 36, No.4, 37 – 66.
- Forrester, J.W (1961) industrial dynamics, New York, London
- Fabbe-Costes, N. (1992) La logistique ou la gestion des flux acceptés dans leur complexité, 3^{ème} séminaire MCX, Programme Modélisation de la complexité, Aix-en-Provence, les 21 et 22 Mai.
- Fawcett, S. E.; Maignan, G. M. (2001) Achieving World-Class Supply Chain Alignment: Benefits, Barriers, and Bridges" CENTER FOR ADVANCED PURCHASING STUDIES.
- Fishburn, P.C. (1968) Utility Theory, *Management Science*, No. 14, 335 – 378.
- Ford, D.; Farmer, D. (1986) Make or buy - a key strategic issue, *Long range planning*, Vol. 19, No. 5, 54 – 62.
- Fortenberry, J. C.; Cox, J. F. (1985) Multiple criteria approach to the facilities layout problem, *International Journal of Production Research*, Vol. 23, No. 4, 773 – 782.
- Jones, G. R.; George, J. M. (2003) Contemporary Management, 3^e edition, Irwin McGraw-Hill, Boston, MA
- Geneau, D. (1993) les outils d'aide à la décision sont accessibles à tous les cadres de l'entreprise, *01 Informatique*, 22 – 28.
- Genin, P.; Lamouri, L.; Thomas, A. (2003) Impact de l'utilisation d'un plan de référence sur la robustesse de la planification tactique, CPI'2003. Volume X – n° X/2003, pages 1 – X.
- Geoffrion, A. M., and Graves, G. (1974) Multi-commodity Distribution System Design by Benders Decomposition, *Management Science*, Vol. 29, No. 5, 822 – 844.
- Geoffrion, A. M.; Graves, G.; Lee, S. J. (1978) Strategic distribution system planning, A status report, chapter 7, in Hax, A. C., *Studies in operations management*, 179 – 204.
- Geoffrion, A.M.; Powers, R.F. (1995) Twenty Years of Strategic Distribution System Design: An Evolutionary Perspective, *Interfaces*, Vol. 25, No. 5, 105 – 127.
- Gershwin, S.B. (1987) A hierarchical framework for manufacturing systems scheduling: a two machines examples, *Proceedings of the 26th Conference on Decision and Control*, Los Angeles, California.
- Ghodsypour, S. H. (1998) A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy proces and linear programing, *International Journal of Production Economics*, No. 56-57, 199 – 212.

- Giard, V.** (2003) : Gestion de la production et des flux, Economica, Paris CD-ROM
- Giard, V. ; Mendy, G.** (2005) Le passage de l'approvisionnement synchrone à la production synchrone dans la chaîne logistique, 1 – 20
- Gilbert, P.; Leclair, P.** (2004) Les systèmes de gestion intégrés. Une modernité en trompe l'œil ? , Sciences de la Société. Le mythe de l'organisation intégrée. Les progiciels de gestion, *Presses Universitaires du Mirail*, No. 61, 17 – 30.
- Gillyard, A.E.** (2003) The relationships among supply chain characteristics, logistics and manufacturing strategies, and performance, Dissertation for the degree doctor of philosophy in Ohio state university.
- Giunipero, L. C.; Brand, R. R.** (1996) Purchasing's Role in Supply Chain Management, *International Journal of Logistics Management*, Vol. 7, No. 1, 20 – 37.
- Golden, B.L.; Wasil, E.A.; Harker, P.T.** (1989) The Analytic Hierarchy Process: applications and studies, NewYork, Springer Verlag.
- Gomez-Mejia, L.; Balkin, D. B.** (2001) Management, Irwin McGraw-Hill, Boston, MA
- Goodman, D. A.** (1974) A good programming approach to aggregate planning of production and work force, *Management Science*, Vol. 20, No. 12, 1569 – 1575.
- Gorry, G. A.; Morton, M. S. S.** (1971) A framework of management information systems, *Sloan Management Review*, Vol. 13, No. 1, 55 – 70.
- Govil M., Proth J.-M.** (2002) Supply chain design and management, Strategic and tactical perspectives, *Academic Press*, London.
- Grandillot, J.** (1988) Finance et systèmes d'aide a la décision, *In Bancatique*.
- Granger, G.** (2001) Progiciels comptables, *La revue fiduciaire RF Comptable*, Paris : Groupe Revue fiduciaire, No. 277.
- Gratacap, P.; Médan, A.** (2001) Management da la production : concepts, méthodes et cas – Paris, DUNOD.
- Gray, C. F.; Larson, E. W.** (2003) Project Management: The Managerial Process, second edition, Irwin McGraw-Hill, Boston, MA,
- Gunasekaran, A.; Patel, C.; Tirtiroglu, E.** (2001) Performance measures and metrics in a supply chain environment, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, No.1/2, 71 – 87.
- Hadavi, K. C.** (1998) Supply Chain Planning Integration: Design Consideration or Afterthought? *APS Magazine* 2, MFG Publishing, Inc., Beverly, Massachusetts.
- Hakimi, S. L.** (1964) Optimum location of switching centres and the absolute centres and medians of a graph, *Operation Research*, No. 12, 450 – 459.
- Handfield, R. B.; Nichols, E. L. J. R.** (1999) Introduction to Supply Chain Management, Ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Hansen, P. H.; Hegedahl, B.; Hjortkjaer, S.; Obel, B.** (1994) A heuristic solution to the warehouse location- routing problem, *European Journal of Operation Research*, No. 76, 111 – 127.
- Hanssmann, F.** (1959) Optimal inventory location and control in production and distribution networks, *Operations Research*, Vol. 7, No. 4, 483 – 498.
- Haq, A. N.** (1991) An Integrated Production-Inventory-Distribution Model for Manufacturing of Urea: A Case, *International Journal of Production Economics*, 39–49.
- Hax, A. C.; Meal, H. C.** (1975) Hierarchical integration of production planning and scheduling, Geisler, M. A., *Management Science*, Vol. 1, 53 – 69.
- Ho C.** (1989), "Evaluating the impact of operating environments on MRP system nervousness", *International Journal of Production Research*, Vol. 27, 1115 – 1135.
- Hodder, J.E; Dincer, M.C.** (1986) A Multifactor Model for International Plant Location and Financing Under Uncertainty, *Computers and Operations Research*, Vol. 13, No. 5, 601 – 609.

- Hoshyar, A.; Lyth, D. (1992) A systematic supplier selection procedure, *Computer and industrial engineering*, Vol. 23, No. 1-4, 173 – 176.
- i2 Technologies (2006) Homepage, www.i2.com
- Inmon, W. H.; Hackathorn, R. (1994) Using the Data Warehouse, *Wiley-QED Publication*.
- Javel, G. (2003) *Pratique de la Gestion Industrielle : Organisation, Methodes et outils*, Dunod, Paris.
- J. D. Edwards (2006) Homepage, www.idedwards.com
- Kaczmarek, M.; LaRue, B.; Anderson, D.; Owen, R. (2002) Advanced planning and scheduling, *Air Forces Journal of Logistics*, Vol. 26, No. 3, 21 – 24
- Kaplan, R.S.; Norton, D.P. (1992) The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance, *Harvard Business Review*, Vol. 70, No. 1, 71 – 79.
- Kearney, A.T. (1994) Management approach to Supply Chain Integration, Rapport aux membres de l'équipe de recherche, A.T. Kearney, Chicago, 1994.
- Khalfoun, M.; Gharbi, A. (1995) Sélection d'une configuration d'un FMS; une approche multicritère », Congrès International de Génie Industriel, Montréal.
- Khatéb, S. (2005) Management de la Supply Chain dans les entreprises industrielles, Memoire de Magister en Sciences Economiques, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen.
- King, W. (1994) Strategic outsourcing decisions, *Information systems management*, 58 – 61.
- Kleijnen, J. P. C.; Gaury E. (2003) Short-term robustness of production management systems: A case study, *European Journal of Operational Research*, No. 148, 452-465.
- Koch, C. (2001) ERP: Managing multiple processes in a state of flux », *Journal of Decision Systems. ERP and its Impact on Decision Making*, Vol. 10, No. 1/2001, 87 – 98.
- Kohli, R.; Park, H. (1994) Coordinating buyer - seller transaction across multiple products, *Management Science*, Vol. 40, No. 9, 45 – 50.
- Kolodziej, S. (1989) eis is a prestigious strategic weapon, in *Software Magazine*, Vol. 9, 58 – 64, July 1989.
- Koltai T.; Terlaky T. (2000) The difference between the managerial and mathematical interpretation of sensitivity analysis results in linear programming”, *International Journal of Production Economics*, No. 65, 257 – 274.
- Korpela, J.; Tuominen, M. (1996) A decision support system for strategic issues management of logistics, *International Journal of Production Economics*, No. 46-47, 605 – 620.
- Kreipl, S.; Pinedo, M. (2004) Planning and Scheduling in Supply Chains: An Overview of Issues in Practice, *Production and Operations Management*, Vol. 13, No. 1, 77 – 92.
- Kumar, A.; Owen, P.S.; Prietula, M.J. (1993) Organizational Simulation and Information Systems Design: An Operations Level Example, *Management Science*, Vol. 39, No. 2, 218 – 240.
- Lakhal, S.; Martel, A.; Kettani, O.; Oral, M. (2001) Theory and Methodology On the optimization of supply chain networking decisions, *European Journal of Operational Research*, Vol. 129, 259 – 270.
- Lambert, D. M.; Cooper, M. C.; Pagh, J. D. (1998) Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities, *International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, No. 2, 1 – 19.
- Lambersend, F. (1999) Organisation et Génie de production : Concepts d'optimisation des flux industriels par stock zéro, délai zéro, édition ellipses, Paris.
- Laporte, G. (1992) The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms, *European Journal of Operation Research*, No. 59, 345 – 358.
- Le Blanc, L. A. (1993) Strategic sourcing for information processing functions, Proceedings of the ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing, Indianapolis, IN, USA, P. 782-789.

