





**A Mon Père**

**A mes grands-mères**



## Remerciements

J'ai passé quatre années au laboratoire d'automatique et de productique de l'université de Bordeaux particulièrement enrichissantes. Je dois tout ceci en grande partie à Mr le Professeur Guy Doumeingts qui m'a accueilli au sein de son équipe et m'a mis le pied à l'étrier. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Je remercie très sincèrement Mr le professeur Alain Haurat pour l'ensemble des remarques qui ont permis de faire aboutir ce travail.

Mr le Professeur Christian Tahon a également contribué à la réalisation de ce mémoire, qu'il trouve, ici, l'expression de mes profonds remerciements.

J'adresse également mes remerciements à Mr Jean Paul Bourrières pour sa participation à ces travaux.

Je ne peux pas ne pas remercier Guy Van Den Bossche dont la rencontre m'a ouvert les portes du monde industriel. Son exemple et ses idées ont indirectement guidé la réalisation de ce mémoire.

Je remercie Mr Bruno Vallespir pour le travail fourni sur ce document. Ces remarques pertinentes, la clarté de ces idées ont largement contribué à sa réalisation.

Je souhaite ici faire signe de l'amitié naît au cours de ces années de thèse avec notamment Yves et Laurence, Paul-Eric et Isabelle.

Je ne pourrais pas non plus ignorer tous les gens qui ont apporté leur pierre à la maison. Je pense pêle-mêle à Nicolas, Thècle, Jean-Christophe et Sylvianne, Stéphane, Ashkan, Philippe, Catherine et tous les autres bien sûr.

L'ensemble de ce travail représente l'achèvement de longues années d'études. Celles-ci ont pu être menées à terme car portées par une famille. Je pense donc ici à ma mère : « tu vois, finalement, elle est terminée cette thèse ».

Je voudrais également remercier Philippe et Noëlle pour leur soutien inconditionnel, Michel, Jeannot et Irène, Maurice, Anne-Marie et Marie-Françoise, Claire. Mais aussi, Paulette et André, Patricia et Fred, Isabelle et Vincent, Pascal.

Enfin, comment ne pas partager tout cela avec Sylvie, Ewen et Maureen qui m'ont supporté (à tous les sens du terme) au quotidien, qui m'ont poussé, encouragé sans cesse. Trouvez ici une infime partie de l'amour que je vous porte.



## Table des matières Générale

<b>Introduction Générale</b> .....	<b>1</b>
CHAPITRE I DU BESOIN DE LA COHERENCE POUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA STRATEGIE INDUSTRIELLE....	3
I.1. Introduction .....	3
I.2. Le système de production .....	4
I.2.1. Finalité .....	4
I.2.2. Principes de conduite.....	5
I.2.3. Les performances du système de production.....	6
I.3. Vers une gestion efficace de l'évolution du système de production.....	8
I.3.1. Principes de base de la gestion de l'évolution.....	8
I.3.2. Problèmes de dynamique des systèmes.....	11
I.3.3. De la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation.....	12
I.4. Conclusions.....	14
CHAPITRE II ETAT DE L'ART .....	17
II.1. Introduction.....	17
II.2. La Performance industrielle .....	18
II.2.1. Notion de performance des entreprises .....	18
II.2.2. Définitions admises de la Performance Industrielle .....	19
II.2.3. Concepts fondamentaux en stratégie industrielle .....	21
II.2.4. Démarches de mise en œuvre.....	25
II.2.5. Typologie des décisions stratégiques .....	28
II.2.6. Conclusions .....	31
II.3. L'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs en exploitation.....	33
II.3.1. Introduction.....	33
II.3.2. Du besoin de cohérence dans le pilotage du système de production.	33
II.3.3. Le modèle de référence pour l'expression de la performance en exploitation.....	36
II.3.4. Méthodologie d'analyse de la cohérence et d'évaluation des performances.....	42
II.3.5. Conclusions .....	50
II.4. La gestion de l'évolution .....	51
II.4.1. Définitions et concepts.....	51