- Lebraty, J. F. (1994) Nouvelles technologies de l'information et processus de prise de décision : modélisation, identification et interprétation, Thèse de doctorat en sciences de gestion, Université de Nice Sophia-Antipolis.
- Le Denn Y. (2001) La chaîne logistique au service du client, Tome 1, Ed Celse, Paris, 2001.
- Lee, H. L.; Billington, C. (1993) Material management in decentralized supply chain, *Operations Research*, Vol. 41, No. 5, 835 – 847.
- Lee, H.L.; Padmanabhan, V.; Whang, S. (1997) The bullwhip effect in supply chains, *Sloan Management Review*, Vol. 38, 93 – 102.
- Lee, J. H., Yu, Z. H. (1997) Worst-case formulations of model predictive control for systems with bounded parameters, *Automatica*, Vol. 33, 765 – 781.
- Lefebvre, G. (1975) Savoir organiser: Savoir décider, les Editions de l'Homme.
- Leitzelman, M.; Dou, H. (1998) Essai de typologie des systèmes d'informations, *International Journal of Information Sciences for Decision Making*, Vol. 2, 55 – 73.
- Lemaître, P. (1981) La décision, Les Editions d'Organisation, Paris.
- Le Moigne, J. L. (1986) Vers un système d'information organisationnel, *Revue Française de Gestion*.
- Le Moigne, J. L. (1974) Les systèmes de décisions dans les organisations ? , *Presses Universitaires de France*.
- Le Moigne, J. L. (1990) la modélisation des systèmes complexes, Dunod.
- Le Moigne, J. L. (1999) les épistémologies constructivistes, Que sais-je ?, Dunod.
- Mabert, V. A.; Venkataramanan, M. A. (1998) Special Research Focus on Supply Chain Linkages: Challenges for Design and Management in the 21st Century," *Decision Sciences*, Vol. 29, No. 3, 537 – 552.
- Malese, J. (1976) la gestion par les systèmes, Hommes et Techniques.
- Maloni, M. J.; Benton, W. C., (1997) Supply Chain Partnerships: Opportunity for Operations Research, *European Journal of Operational Research*, Vol. 101, 419 – 429.
- Mentzer J.T.; Dewitt, W.; Keebler, J.S.; Min, S.; Nix, N.W.; Smith, C.D.; Zacharia, Z.G. (2001) Defining Supply Chain Management, *Journal of business logistics Management*, Vol. 22, No. 2.
- Mintzberg, H. (1993) Structure & dynamique des organizations, les éditions d'organisation.
- Mobolurin, A. O. (1995) Multi-hierarchical qualitative group decision method: consensus building in supplier selection, International Conference of Applied Modelling, Simulation and Optimization, USA, 149 – 152.
- Moisdon, J.C. (1997) Du mode d'existence des outils de gestion – Les instruments de gestion à l'épreuve de l'organisation, Paris : Editions Seli Arsan
- Moore, D. L.; Fearon, H. E. (1973) Computer-assisted decision making in purchasing, *Journal of purchasing*, Vol. 9, 5 – 25.
- Morcello, E. (1999) Les stratégies d'implantations logistiques de la distribution, éditions LIAISON, Paris.
- Moyaux, T. (2002) Techniques Multiagents pour la réduction de l'amplification de la demande dans une chaîne logistique : application à l'industrie forestière, Doctorat en Informatique, Université Laval, Canada.
- Mulvey J.M.; Vanderbei, R.J.; Zeinios, S.A. (1995) Robust optimization of large-scale systems, *Operations Research*, Vol. 43, No. 2, 264 – 281.
- Naden, J. (2000) Have a successful APS implementation, *IIE Solutions*, 46 – 48.
- Narasymhan, R. (1983) An Analytical Approach to Supplier Selection, *Journal of Purchasing and Material Management*.
- New S.J.; Payne, P. (1995) Research framework in logistics: three models, seven dinners and a survey, *International Journal of Physical Distribution and logistics management*, Vol. 25, No. 10.

- Nové-Josserand, F.; Volanov, A. (2004) LES SOLUTIONS SAP DE GESTION DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE & DE TRAÇABILITÉ, *The Best-Run Business Run SAP*, Dossier de presse.
- Nydick, R. L.; Hill, R. P. (1992) Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure, *International Journal of purchasing and materials management*, 31 – 36.
- Owen, S. H.; Daskin, M. S. (1998) Strategic Facility Location: A review, *European journal of operational research*, No. 111, 423 – 447.
- Padillo, J. M.; Meyersdorf, D. (1996) The make or buy problem: a multidimensional perspective of foundry decisions, IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop, New York, USA, 197 – 202.
- Peaucelle, J. L. (1981) les systèmes d'information : la représentation, Presse Universitaire de France.
- Pellegrin, C. (1997) Fondement de la décision de Maintenance, Economica, Paris.
- Perrotin, R.; Lobere, J.M. (1996) Nouvelles stratégies d'achat, Economica, Paris.
- Pierreval, H. (1999) Proposition de typologie des décisions en temps réel agissant sur les flux des systèmes de production, 2ème Congrès MOSIM'99, Annecy, p.331.
- Pimor, Y. (2003) logistique : Production, distribution et soutien – 3^{ème} édition, Paris, Dunod.
- Pirkul, H.; Jayaraman, V. (1996) Production, transportation, and distribution planning in a multi-commodity tri-echelon system, *Transportation science*, Vol. 30, No. 4, 291 – 302.
- Plossl, W. G. (1993) La nouvelle donne de la gestion de production, Afnor.
- Poirier, C. ; Reiter, S.E. (2001) La supply chain, Dunod.
- Porter, A. M. (1997) One Focus, One Supply Base, *Purchasing*, 50 – 59.
- Porter, M. (1980) Choix Stratégique et concurrence, Economica, Paris.
- Porter, M. (1990) Choix Stratégique et concurrence, Economica, Paris.
- Probert, D. R. (1996) The practical development of a make or buy strategy: the issue of process positioning, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 7, No. 2, 44 – 51.
- PRTM (1997) Introduction to the 1997 Integrated Supply-Chain Benchmarking Study, URL: <http://www.supply-chain.org/members/html/presentations.cfm>
- Quinn, F. J. (1997) What's the Buzz? , *Logistics Management & Distribution Report*.
- Quinn, J. B.; Hilmer, F. G. (1994) Strategic Outsourcing, *Sloan Management Review*.
- Rainer, R. K.; Snyder, C. A.; Watson, H. J. (1992) The evolution of executive information system software, *Decision Support Systems*, Vol.8, 333 – 341.
- Rands, T. (1993) A framework for managing software make or buy, *European Journal of information systems*, 273 – 282.
- Reix, R. (2000) système d'information et management des organisations, Vuibert.
- Rivera Gonzalez, I. A. (2005) La sélection d'un ERP : dynamiques collectives et processus d'apprentissage d'acteurs, Doctorat en Génie Industriel, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Rohde, J. (2004) Hierarchical Supply Chain planning using artificial neural networks to anticipate base-level outcomes, *FOR Spectrum*, Springer-Verlag, 471 – 492.
- Rondreux, J.; Thirion, C. (2001) Modélisation et dimensionnement des plan stratégiques, 3^{ème} Conférence Francophone de Modélisation et SIMulation « Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels » MOSIM'01 – du 25 au 27 avril 2001 – Troyes (France).
- Rota, K. (1998) Coordination temporelle de centres gérant de façon autonome des ressources. Application aux chaînes logistiques intégrées en aéronautique, Thèse de doctorat, Sup'aéro, France.

- Roy, J. (2000) Le partenariat : un élément clé de la chaîne logistique – RIRL 2000 – Les Troisièmes Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique Trois-Rivières, 9, 10 et 11 mai 2000
- Roy, B. (1985) Méthodologie multi-critère d'aide à la décision, Economica, Paris.
- Roy, B. ; Bouyssou, D. (1993) Aide multi-critère à la décision : Méthode et cas, Economica, Paris.
- Roy, B. (1968) Classement et choix en présence de points de vue multiple (la méthode ELECTRE), RIRO, No. 8, 57 – 75.
- S Gould, L. (1998) Introducing APS: Getting production in lock step with customer demand, Automotive Manufacturing & Production, Vol. 110, No. 5, 54 – 58.
- S Gould, L. (1999) Integrating APS and ERP is getting easier, *Automotive Manufacturing & Production*, 50 – 52.
- Saaty, T. L. (1984) The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, Traduction française : "Décider face à la complexité", Entreprise Moderne d'Édition, Paris.
- SAP (2006) Homepage, www.sap.com
- SAP A.G., (2001) Manuel de formation au module Supply Chain Planning (SCP) de APOv3.0, SAP.
- Schneider, I. (2001) An intelligent approach to automated underwriting, *Bank Systems and Technology*, Vol. 38.
- Sebastian, H.J.; Grünert, T.; Nissen Mark, E. (2002) Introduction to the Minitrack Decision Technologies for Supply Chain Management, Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Shapiro, J. F. (2000) modeling the supply chain, Duxbury
- Shepherd, J.; Lapide, L. (1998) Supply Chain Optimization: Just the Facts. *AMR Research*, Inc.
- Silver, M. S. (1991) Systems that support decision makers – Description and analysis, John Wiley and Sons, New York.
- Simchi-Levi, D.; Kaminsky, P.; Edith Simchi-Levi (2000) Designing and Managing the Supply Chain, Irwin McGraw-Hill, Boston, MA.
- Simon H.A. (1991) Sciences des systèmes Sciences de l'artificiel, Dunod.
- Simon H.A. (1993) Libres propos sur la prise de décision et son apprentissage, *Revue française de gestion*, 112 – 116.
- Sfez, L. (1984) La décision, Que sais-je Presses Universitaire de France.
- Smytka, D. L.; Michael, W. C. (1993) Total cost supplier selection model: a case study, *international journal of purchasing and materials management*, Vol. 29, No. 1, 42 – 49.
- Stadtler H.; Kilger, C. (2000) Supply chain Management and Advanced Planning: concepts, Models, Software and case studies", Springer.
- Stefanou, C. (2001) Organisational Key Success Factors for implementing SCM/ERP systems to support decision making », *Journal of Decision Systems. ERP and its Impact on Decision Making*, Vol. 10, No. 1/2001, 49 – 64.
- Stephens, S. (2001) The Supply Chain Council and the supply chain Operations Reference model, *Supply Chain Management*, No.1, 9 – 93.
- Sterman, J. D. (1989) Modeling managerial behavior : Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment, *Management Science*, Vol. 35, No. 3, 321 – 339.
- Strategor (1997) Strategor : politique générale de l'entreprise, 3^{ème} édition, DUNOD, Paris.
- Soukup, W. (1987) supplier selection strategies, *Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 26, No. 1, 7 – 12.
- Supply-Chain council (2006a) Reference Guide Version 7.0
- Supply-Chain council (2006) Supply-Chain Operations Reference-model, SCOR Version 7.0 Overview.

- Svoronos, A.; Zipkin, P. (1991) Evolution of one for one replenishment policies for multi-echelon inventory system, *Management science*, Vol. 1, No. 37, 18 – 49.
- Swaminathan, J.M.; Tayur, S.R. (1999) Stochastic Programming Models for Managing Product Variety, In Tayur, Ganeshan, and Magazine, *Quantitative Models for Supply Chain Management*, Kluwer Press, 585 – 622.
- Swaminathan, J.M.; Smith, S.F.; Sadeh, N.M. (1998) Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach. *Decision Sciences*, Vol. 29, No. 3, 607 – 632.
- Swaminathan, J.M.; Sadeh, N.M.; Smith, S.F. (1995) Information Exchange in Supply Chains, *Technical Report*. CMU-RI-TR-95-36. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.
- Tayur S.; Ganeshan R.; Magazine, M. (1999) Quantitative models for supply chain management, *Kluwer Academic Publishers*.
- Tempelmeier, H. (2006) SUPPLY CHAIN PLANNING WITH ADVANCED PLANNING SYSTEMS, Department of Production Management, University of Cologne, Germany
- Thiel, D. (1990) RECHERCHE OPERATIONNELLE ET MANAGEMENT DES ENTREPRISES, édition ECONOMICA, Paris.
- Thierry, C. (2003) Gestion de chaînes logistiques : Modèles et mise en œuvre pour l'aide à la décision à moyen terme, Mémoire d'habilitation, Université Toulouse II Le Mirail.
- Thierry P.; Bel, G.; Esquirol, C. (1993) Multi - site scheduling : a constraint based approach, International conference on Industrial Engineering and production management, IEPM, Fucam Mons, June 1993.
- Thomas, D. J.; Griffin, P. M. (1996) Cordinated supply chain management, *European Journal of Operation Research*, No. 94, 1 – 15.
- Thomas A., Lamouri, S. (2000) The new problem with Sales, Inventories and Operations planning in a Supply Chain environment, Proceedings Intelligent Systems and manufacturing III, RB08, SPIE (International Society for optical Engineering), Boston, 321 – 329.
- Timmerman, E. (1986) An approach to supplier performance evaluation, *Journal of Purchasing and Materials Management*. Vol. 22, No.4, 2 – 8.
- Towill, D.R.; Naim, N.M.; Wikner, J. (1992) Industrial Dynamics Simulation Models in the Design of Supply Chains, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 22, 3 – 13.
- Tyndall, G.; Gopal, C.; Partsch, W.; Kamauff, J. (1998) Supercharging Supply Chains, *John Wiley & Sons, Inc., New York, NY*.
- Tzatestas, S.; Kapsiotis, G., (1994) Coordinated Control of Manufacturing Supply Chains Using Multi-level Techniques, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 7, No. 3, 206 – 212.
- Urban, T. L. (1987) A multiple criteria model for the facilities layout problem, *International Journal of Production Research*, Vol. 25, No. 12, 1805 – 1812.
- Uselsinger, K. (2002) Contribution à l'analyse du comportement du décideur face au systèmes d'aide à la décision : Applications au salles de marches, Doctorat de sciences de gestion, Université de Nancy 2.
- Valdes-Perez, R. E. (1999) Discovery tools for science apps, Association for Computing Machinery-Communications of the ACM, Vol. 42, No. 11, 37 – 41.
- Van Hoek, R. L.; Commandeur, H. L.; Vos, B. (1998) Reconfiguring Logistics Systems Through Postponement Strategies, *Journal of Business Logistics*, Vol. 19, No. 1, 33 – 57.
- Vics (1999) CPFR guidelines, www.vics.org, 02/02/2006.
- Vidal, C. J.; Goetschalckx M. (1997) Strategic production-distribution models: a critical review with emphasis on global supply chain models, *European Journal of Operation Research*, No. 98, 1 – 18.

- Vidal, C. J.; Goetschalckx M., (2000) Modeling the impact of uncertainties on global logistics systems, *Journal of Business logistics*, Vol. 98, 1 – 18.
- Vidal, C. J.; Goetschalckx M. (2001) A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation, *European Journal of Operational Research*, Vol. 129, No.1, 134 – 158.
- Vinck, D. (2000) *Pratiques de l'interdisciplinarité*, Presses Universitaires de Grenoble.
- Vollmann, T.E.; Berry, W.L.; Whybark, D.C. (1997) *Manufacturing, Planning and Systems Control*, Fourth Edition, McGraw-Hill.
- Wade Seidel, A. (1999) *Production planning methodology for long homebuilding firms*, Master of science, Michigan state University.
- Warapom, I. (2002) *A method for simulation optimization with applications in robust process design and locating Supply Chain Operations*, dissertation for the degree doctor of Philosophy in the graduate school of the Ohio State University.
- Weber, C. A.; Current, J. R.; Benton, W. C. (1991) Vendor selection criteria and methods, *European journal of operational research*, No. 50, 2 – 18.
- Weber, C. A.; Current, J.R. (1993) A multi-objective approach to vendor selection. *European Journal of Operational Research*, No. 68, 173 – 184.
- Welch, J. A.; Nayak, P. R. (1992) Strategic sourcing: a progressive approach to the make or buy decision, *Academy of Management Executive*, Vol. 6, No. 1, 23 – 31.
- Wetherbe, J. (1991) Executive information requirements: getting it right, *MIS Quarterly*, Vol. 15, 51 – 65.
- Williamson, O. E. (1975) *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implication*, New York, Free Press.
- Williamson, O. E. (1976) Franchise bidding for natural monopolies- in general and with respect to CATV, *Bell Journal of Economics*, No. 7, 73 – 104.
- Williamson, O. E. (1979) Transaction cost economics: The governance of contractual relations, *Journal of Law and Economics*, No. 22, 233 – 261.
- Williamson, O. E. (1981) The economics of organization, *American Journal of Sociology*, No. 87, 548 – 577.
- Williamson, O. E. (1983) Organizational innovation, The transaction cost approaches, J. Ronen, *Entrepreneurship*, 101 – 134.
- Wright, P. L. (1975) consumer choice strategies/ simplifying vs. Optimizing, *Journal of Marketing Research*, Vol. 12, 60 – 67.
- Yuksel, C. (2000) APS System Integrating: at the beginning [advanced planning and scheduling], *Material Management and Distribution*, Toronto, Vol. 45, Iss 12, 43.
- Zanakis, S. H.; Solomon, A.; Wishart, N.; Dublisch S. (1998) Multi attribute decision making : A simulation comparison of select methods, *European Journal of Operation Research*, No. 107, 507 – 529.
- Zhao X., Lee T.S., (1993) Freezing the master production schedule for material requirements planning systems under demand uncertainty?, *Journal of Operations Management*, vol. 11, No. 2, 185 – 205.

Sites Internet

<http://www.afitl.com> – Association Française des Instituts de Transport et de Logistique

<http://www.afnor.fr> – Association Française de Normalisation

<http://www.cpfr.org> – Collaborative Planning and Forecasting Replenishment, site qui présente les éléments fondamentaux du CPFR.

<http://www.e-logisticien.com> – site qui propose des articles, références Internet et des bibliographies sur la e-logistique.

Glossaire

A

Activity Based Management. ABM. Voir Management par les Processus.

Advanced Order Management. AOM. Application informatique, composante des progiciels de SCE, soutenant la gestion et le traitement administratifs des commandes et des promotions.

Allotissement. Processus d'approvisionnement consistant pour un fournisseur à livrer en un seul lieu (entrepôt ou plate-forme) des produits regroupés en lots distincts, destinés à des lieux finaux différents. Ce mode d'approvisionnement peut s'effectuer à partir d'une commande unique dite "commande allotie" ou à partir de plusieurs commandes à livrer en même temps en un même lieu.

Allotissement des commandes. Dans la technique du cross-docking sous sa forme "commande allotie", les livraisons sont préparées par le fournisseur, magasin par magasin. Chaque livraison magasin est palettisée individuellement. L'ensemble des livraisons sont effectuées sur une plate-forme d'éclatement où les palettes par magasin sont triées pour être redistribuées dans chaque magasin.

APO. Advanced Planner & Optimizer. Chez SAP, pierre angulaire de la solution MySap SCM permettant l'anticipation et la synchronisation de tous les processus à travers la totalité du réseau logistique.

APS. Advanced Planning and Scheduling. Progiciel permettant de planifier les flux physiques de la dyade fournisseur-producteur à partir des données (issues des ERP par exemple) générées par chacun des acteurs. Les logiciels d'APS prennent en charge, via des méthodes mathématiques d'optimisation, des problèmes de planification complexe insuffisamment couverts par les progiciels de gestion intégrés. Dédiés à la gestion de la Supply Chain collaborative les APS gèrent l'ensemble des flux logistiques, de la prévision au transport (prévision des ventes, synchronisation des approvisionnements ou encore gestion des tournées de livraison). Leur mission : calculer, pour chaque opération, la meilleure solution à partir d'informations récupérées soit dans les ERP, soit dans les systèmes développés en interne par les entreprises

Arbres de décision. Représentation graphique d'un problème de décision sous forme d'un arbre dont les branches correspondent aux choix possibles entre plusieurs alternatives

Article de point de stock. Unité de manutention ou de stockage identifiée par un code.