II.4.2. Approches dédiées à la gestion de l'évolution des systèmes industriels	52
II.4.3. Démarche globale de gestion de l'évolution (GEM)	56
II.4.4. Conclusions sur les méthodes de gestion de l'évolution	61
II.5. <i>Bilan et pistes de recherche</i>	61
II.5.1. Corrélacion Conception/Exploitation : aspects dynamiques	62
II.5.2. Synchronisation et coordination	64
II.5.3. De l'analyse de cohérence pour la gestion de l'évolution	65
II.5.4. Démarche globale d'analyse de la cohérence	66
II.6. <i>Conclusions</i>	67
CHAPITRE III MODELE DE REFERENCE POUR L'EXPRESSION DE LA PERFORMANCE EN CONCEPTION : CONCEPTS ET PRINCIPES	71
III.1. <i>Introduction</i>	71
III.2. <i>Définitions</i>	72
III.2.1. La finalité	72
III.2.2. Critère et domaine de performance	72
III.3. <i>Opérateurs d'agrégation</i>	76
III.3.1. Rappels topologiques	76
III.3.2. Révision des opérateurs d'évaluation	77
III.4. <i>Le déploiement de la performance en gestion de l'évolution dans le cadre de GEM (GRAI Evolution Method)</i>	78
III.4.1. Introduction	78
III.4.2. Expression de la performance au niveau Définition Stratégique	83
III.4.3. Expression de la performance au niveau Planning d'Actions	89
III.4.4. Expression de la performance au niveau Gestion de Projets	90
III.4.5. Vecteur de performance et matrice de conception	95
III.5. <i>Conclusions</i>	96
CHAPITRE IV MODELISATION DES CHOIX DE CONCEPTION : CONCEPTS ET DEMARCHE	99
IV.1. <i>Introduction</i>	99
IV.2. <i>Modélisation par processus</i>	100
IV.2.1. Généralité	100
IV.2.2. Définitions du concept de processus	100
IV.2.3. Le Processus Générique	104
IV.2.4. Réseaux de processus	111
IV.2.5. Conclusions	114
IV.3. <i>Principes d'agrégation et de décomposition des processus</i>	114
IV.3.1. Démarche d'agrégation et de décomposition	114

IV.3.2.	Procédures d'agrégation des attributs d'un processus.....	118
IV.3.3.	Agrégation des processus génériques.....	122
IV.3.4.	Déploiement de la flexibilité décisionnelle.....	124
IV.4.	<i>Conclusions</i> .....	125
CHAPITRE V	DEMARCHE D'ANALYSE DE COHERENCE POUR LA GESTION DE L'EVOLUTION.....	129
V.1.	<i>Introduction</i> .....	129
V.2.	<i>Présentation de la démarche globale d'analyse de la cohérence</i> .....	130
V.3.	<i>Analyse de Cohérence inter niveaux de gestion</i> .....	131
V.3.1.	Introduction.....	131
V.3.2.	Analyse de cohérence descendante.....	132
V.3.3.	Exemple d'analyse de cohérence descendante.....	133
V.3.4.	Mise en évidence d'une incohérence.....	137
V.3.5.	Analyse de cohérence dans la contribution.....	138
V.4.	<i>Analyse de cohérence intra-niveau de gestion</i> .....	146
V.4.1.	Principes de base.....	146
V.4.2.	Modélisation de l'existant.....	147
V.4.3.	Calcul des matrices de conception.....	147
V.4.4.	Modélisation des variables de conception, évaluation des résultats.....	148
V.4.5.	Démarche d'analyse de la cohérence intra-niveau de gestion.....	152
V.4.6.	Conclusions sur l'analyse de cohérence intra niveau de gestion.....	161
V.5.	<i>Conclusions sur la démarche d'analyse de la cohérence</i> .....	162
	<b>Conclusions et perspectives</b> .....	<b>165</b>
	<b>Bibliographie</b> .....	<b>167</b>



## Introduction Générale

La productique vise à comprendre par la modélisation et l'analyse, les systèmes de production dans leur fonctionnement, leur structure, leur évolution. Cette science cherche par exemple à faciliter l'intégration des nouvelles technologies (informatique, électronique, automatique...), à faire face à la concurrence, tout en améliorant continuellement les performances globales des entreprises et des outils de production. Une définition en cours dans l'aéronautique précise que la productique est « un ensemble de concepts, mis en œuvre par des hommes, supportés par des méthodes, des moyens informatiques et automatiques, qui concourt à assurer simultanément la rentabilité, la qualité et la réactivité de tout ou partie d'un ensemble industriel ».

Actuellement l'intégration de nouvelles fonctions ou de nouveaux outils est devenue une constante dans le management des systèmes industriels. Cette intégration s'effectue d'ailleurs de plus en plus naturellement du fait que les industriels ont développé une véritable culture de l'adaptation. De fait, la productique ne vise plus seulement à l'intégration, mais davantage encore à l'amélioration des performances industrielles.

L'objectif principal du présent mémoire est de proposer une contribution formalisée aux techniques de modélisation d'entreprise. Cette contribution allie aux concepts existants une démarche complète permettant d'établir un lien fort entre la phase de conception d'un système complexe et la phase d'exploitation de ce même système.

Ceci s'inscrit dans un objectif de développement des outils d'aide à la conception des systèmes de production basés, non plus seulement sur des connaissances expertes et des techniques de management de projets, mais également sur une approche par l'évaluation des performances potentielles du système.

L'expérience nous montre que lors de la conception ou de l'amélioration d'un système, les décideurs développent un certain potentiel qui permettra ultérieurement d'atteindre des performances bien précises. Or à ce stade de l'évolution de la structure, ils ne disposent pas toujours des moyens nécessaires pour vérifier l'utilisation optimale de ce potentiel ou même tout simplement de vérifier que les performances dévolues au système seront atteignables au cours de son exploitation.

Nous proposons, par le biais de ce travail de recherche, de répondre à des problèmes liés à la conception des systèmes de production en vue d'une exploitation performante.