Disponible à promettre / à date. Available To Promise – ATP. L'ATP permet d'effectuer une projection de la disponibilité à venir des références en intégrant en temps réel les modifications liées à une commande spécifique. Cette fonctionnalité permet ainsi de s'engager ou non à servir un client (références, quantités et délais).

Available To Order. ATO. Synthèse de l'ATP (Available To Promise) et du CTP (Capable To Promise), l'ATO permet de déterminer si une commande (référence, quantité, date requises par un client) pourra être livrée compte tenu du stock disponible et des délais de fabrication.

B

Balanced Scorecard. Tableau de bord prospectif ou tableaux de bord équilibrés. Le Balanced Scorecard est une approche du pilotage d'entreprise initiée par Robert Kaplan et David Morton. Le Balanced Scorecard propose de juger toutes les décisions stratégiques sous l'éclairage des 4 perspectives suivantes :

Axe Financier : Comment nous voient les actionnaires ?

Axe Client : Comment nous voient les clients ?

Axe Processus Internes : Quels sont nos avantages ?

Axe Apprentissage organisationnel : Comment allons-nous progresser ? Un senior manager peut ainsi vérifier à tous moments l'équilibre des décisions prises. Aucun axe ne doit être pénalisé.

B2A. Business to Administration. Désigne les transactions entre une entreprise et une administration.

BtoB ou B2B. Business-to-business. Commerce électronique inter-entreprise. Désigne l'ensemble des applications de commerce électronique (transaction/ vente) par internet à distance entre entreprises. En toute logique on devrait parler de e-BtoB, le BtoB ne présupposant pas l'échange électronique. Toutefois B2B s'est imposé en la matière et équivaut à « e-commerce inter entreprises » au sens large.

BtoC ou B2C. Business to consumer. Commerce électronique = Commerce "entreprise vers consommateur". Transaction électronique entre une entreprise et une personne privée. Vente par internet à distance aux consommateurs individuels. Désigne l'ensemble des applications de commerce électronique à destination du grand public. De même que pour le B2B, on devrait, en toute logique, parler de e-BtoC.

BtoE ou B2E. Business to Employees. Désigne les applications et les services informatiques mis par les entreprises à disposition de leur personnel, généralement sur un Intranet. Y figurent en bonne place les portails d'entreprises accessibles sur les Intranet.

Benchmark. Test, d'évaluation de performances et de comparaison à un univers de concurrence.

Benchmarking. Etude des techniques de gestion (au sens large) employées par les autres entreprises, dans le but de s'inspirer des méthodes les plus performantes. Observer et apprendre ce que d'autres, dans certains domaines sont capables de faire au travers d'une grille d'analyse composée d'un ensemble d'indicateurs et critères.

Business Process Reengineering. Reconfiguration des Processus. BPR. Démarche pragmatique de réorganisation des activités de l'entreprise fondée sur l'identification et l'analyse des processus ayant un impact significatif sur les objectifs stratégiques à atteindre.

Buffer, stock tampon. Voir stock de sécurité

C

Capable To Promise. CTP. Méthode qui consiste à déterminer si une commande (référence, quantité, date) pourra être livrée compte tenu des délais de fabrication. le CTP permet, à partir d'une demande spécifique (références, quantités et délais requis par un client), d'effectuer une projection sous contraintes (délais d'approvisionnement des matières, capacités des équipements de production et main d'œuvre disponible) de la chaîne de fabrication. Cette fonctionnalité permet ainsi de s'engager ou non servir un client (références, quantités et délais).

Canal de Distribution. Ensemble d'entreprises intervenant de façon séquentielle dans le transfert des produits ou services du producteur au client final. On distingue classiquement le canal transactionnel qui renvoie aux opérations d'échanges commerciaux entre les partenaires et le canal logistique lié aux opérations physiques.

Category Management. Management par catégories. Développé initialement par les distributeurs en vue d'améliorer la gestion de leurs points de vente (aspects marketing), le Category

Management désigne aujourd'hui une démarche de collaboration entre un industriel et un distributeur pour gérer globalement des ensembles de produits et/ou services (appelés "univers") hétérogènes mais considérés comme complémentaires par le consommateur (l'univers bébé regroupe par exemple aliments et articles de puériculture).

Chaîne de la Valeur. Concept (introduit par Mickaël Porter) portant sur les processus internes de l'entreprise et sur les interactions entre ses différentes composantes. L'analyse de la Chaîne de la Valeur permet de montrer où et comment se crée la valeur ajoutée dans l'organisation.

Chaîne Logistique. Supply Chain. Ensemble des entreprises interdépendantes (considérées comme les différents maillons de la chaîne) se coordonnant dans la réalisation des activités (approvisionnement, production et distribution) pour assurer la circulation des produits ou services de leur conception à leur fin de vie (service après vente et logistique de retrait).

Chariot élévateur. Engin polyvalent de manutention des unités logistiques (à propulsion électrique ou thermique) souvent équipé de fourches ou d'accessoires plus sophistiqués (bras à quadrants, pinces...) pour des manutentions spécifiques (voir CACES). Ces engins peuvent être automatisés (filoguidés, optiguידés) et se déplacer ainsi sans l'intervention de caristes.

Chemin de préparation. Itinéraire physique de préparation de commandes organisé afin de limiter les mouvements des préparateurs, de réduire le risque d'erreur et de fluidifier l'ensemble des déplacements au sein de la zone de préparation.

Chronoanalyse. Méthode qui consiste à chronométrer les temps consacrés à la réalisation des différentes tâches ou activités logistiques (manutention,...). La chronoanalyse est par exemple utilisée dans la définition des Standards de Manutention de Base.

Classification ABC. Méthode de classification des produits utilisable en gestion des stocks fondée sur la détermination de trois classes. La classe A regroupe 10 à 20% des articles représentant environ 80% de la valeur du stock et pour lesquels seront mises en place les méthodes de gestion les plus fines. La classe B regroupe 15 à 20% des articles représentant environ 15% de la valeur. La classe C englobe les articles restants (entre 60 et 75% des références) dont la valeur est d'environ 5% et qui feront l'objet d'une moindre surveillance.

Classification 20/80. Méthode de classification des produits utilisable en gestion des stocks, fondée sur la détermination de deux classes. La première regroupe 20% des références qui contribuent à 80% de la valeur du stock et bénéficie des méthodes de gestion les plus fines.

Co-Managed Inventory. CMI. Voir Gestion Partagée des Approvisionnements. GPA.

Co Manufacturing. Co Production. Collaboration entre l'industriel et le prestataire de services logistiques se caractérisant par la prise en charge par le prestataire d'opérations productives notamment d'assemblage. Le stade d'intervention du prestataire de services logistiques dans la chaîne de fabrication du produit justifie l'emploi des appellations pre ou post-manufacturing.

Co Packing. Opération de conditionnement, souvent confiée à un prestataire de services logistiques, qui consiste à assembler sous un même emballage, soit des produits différents (par exemple associer à un ancien produit, un échantillon d'un nouveau produit), soit des produits identiques (dans le cas d'offres promotionnelles par exemple).

Coût de Circulation ou Coût de Mouvement. Ensemble des charges liées à la circulation des produits entre les différentes entités de la chaîne logistique (exemple : transport d'approche, transport interne au site de production, manutention...).

Coût du cycle de vie. Life Cycle Cost. Ensemble des charges afférentes aux différentes activités réalisées depuis la conception jusqu'au démantèlement et/ou recyclage d'un équipement.

Coût d'entreposage. Ensemble des charges afférentes aux différentes activités réalisées au sein d'un entrepôt : charges directes et indirectes de personnel, coût de fonctionnement des systèmes d'information, amortissement des installations immobilières et mobilières...

Coût global de possession. Ensemble des charges afférentes à l'acquisition, à l'exploitation et au maintien en conditions opérationnelles d'un équipement.

Coûts Logistiques. Ensemble des charges liées au coût de possession du stock, aux coûts d'entreposage et aux coûts de circulation ou de mouvement des produits.

Coût de Possession du Stock. Ensemble des charges liées au financement et à la tenue des stocks (assurances et taxes diverses...) et aux risques sur stock (dégâts, vols...).

Coût de Remplacement. Voir NIFO.

Coût Unitaire Moyen Pondéré. CUMP. Méthode de valorisation des sorties de stock qui consiste à calculer la valeur moyenne unitaire des articles en stock en établissant le rapport entre la valeur du stock et les quantités stockées.

CPFR. Collaborative and Forecasting Planning Replenishment. Marque déposée par le VICS (Voluntary Interindustry Commerce Standards) en 1996 désignant une démarche impliquant producteur et distributeur dans l'établissement de programmes d'approvisionnement fondés sur l'élaboration conjointe de prévisions des ventes.

CRM. Customer Relationship Management. Gestion de la Relation Client. Démarche marketing de fidélisation de la clientèle d'une entreprise soutenue par des ressources humaines (centres d'appel...), technologiques (courriers électroniques...) et financières permettant de conserver, actualiser et interpréter l'ensemble des données afférentes à un client ou à un prospect, d'automatiser des tâches marketing (publipostage...) et de gérer les relations avec les consommateurs (clubs de clientèle, cartes de fidélité...).

CRP. Continuous Replenishment Program. Démarche de gestion des stocks en collaboration entre industriels et distributeurs développée dans le cadre de l'ECR. A partir de la définition d'un programme de réassortiment continu, les deux partenaires échangent par EDI les informations concernant les commandes et les mouvements des stocks pour permettre au fournisseur d'effectuer les réapprovisionnements des entrepôts du distributeur. Sur le même modèle, la gestion des stocks peut être confiée à un tiers, c'est à dire à un prestataire de services logistiques.

Cross-Docking. Démarche de réduction des stocks préservant la disponibilité du produit en linéaire passant par : l'éclatement des lots sur la plate-forme du distributeur (intermediate handling cross-docking) ou la constitution de conditionnements magasins par l'industriel (pre-packed cross-docking) avant une re-consolidation par magasin.

Customisation. Personnalisation. Démarche qui consiste à concevoir une solution spécifique aux attentes d'un client en matière de :

- Réalisation d'une ou plusieurs opérations commerciales (prise de commande...), productives (pré ou post-manufacturing) ou logistiques (co-packing...),
- Conception « sur mesure » d'une organisation logistique (cf. activité d'ingénierie des « SPL »).

Cycle de commande. Order cycle. Délai entre le passage d'une commande et sa réception.

Cycle de vie. Succession théorique des étapes liées à l'évolution des ventes d'un produit dans le temps (lancement, croissance, maturité et déclin) comparables au cycle de vie de l'homme.

D

Data Mining. Extraction de données. Application informatique permettant de structurer, analyser et interpréter automatiquement les données stockées dans l'entrepôt de données (data warehouse) de sorte à obtenir des informations porteuses de valeur ajoutée pour alimenter le processus de décision de l'entreprise.

Data Warehousing. Entreposage de données. Système informatique de stockage global de données de gestion de formats et d'origines diverses comprenant en général une application interprétative de data-mining.

Délai. Lead-time. Durée d'un processus, d'une tâche, d'un flux...

Délai d'approvisionnement. Procurement lead time. Temps qui s'écoule entre l'expression d'un besoin par un service de l'entreprise et sa satisfaction.

Délai de livraison. Lead time. Temps s'écoulant entre la réception d'une commande client et sa livraison.

Dernier Entré Premier Sorti. Voir LIFO.

Différenciation Retardée. Postponement. Méthode de production qui consiste à standardiser au maximum les opérations de fabrication (pour réduire les coûts unitaires de production, le volume des stocks et en-cours) en différant le plus tard possible la différenciation des produits. Lorsque ces opérations de différenciation du produit sont confiées à un prestataire de services logistiques on parle de post-manufacturing.

Dispatching. Activité consistant à répartir les éléments d'un même ensemble vers différentes destinations. On peut alors parler de dispatch des commandes à préparer entre plusieurs préparateurs, de dispatch des colis d'une palette vers divers lieux de stockage ...

DRP. Distribution Resource Planning. Voir Planification des Ressources de Distribution.

Durée de couverture. Inventory cycle. Période s'écoulant entre deux réceptions successives de matières et de produits destinés à l'approvisionnement de l'entreprise.

E

EAI. Enterprise Application Integration. Intégration des applications de l'entreprise. Outils et méthodes qui permettent d'instaurer des échanges entre des applications non conçues initialement pour communiquer. L'EAI permet, à partir d'une modélisation des échanges entre les applications, de traduire les données pour les rendre utilisables par l'application destinataire et de les "router" correctement par le biais notamment des logiciels de Middleware. L'EAI a été initialement développé en interne pour faire communiquer les applications composant le système d'information d'une entreprise, il désigne aussi aujourd'hui les logiciels développés dans le cadre du BtoB qui permettent de faire communiquer, par le biais d'internet et des langages XML, des applications appartenant aux systèmes d'information de différents partenaires.

Eco-logistique. Démarche de réduction des nuisances environnementales générées par la réalisation des activités logistiques tout au long de la chaîne logistique. Intégrant les préoccupations écologiques et de développement durable, les actions pionnières d'éco-logistique ont été conduites dans le cadre de la logistique inversée avant d'être étendues au transport (choix de modes de transport, taux de remplissage...) puis à l'ensemble des activités depuis la conception (emballages...).

ECR. Efficient Consumer Response. Reponse optimale au consommateur. Coopération entre l'industriel et le distributeur visant à améliorer la création de valeur pour le client. L'ECR cherche à optimiser l'assortiment point de vente, à développer des actions promotionnelles efficaces et s'appuie sur différentes démarches : les échanges par EDI, la GPA, le cross-docking, la gestion des coûts par activités (Activity Based Costing), le category management.

EDI. Electronic Data interchange. Echange de Données Informatisé. Echange de données formatées entre les différentes applications des systèmes informatiques des partenaires (d'ordinateur à ordinateur). Cet échange s'appuie sur la mise en place de langages communs (standard EDIFACT par exemple) et l'utilisation de voies de télécommunication.

EFI. Echange de Formulaire Informatisé. Solution informatique visant à rendre la technologie EDI plus accessible. La « station » EFI émet et reçoit des messages EDI via Internet et convertit ces données codifiées en formulaires (par exemple un document de transport) grâce à un programme de visualisation.

En-cours de fabrication. Work-in-process. Produit soumis aux différentes étapes de la fabrication, comprises entre la matière première et le produit fini.

Entrepôt. Warehouse. Lieu de réception, stockage et de préparation de produits avant leur livraison aux clients.

Entreposage de Données. Voir Data Warehousing.

E – Procurement. Démarche de gestion des achats et des approvisionnements au moyen des technologies internet. Cette démarche est initialement développée par une seule entreprise (« solution propriétaire ») mais peut évoluer vers un modèle partagé dans le cadre des places de marché.

ERP. Enterprise Resource Planning. Progiciel de Gestion Intégrée. Application informatique permettant l'intégration de l'ensemble des flux d'information relatifs à la gestion des différentes fonctions de l'entreprise (module comptable, module de gestion de production, module commercial, module logistique).

Étiquette Intelligente encore appelée « Tag » ou étiquette de radio fréquence. Étiquette programmable et ré-enregistrable lue sans contact grâce à l'utilisation de l'identification radio-fréquence (RFID).

Étiquette de radio fréquence. Voir Étiquette Intelligente.

Externalisation. Décision d'entreprise consistant à confier à un tiers (par exemple un prestataire de services logistiques) la réalisation d'activités précédemment assurées en interne. Initialement, les chargeurs (entreprises industrielles ou commerciales) ont externalisé le transport, avant de confier progressivement des prestations logistiques à plus forte valeur ajoutée (co-packing par exemple).

Extraction de Données. Voir Data Mining.

FIFO. First In First Out. Premier Entré Premier Sorti. Méthode de valorisation comptable des sorties de stocks qui consiste à "extraire" les articles dans l'ordre où ils sont entrés. Cela conduit à une individualisation fictive des lots sur la fiche de stock et, en période d'inflation, à des coûts de sortie plus faibles et donc des résultats analytiques gonflés.

Fifth Party Logistics. Voir Prestataire de Services Logistiques.

Flux poussés. Modèle de pilotage des flux qui consiste à partir d'une prévision de la demande sur les marchés de l'entreprise, à établir un plan de production permettant d'y répondre. A partir de ce plan de production, les programmes directeurs de production et d'approvisionnement sont définis de manière à créer le moins de stocks possible (stock minimum) et à éviter les ruptures.

Flux tirés. Modèle de pilotage des flux qui consiste à déterminer les quantités à produire ou à assembler à partir de la demande (commandes fermes) de manière à la satisfaire immédiatement. Les flux tirés, dont l'objectif principal est de supprimer les coûts engendrés par la possession de stocks à tous les niveaux de la chaîne logistique, peuvent être plus ou moins tendus en fonction de la marge de sécurité fixée par l'entreprise.

Flux tendus. Modèle de pilotage en flux tirés dans lequel les quantités produites correspondent au plus juste à la demande du marché. Le Juste-à-Temps est un modèle de pilotage en flux « hyper-tendus ».

Flux synchrones. Modèle de pilotage des flux qui consiste à coordonner l'approvisionnement des différents composants (provenant éventuellement de différents fournisseurs) selon leur ordre d'utilisation sur la chaîne de production. Ce modèle de gestion, utilisé notamment dans l'industrie automobile, permet de livrer au dernier les quantités justes nécessaires aux différents postes de travail.

Fonction Logistique. Entité organisationnelle de l'entreprise en charge de tout ou partie de la conception et/ou mise en actes des activités liées à la logistique.

Fourth Party Logistics. Voir Prestataire de Services Logistiques.

Frais de manutention. Handling costs. Coûts associés à la manipulation des marchandises entre le moyen de transport et le site de livraison ou d'entreposage.

G

Gerber. Opération qui consiste à empiler des unités logistiques (colis, palettes, conteneurs...).

Gerbage. stacking. Opération consistant à superposer des contenants.

Gestion Electronique de Documents. GED. Mode de gestion des documents qui substitue à un traitement physique / manuel, un traitement informatisé assurant une meilleure traçabilité et circulation de l'information. Soutenue par des applications informatiques du type Data Warehousing et Data Mining, la GED est un support essentiel des démarches de SLI et plus généralement, de Gestion de Projet.

Gestion de la Relation Client. Voir CRM.

Gestion Calendaire des Stocks. Politique de réapprovisionnement à date et quantité fixes : les quantités livrées peuvent se rapprocher de la quantité économique de commande ou correspondre à une livraison partielle d'un contrat annuel.

GPA. Gestion Partagée des Approvisionnements. Mode de gestion des approvisionnements dans lequel le distributeur s'engage à transmettre en temps réel (généralement par EDI) au producteur les sorties d'entrepôt et les niveaux de stocks afin que celui-ci établisse une proposition de réapprovisionnement dans le respect de règles préalablement établies dans le cahier des charges. Cette proposition est considérée comme ferme (version Vendor managed Inventory ou VMI) ou soumise à la validation du distributeur (version Co Managed Inventory ou VMI).

H

Hub. Infrastructure logistique vers laquelle sont acheminés puis triés des flux de produits ou de passagers de provenances diverses afin de les regrouper et de les ré-expédier vers d'autres destinations.

Au travers de la massification et de la synchronisation des flux, le hub permet une utilisation optimale des moyens de transport (notamment optimisation des taux de remplissage), en application d'une stratégie « hub and spokes » (littéralement « le moyeu et les rayons »).

I

Implantation en damier. Organisation d'une zone de préparation fondée sur l'alternance de marchandises aux caractéristiques différentes (taille, poids, couleur, type d'emballage...) qui permet notamment de réduire le taux d'erreurs lors du picking.

In - Bound. Voir flux synchrones.

In - Plant. Mode d'organisation qui consiste, pour le donneur d'ordre, à faire implanter sur le même site de production ses fournisseurs et sous-traitants. Le site est ainsi configuré pour faciliter les échanges de marchandises (convoyages) et d'informations (cablage optique).

Infogistique. Terme proposé par l'IREPP (Institut de Recherches et Perspectives Postales) mariant informatisation et intégration logistique et s'inscrivant dans le cadre du développement de la e-logistique.

Intégrateur. Integrator. Prestataire de services logistiques qui mobilise l'ensemble des modes de transport pour assurer, en propre et de façon intégrée, l'acheminement des marchandises d'un point à un autre (porte-à-porte ou "door-to-door") pour le compte d'un donneur d'ordre. On désigne notamment par le terme "intégrator" les opérateurs internationaux de messagerie express.

Interfaces. Zone de jonction, tension ou recoupement entre les objectifs, responsabilités et/ou activités de deux ou plusieurs entités : acteurs de la chaîne logistique (interfaces inter-organisationnelles) ou sous-systèmes d'une même organisation (interfaces intra-organisationnelles).

Inventaire physique. Inventory. Contrôle visuel permettant de connaître le nombre exact d'articles en magasin ainsi que leurs emplacements.

Inventaire cyclique. Cycle counting. Inventaire physique du stock, effectué de façon répétitive à des intervalles de temps déterminés afin de corriger les erreurs affectant l'inventaire permanent.

Inventaire permanent. Perpetual inventory. Inventaire réalisé via la tenue informatique de l'état des stocks en temps réel.

Inventaire périodique. Mise à jour réalisée à intervalle de temps régulier (le plus souvent manuellement) des niveaux de stocks d'une ou plusieurs références. Ce décompte des unités réalisé sur tout ou partie du stock de façon régulière permet de corriger les écarts entre les niveaux de stocks fournis par l'inventaire permanent et la réalité.

Inventaire permanent. Mise à jour permanente des niveaux de stocks fondée sur la saisie (informatisée ou manuelle) en temps réel de tout mouvement d'une référence en stock. Divers problèmes (vol, casse, erreurs de saisie...) expliquent les écarts qui subsistent entre les niveaux de stocks théoriques fournis par cette mise à jour et la réalité et impliquent la réalisation d'inventaires périodiques.

J

Juste - A - Temps. JAT. Just - In - Time. JIT. Modèle de pilotage en flux tendus développé initialement par l'ingénieur Taiichi Ohno chez Toyota qui consiste à contrôler et à maîtriser le système de production afin de supprimer toutes les sources de gaspillages, notamment celles liées aux stocks intermédiaires et à la non-qualité. Ainsi, la production est égale à la demande à tous les stades du processus.

K

Kanban. Outil d'information développé initialement par l'ingénieur Taiichi Ohno chez Toyota dans le cadre du Juste-à-Temps. Le Kanban est une carte (ou étiquette) attachée à une référence spécifique en cours de fabrication (produit semi-fini ou fini) qui indique notamment à un poste de travail la quantité à délivrer au poste de fabrication situé juste en aval (on parle d'appel par l'aval).

Kaizen. Amélioration continue. Vient du japonais "Kaï" changement et "Zen" bon (pour mieux). Appliqué à l'entreprise, le Kaizen est une démarche qui consiste à faire participer l'ensemble des membres de l'entreprise, quel que soit leur niveau hiérarchique, au maintien et à l'amélioration progressive et continue des standards de travail.

Kitting. Activité qui consiste à réaliser l'assemblage final d'un produit. Sous-traitée à un prestataire de services logistiques, elle implique la gestion du stock de composants, leur prélèvement et assemblage en fonction des ordres émis par le client.

L

LIFO. Last In First Out. Dernier Entré Premier Sorti. Méthode de valorisation comptable des sorties de stocks qui consiste à "extraire" en premier lieu les articles entrés les plus récemment en stock. Cela conduit à une individualisation fictive des lots sur la fiche de stocks et, en période d'inflation, à des coûts de sortie plus faibles et donc à des résultats analytiques diminués.

Logistique. La logistique, compétence transversale du management d'entreprise, s'attache à améliorer les performances et la réactivité des organisations à partir de la maîtrise de la circulation des flux et des services : flux physiques des marchandises, flux d'informations associées, flux financiers

Logistique d'Approvisionnement. Ensemble des activités qui ont pour objectif d'assurer la mise à disposition dans les délais souhaités par l'entreprise des références et quantités voulues de matières premières, produits semi-finis, équipements ... (informations contenues dans le Programme Directeur des Approvisionnements) dans les meilleures conditions de coût. La réalisation de ce processus implique la définition d'une politique d'approvisionnement (méthode de gestion des

approvisionnements, délais de livraison, gestion du transport en amont, établissement d'un réseau de fournisseurs, système d'information à promouvoir...).

Logistique de Distribution. Ensemble des activités qui ont pour objectif d'assurer la mise à disposition dans les délais souhaités par le client et/ou le consommateur final des références et quantités voulues de produits finis (informations contenues dans le DRP) dans les meilleures conditions de coût. La réalisation de ce processus implique la définition d'une politique de distribution (méthode de gestion des stocks de produits finis, délais de livraison, gestion du transport en aval, sous-traitance des opérations à des prestataires de services logistiques...).

Logistique inversée. Reverse Logistics. Processus qui a pour objet d'assurer les retours de marchandises :

- demandés par les consommateurs pour cause d'erreur ou de problèmes techniques impliquant réparation,
- mis en place par l'entreprise pour assurer le recyclage, l'élimination ou la valorisation (sur un marché de l'occasion par exemple pour certains produits manufacturés) des produits en fin de vie.

Logistique de Production. Ensemble des activités qui ont pour objectif d'assurer la mise à disposition dans les délais souhaités par les différentes unités de production et/ou d'assemblage des références et quantités voulues de matières premières et en-cours de production dans les meilleures conditions de coût. La réalisation de ce processus implique la définition de règles de gestion (modèle de pilotage des flux, gestion des stocks d'en-cours de production, système de convoyage et de manutention, gestion du transport entre les sites de stockage et les unités de production...).

Loi de Pareto. Méthode de classification (classification ABC ou classification 20/80) des produits en stocks qui permet de distinguer les produits à forte valeur, pour lesquels un contrôle strict sera mis en place, des produits à moindre valeur dont le contrôle sera plus souple.

Lot-sizing. Dimensionnement des lots. Taille des lots. Lotissement. Est une technique de détermination des tailles des lots, Exemple : Quantité fixe, Lot pour Lot, Quantité Economique...etc.

M

Management logistique. Le management logistique peut se définir comme le pilotage et la gestion des processus de circulation des flux physiques de marchandise par les flux d'informations associées. Il se déploie aujourd'hui au sein d'une entreprise et, de plus en plus, génère des coopérations non exclusivement logistiques mais inter-organisationnelles, impliquant une entreprise, ses fournisseurs et ses clients et cela, à une échelle géographique de plus en plus internationale. Le management logistique devient le « Supply Chain Management ».

Le management logistique et le « Supply Chain Management » poursuivent un triple objectif de maîtrise des coûts, d'amélioration des niveaux de service rendu et de création de valeur.

Management par catégories. Voir Category Management.

Management par les Processus. Activity Based Management. ABM. Démarche de gestion fondée sur l'identification et l'optimisation des processus définis comme un ensemble d'activités reliées entre elles.

Market place. Voir Place de marché électronique.

Material Repairs and Overhall. Produits dits « MRO ». Ensemble des produits et/ou services achetés qui n'entrent pas directement dans le processus de fabrication (par exemple, les consommables, l'outillage, ou encore les frais de déplacements et de séjours...).

Material Requirement Planning. MRP. Méthode de planification industrielle qui consiste à établir un programme directeur de production et d'approvisionnement à partir de la demande finale.

Marketing associée. Voir Trade-Marketing.

Méthode du point de commande. Politique de réapprovisionnement à date variable et quantité fixe qui consiste à définir le niveau de stock (dit Point de commande) qui déclenche l'ordre de commande.

Middleware. Logiciel utilisé dans le cadre d'un EAI qui permet de transférer des données entre deux applications informatiques n'ayant pas initialement la possibilité de communiquer entre elles.

Modélisation

La modélisation est une activité d'identification, de description et de spécification des informations (données) sous la forme d'une représentation qui utilise un ensemble fini et défini de formats

Multidrop. Organisation de la livraison par un producteur de plusieurs centres de distribution ou points de vente appartenant au même distributeur (Multidrop mono-producteur /mono-distributeur) ou de plusieurs centres de distribution ou points de vente de distributeurs différents (Multidrop mono-producteur / multi-distributeurs) qui a pour objectif l'amélioration du taux de remplissage des véhicules pour réduire le coût de transport.

Multipick. Organisation de la livraison d'un centre de distribution par plusieurs producteurs qui décident de regrouper leurs marchandises afin d'améliorer le taux de remplissage des véhicules et de réduire les coûts de transport.

N

Near by buffer. Zone d'un entrepôt, située à proximité du *stock picking*, dans laquelle les marchandises sont stockées afin de réapprovisionner plus rapidement le *stock picking*.

FIFO. Coût de Remplacement. Méthode de valorisation comptable des sorties de stock qui ne prend pas en compte la valeur réelle des entrées mais s'appuie sur la valeur des prochaines entrées. En période d'inflation, cette méthode entraîne une diminution du résultat analytique et alerte donc plus rapidement.

Niveau de reemplètement. Politique de réapprovisionnement à date fixe et quantité variable. A chaque période est commandée une quantité permettant d'atteindre le niveau optimum de stock défini au préalable.

Normes logistiques. Ensemble des normes s'appliquant aux différentes activités logistiques et à la *Supply Chain* dans son ensemble qui ont pour objectif de décrire les processus pour soutenir la conception, la gestion et l'évaluation des performances.

La norme NF X50-600 permet de décrire dans le détail le *processus logistique*, en identifiant les activités qui le composent et les interfaces à développer pour assurer la bonne réalisation des opérations en fonction des attentes d'un client. Ainsi, cette norme peut servir de référentiel dans la

conception et l'évaluation d'un processus logistique. Elle est complétée par deux fascicules de documentation. Le premier, *NF X50-602* décrit de façon détaillée les différentes activités qui composent un processus logistique et les « profils professionnels » correspondants, le second, *NF X50-604* présente l'analyse et le développement des différentes étapes d'un processus logistique global intégré (approvisionnement, achats et logistique) et peut servir de référentiel dans l'évaluation de leur performance.

La norme NF X60 - 600 concerne plus précisément *la logistique de soutien*. Elle en décrit les différentes activités, les objectifs et les moyens à mettre en œuvre pour en assurer la réalisation. Elle offre aux fournisseurs de prestations de soutien logistique et leurs clients, une approche contractuelle pour concevoir ensemble la prestation et définir les moyens associés.

NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

Acronyme français pour **IT (Information Technology)**. Actuellement remplacé par TIC (Technologies de l'Information et de la Communication). Ensemble de technologies de traitement et/ou d'échange d'informations résultant de développements croisés entre l'informatique, les télécommunications et l'audiovisuel. Exemple : l'échange de formulaires informatisé (EFI) via Internet.

O

Ordre de Fabrication - OF. Manufacturing Order. Ordre autorisant un atelier de fabrication à produire des pièces.

Ordre ferme planifié. Firm Planned Order - FPO. Ordre de fabrication prévisionnel, pouvant être gelé en quantité et dans le temps.

Order Penetration Point. Point de Découplage. Identification sur la chaîne logistique, du moment et du lieu à partir desquels les marchandises en circulation sont affectées à un client particulier. Ce point de découplage peut se situer au niveau de la production ou à celui de la distribution et peut constituer le point de rencontre entre les flux poussés par l'industriel et les flux tirés par le client.

P

Palettier. Rack. Rayonnages de stockage constitués d'échelles, de lisses et d'accessoires d'identification et de sécurité.

PEPS. Premier Entré, Premier Sorti. Voir FIFO (First In, First Out)

Picking. Opération qui consiste à prélever, à leur emplacement dans le stock picking, les différents éléments (palettes, colis ou unités de vente consommateur) d'une commande.

Pick and Pack. Mode de préparation de commandes consistant à composer au fur et à mesure du picking l'unité d'expédition (colis, palette...). Ce mode d'organisation est généralement utilisé pour les préparations de commandes en rafale.

Pick then Pack. Mode de préparation de commandes au cours duquel tous les articles composant une commande sont prélevés dans le stock avant d'être rangés et emballés dans leur unité d'expédition (colis).

Pick to light. Système de préparation de commandes assisté par ordinateur qui indique au préparateur, à l'aide d'un voyant situé sur les emplacements de stockage, l'endroit où il doit effectuer

le prélèvement. La lecture optique des codes-à-barres des unités prélevées permet au système de contrôler la préparation au fur et à mesure de sa réalisation et de déclencher le prélèvement suivant.

Place de marché électronique. Market Place. Plate-forme de communication électronique permettant à des entreprises de communiquer avec leurs partenaires (fournisseurs, distributeurs) en vue notamment d'optimiser leurs transactions commerciales.

On distingue généralement trois types de place de marché électronique :

- les places de marché dites "verticales" qui peuvent réunir l'ensemble des acteurs d'une filière (par exemple, les producteurs, distributeurs et intermédiaires de l'agro-alimentaire),
- les places de marché dites "horizontales" qui peuvent regrouper des entreprises situées à un même niveau de la chaîne logistique et appartenant à un même secteur d'activité (par exemple, l'ensemble des distributeurs),
- les places de marché qualifiées de "transversales" ou "publiques" auxquelles peuvent adhérer tout type d'entreprises quel que soit leur secteur d'activité (par exemple, une place de marché regroupant des entreprises spécialisées dans des produits MRO).

Planification des Ressources de Distribution. DRP. Méthode qui permet de déterminer par le calcul, pour un réseau de distribution et pour une période donnée, les quantités à approvisionner par référence (par anticipation de la demande), et de définir, sur cette base, les ressources logistiques et financières nécessaires.

Point de Commande. Niveau de stock à partir duquel un ordre de réapprovisionnement est passé. Ce niveau de stock correspond à la consommation moyenne du stock pendant le délai de réapprovisionnement à laquelle on ajoute le stock de sécurité.

Post Manufacturing. Prise en charge par le prestataire de services logistiques d'opérations productives liées à l'assemblage des produits finis.

Postponement. Voir Différenciation Retardée.

Pre Manufacturing. Prise en charge par le prestataire de services logistiques d'opérations productives liées à l'assemblage de biens intermédiaires de production.

Préparation de commandes. Ensemble des opérations réalisées (picking, regroupement, emballage...) pour composer une commande client dans les conditions de coût, de qualité et de délai fixées par l'entreprise et le client.

Préparation de commandes en « U ». Mode de préparation dans lequel un ordre de préparation correspond à une seule commande client. Cette commande est prise en charge par un préparateur qui prélève les différentes unités de vente en suivant un chemin de préparation prédéfini qui se termine le plus près possible de son point de départ (U). Dans la pratique, il s'agit souvent pour le préparateur de tourner autour du chariot sur lequel il dépose les unités de vente prélevées.

Préparation en rafale. Mode de préparation dans lequel un ordre de préparation comprend plusieurs commandes client à traiter simultanément. Ces commandes, prises en charge par un préparateur, sont dispatchées sur la base de différents critères permettant de réduire le cycle de préparation : articles similaires, proximité physique des articles à prélever.

Préparation vocale. Voice Picking. Système de préparation de commandes assisté par ordinateur qui indique au préparateur, au moyen d'un message audio transmis, l'endroit où il doit

effectuer le prélèvement et le nombre d'unités à prélever. La lecture optique des codes-à-barres des unités prélevées permet au système de contrôler la préparation au fur et à mesure de sa réalisation et de déclencher le prélèvement suivant.

Prestataire de services logistiques. Entreprise assurant la réalisation d'activités logistiques pour le compte d'un industriel ou d'un distributeur. On distingue aujourd'hui trois types de prestataires :

- **Third Party Logistics :** prestataire de services logistiques traditionnel maîtrisant la réalisation d'opérations logistiques physiques pilotées par un donneur d'ordre (niveau opérationnel).
- **Fourth Party Logistics :** prestataire de services logistiques gérant, pour le compte d'un donneur d'ordre les flux physiques et les flux d'information associés (niveau de pilotage). Notons que la société Accenture a déposé la marque "4PL" pour désigner l'une de ses prestations de service.
- **Fifth Party Logistics :** prestataire de services logistiques qui conçoit, organise et réalise pour le compte d'un donneur d'ordre, des solutions logistiques (notamment en matière de système d'information) en mobilisant les technologies adaptées (niveau conceptuel).

Processus. Ensemble de moyens (ces moyens peuvent inclure le personnel, les installations, les équipements, les techniques et les méthodes) et d'activités liés qui transforment des éléments entrants en éléments sortants. [Norme internationale ISO / DIS 8402]

Profit Direct par Produit. Méthode développée initialement (années 60) pour les produits d'épicerie qui consiste à estimer le coût de passage d'un produit au travers des différents maillons composant la chaîne logistique. Le Profit Direct par Produit consiste en une évaluation de la contribution de chaque produit à la rentabilité. A la marge brute par produit sont enlevés les coûts de manutention, d'entreposage, de transport ou encore de main d'œuvre qui lui sont directement imputables.

Progiciel de Gestion Intégrée. Voir ERP.

Programme Directeur de Production. Planification à moyen terme de la production indiquant pour chaque article, les lancements de fabrication en quantités et délais en fonction de la demande et des capacités de l'entreprise. Le PDP permet notamment d'établir le Programme Directeur des Approvisionnements.

Programme Directeur des Approvisionnements ou Planification Besoin Matières. PBM. Planification à moyen terme des besoins en approvisionnement de l'entreprise indiquant pour chaque référence matière, composant ou produit semi-fini, les quantités et les délais en fonction des lancements de fabrication par l'entreprise.

Projet / Gestion de projet. Ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin, entrepris dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques. [Norme X50-115 AFNOR (2002)].

La gestion de projet implique, de la part du chef de projet, le pilotage des activités réalisées par des expertises professionnelles différentes et complémentaires les unes des autres.

Q

Quantité Economique de Commande. Méthode de calcul, à partir de la demande future estimée pour une période donnée, de la taille d'un lot à lancer en fabrication ou à commander auprès d'un fournisseur. Sont pris en compte, pour calculer la quantité économique de commande, les coûts

liés à la possession du stock, les coûts de passation de la commande, les coûts de rupture et les éventuelles conditions contenues dans le contrat d'approvisionnement comme les rabais liés à la taille des lots. L'objectif de cette méthode est de minimiser le coût global d'approvisionnement.

Quick Response. Réponse Rapide au Consommateur. Modèle de pilotage des flux développé dans le secteur de la distribution qui consiste à déclencher juste-à-temps le réassort des points de vente à partir des sorties de caisse afin de réduire les niveaux de stock et d'améliorer la qualité de service en s'adaptant le plus rapidement possible aux rythmes de consommation.

R

Réapprovisionnement. Démarche d'alimentation du stock déterminant quantité et date de commande. Les politiques classiques de réapprovisionnement sont au nombre de 4 : la gestion calendaire des stocks, la méthode de recomplètement, la méthode du point de commande, le réapprovisionnement à date et quantité variables.

Réapprovisionnement Continu. Voir CRP.

Réapprovisionnement picking, replenishment. Opération consistant à sortir les quantités de produits du stock de masse pour réalimenter le stock picking.

Refurbishing. Activité qui consiste à remettre en état un matériel afin de le rendre en tout point comparable au matériel d'origine. Potentiellement sous-traitée à des Prestataires Logistiques, la réalisation de cette activité, qui a pour finalité la remise en service ou la revente du matériel rénové, implique l'existence d'une logistique inversée.

Réponse Optimale au Consommateur. Voir ECR.

Réseau à valeur ajoutée. Réseau informatique alimenté par différents postes (par exemple les terminaux point de vente, les terminaux embarqués...) permettant par le croisement des données de produire des informations enrichies utiles à la décision.

Reverse Logistics. Voir Logistique Inversée.

RMR. Retail Management Replenishment. Démarche de réapprovisionnement continu pilotée par le distributeur sur la base de ses prévisions de vente à partir desquelles il élabore les programmes de réapprovisionnement qu'il transmet à ses fournisseurs. Ceux-ci effectuent alors le réapprovisionnement des entrepôts du distributeur à partir des appels de livraison de ce dernier.

ROI. Return On Investment. Retour sur Investissement. Initié par DuPont de Nemours, le calcul du ROI permet de juger du bien fondé d'une décision d'équipement. La prédominance du ROI dans les décisions d'investissement a souvent été fortement critiquée. Lorsqu'il est exclusif, le calcul du ROI favorise en effet essentiellement les investissements à la rentabilité évidente à court terme. Il reste néanmoins toujours de première importance afin de juger de la pertinence des projets. A condition d'en revisiter le calcul afin d'intégrer en plus des critères exclusivement financiers des éléments intangibles contribuant directement ou indirectement au développement durable.

Rotation des stocks. Inventory turnover. Indicateur du renouvellement des stocks dans une période donnée (rapport entre les sorties et le stock physique moyen correspondant).

Rupture de stock. Inventory shortage. Cas dans lequel le niveau de stock est à zéro.

Rupture de charge. Offloading. Déchargement / Chargement de la marchandise d'un véhicule sur un autre.

S

Soutien logistique intégré. Démarche de gestion des éléments et activités (infrastructures, outillage, pièces détachées, documentation, formation...) à mobiliser de la conception à la fin de vie d'un équipement.

Sous-traitance. Politique d'entreprise consistant pour une organisation (le donneur d'ordre), à confier à un tiers (le sous-traitant, par exemple un prestataire de services logistiques) la réalisation de certaines activités (le transport, le co-packing...).

Stock Actif. Quantité de produits entrés à chaque livraison et intégralement consommés pendant la période.

Stockage en silo. Mode de stockage de produits dans des réservoirs clos généralement métalliques ou en béton. Par analogie, le stockage en silo peut désigner des infrastructures d'entreposage de très grande hauteur équipées de transstockeurs.

Stockage dynamique. Palettier ou mobilier de stockage dont les étagères, légèrement inclinées, sont munies de rouleaux ou coussins d'air permettant aux cartons et/ou palettes d'avancer vers le préparateur. Ce système de stockage est utilisé de préférence pour les produits à forte rotation.

Stock de masse. Zone d'un entrepôt dans laquelle les marchandises sont stockées, après leur réception, avant d'être progressivement transférées, en fonction de la demande, vers le stock picking.

Stock de Sécurité. Safety stock. Quantité destinée à pallier une accélération de la consommation et/ou un retard dans l'approvisionnement/production. Le stock de sécurité est un stock "dormant".

Stock d'alerte. Seuil (quantité) qui, lorsqu'il est atteint, doit entraîner la passation d'une commande.

Stock Keeping Unit. SKU. Voir Article de point de stock.

Stock Picking. Zone d'un entrepôt dans laquelle les marchandises sont stockées en vue du picking.

Supply chain. Chaîne logistique. Terme anglo-saxon adopté par l'ensemble de la communauté logistique internationale pour désigner la chaîne logistique globale, celle qui va du fournisseur au client et où la production est tirée par la demande. Son objectif : le bon produit au bon endroit au bon moment.

Supply Chain Management (gestion de la chaîne logistique). Ensemble de procédures et de logiciels permettant de gérer de façon optimale la totalité des flux d'information, des flux physiques et des interfaces entre les différents acteurs, producteurs et fournisseurs qu'implique la fabrication d'un produit ou l'offre d'un service. Ils se basent sur les renseignements concernant la demande jusqu'aux données nécessaires à la distribution, en passant par la conception et la production proprement dite.

SCE : Supply Chain Execution - Logiciels qui rationalisent la totalité du cycle de traitement des commandes (de sa connaissance à la livraison) Ils regroupent 4 fonctions : la gestion de l'entreposage (WMS - Warehousing Management System), la gestion des transports (TMS - Transport Management System), la gestion avancée des commandes (AOM - Advanced Order Management) et la gestion d'atelier (MES).

SCEM : Supply Chain Event Management - Outil de gestion des événements et anticipation des dysfonctionnements de la chaîne logistique grâce à des alertes logistiques. La principale caractéristique du SCEM est qu'au lieu de gérer plusieurs processus à l'intérieur d'une entreprise, il gère plusieurs entreprises maîtrisant un seul processus. Les 5 fonctions du SCEM : surveillance des événements, notification des utilisateurs d'un éventuel problème dans la chaîne, simulation de l'impact futur des événements courants dans l'entreprise, contrôle manuel ou automatisé des utilisateurs et mesure de l'effet produit.

Supply Chain Planning. SCP. Application informatique permettant de simuler et de planifier l'ensemble des processus de la chaîne logistique.

T

Tag. Voir Etiquette Intelligente.

Tableau de Bord Logistique. Instrument de gestion dynamique et d'établissement rapide, regroupant un ensemble d'indicateurs quantitatifs (financiers et non financiers) et qualitatifs, permettant à un responsable logistique de suivre et de contrôler la réalisation des points clés qu'il souhaite maîtriser et de mettre en œuvre, le cas échéant, des actions correctrices à court terme.

Taux de Service Logistique. Indicateur de la performance d'une activité ou d'un processus logistique permettant d'appréhender le degré de réalisation des objectifs logistiques fixés. Le taux de service logistique est en général calculé sur la base du nombre de commandes (parfois sur un pourcentage de chiffre d'affaires) livrées conformes aux attentes du client et/ou du consommateur final au bon moment et dans les délais, sur le nombre total de commandes à réaliser.

Temps d'Écoulement. Indicateur qualitatif mesurant le différentiel de temps (entrée/sortie). Cet indicateur peut être appliqué à différents niveaux du processus logistique, par exemple pour mesurer le temps effectif écoulé entre la prise de commande et la livraison d'un produit.

Third Party Logistics. Voir Prestataire de Services Logistiques.

Time to Market. Indicateur qualitatif mesurant le temps écoulé entre la conception d'un produit et sa commercialisation effective.

Transpalette. Engin de manutention permettant de transporter des palettes. Les transpalettes peuvent être à main (pour des opérations de manutention occasionnelles ou de courte distance), équipés d'appareils de pesage, électriques, à conducteur porté.

Transport Management System. TMS. Application informatique, composante des progiciels de SCE, qui a pour vocation l'optimisation de l'organisation et du coût des tournées de transport.

Transstockeur. Engin de manutention circulant sur rail et pouvant desservir des hauteurs allant jusqu'à 45 mètres. Les transstockeurs sont notamment utilisés dans le cas du stockage en silo.

Total Quality Management. TQM. Démarche de gestion des ressources humaines, financières, physiques et technologiques de l'entreprise fondée sur des pratiques et des méthodes Qualité et visant la satisfaction des différentes parties prenantes (clients, actionnaires, salariés...).

Traçabilité. Capacité à suivre un produit ou service de sa conception à sa fin de vie.

La traçabilité renvoie :

- au tracking : localisation en temps réel de l'entité dans la chaîne logistique

- au tracing : possibilité d'obtenir des informations à un moment quelconque par la constitution d'une mémoire du flux (temps différé).

Traçabilité amont. La traçabilité amont désigne les procédures et outils mis en place pour pouvoir retrouver ce qui est advenu avant que cet acteur devienne responsable légalement ou physiquement des produits.

Traçabilité ascendante. La traçabilité ascendante est la capacité, en tout point de la chaîne d'approvisionnement à retrouver l'origine et les caractéristiques d'un produit à partir d'un ou plusieurs critères donnés. Elle sert notamment à trouver la cause d'un problème qualité.

Traçabilité aval. La traçabilité aval désigne les procédures et outils mis en place pour pouvoir retrouver ce qui est advenu après le transfert de propriété ou après le transfert physique des produits de l'acteur vers un tiers.

Traçabilité descendante. La traçabilité descendante est la capacité, en tout point de la chaîne d'approvisionnement, à retrouver la localisation de produits à partir d'un ou plusieurs critères donnés. Elle sert notamment en cas de rappel ou de retrait de produits.

Traçabilité interne. La traçabilité interne désigne la traçabilité mise en place tout au long de la transformation effectuée par l'acteur sur ses produits. Elle est indépendante des partenaires commerciaux.

Trade-Marketing. Mercatique associée. Démarche de conception, mise en action et co-financement d'opérations marketing impliquant conjointement l'industriel et le distributeur.

V

Vendor Management Inventory. VMI. Voir GPA.

W

Workflow. Terme générique désignant les logiciels permettant la gestion d'un processus (un workflow de production par exemple).

Warehousing Management System. WMS. Application informatique, composant des progiciels de SCE, qui a pour vocation l'optimisation de la gestion de l'entreposage.

Web-EDI. Voir EFI.