Le premier chapitre de ce mémoire s'attache à préciser l'ensemble de la problématique à laquelle nous tenterons de répondre. Celle-ci s'articule autour de deux axes fondamentaux : l'analyse de la cohérence des objectifs au cours de la phase d'exploitation du système d'une part, et, d'autre part l'analyse de la cohérence des objectifs pour le pilotage de l'évolution du système. Ces deux axes trouvent un dénominateur commun au travers d'aspects dynamiques qu'il sera nécessaire d'explicitier.

Pour répondre à cette double problématique, le deuxième chapitre présente une synthèse des travaux réalisés jusqu'à présent sur trois critères bien spécifiques que sont la gestion de l'évolution du système, et la stratégie industrielle qui la supporte d'une part, et l'évaluation des performances en exploitation d'autre part. Un préambule sur la notion de performance est proposé.

Comme nous le verrons, la stratégie industrielle oriente les performances du système de production, aussi bien dans son exploitation que dans son évolution. Nous présenterons différentes méthodes et approches de la stratégie industrielle, ainsi qu'une typologie sur la notion de décision stratégique.

Les principes d'évaluation de la performance du système exploité, et plus particulièrement l'analyse de la cohérence des objectifs qui lui sont assignés seront abordés dans la deuxième partie de ce chapitre. Nous partirons de travaux réalisés au sein de l'équipe GRAI du laboratoire d'Automatique et de Productique de l'Université Bordeaux I et qui ont fait l'objet d'une soutenance de thèse [Ducq, 1999].

Nous poursuivons notre état de l'art par un bilan des travaux sur le domaine de la gestion de l'évolution, et plus particulièrement GRAI Evolution Methodology.

Enfin, nous compléterons ces trois parties par une synthèse sur les concepts de Synchronisation et de co-ordination, indispensables dès lors que l'on souhaite intégrer des aspects dynamiques aux systèmes étudiés.

Le troisième chapitre du mémoire s'attache à proposer un ensemble de concepts à même de résoudre la problématique préalablement posée. Ceux-ci sont regroupés en différentes catégories. Tout d'abord nous proposerons un modèle de référence complet pour l'expression des objectifs de conception. Ce modèle de référence s'appuie sur des définitions précises et assure la traduction de n'importe quel objectif dans une base de référence à déterminer.

Dans le quatrième chapitre, nous développons des concepts liés à la modélisation des systèmes de production. Nous étendrons la notion de processus afin de caractériser tout type de choix de conception. Cette extension doit permettre de représenter n'importe quel état du système. Nous présenterons également l'ensemble des procédures d'agrégation à mettre en œuvre afin de passer d'un niveau de détail des modèles à un niveau de détail plus agrégé ou plus fin de ces mêmes modèles.

Enfin, le dernier chapitre nous permettra de formaliser une démarche complète d'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception, et les moyens nécessaires pour les atteindre. Cette démarche formalisée s'intègre dans la méthode de gestion de l'évolution de la méthodologie GRAI.

La conclusion de ce mémoire, outre un bilan des propositions, présentera les perspectives envisagées pour la suite de ces travaux.





# Chapitre I Du besoin de la cohérence pour la mise en œuvre de la stratégie industrielle

## I.1. Introduction

Ce premier chapitre vise à mettre en valeur quelques problématiques qui constituent des préoccupations permanentes du milieu industriel : l'amélioration constante des performances du système de production, et plus largement de l'entreprise. Cet objectif est la conséquence de la très forte compétitivité existante entre les entreprises. Il est souvent fait référence, dans la littérature, à la « guerre économique », et il s'agit bien plus que d'une simple image. Le jeu des regroupements, la mondialisation, l'émergence toujours plus rapide des nouvelles technologies ou de besoins-clients nouveaux ne font qu'accroître les confrontations directes entre les entreprises. Celles-ci ont alors très peu de solutions pour survivre et il faut être plus fort que les concurrents (« Best practices », « World Class Manufacturing »).

Ce renforcement de la position sur les marchés, souvent décrit par le concept d'Avantage Concurrentiel [Porter, 1986], passe par un certain nombre d'actions dont notamment la mise en œuvre de stratégies industrielles efficaces.

Dans cette optique, nous décrirons, dans un premier temps, les finalités de l'entreprise. Il est nécessaire de mettre en œuvre un certain nombre de fonctions que nous décrirons. Sur la base de ces premières réflexions, nous présenterons également les principes de pilotage des systèmes de production couramment admis. Enfin, pour compléter, nous aborderons les aspects, plus spécifiques, de l'évaluation des performances de la dite structure.

Dans un deuxième temps, nous décrirons brièvement les grandes évolutions des stratégies du système de production et d'évolution du système. Le but, ici, est donc de clairement positionner la suite des travaux dans un contexte de gestion de l'évolution du système, dans le cadre d'une stratégie d'entreprise précise. Nous présenterons le cas de deux exemples majeurs actuels : l'externalisation et les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

Enfin, la troisième partie de ce chapitre posera les questions relatives à la mise en œuvre d'une gestion de l'évolution efficace, c'est-à-dire tenant compte de l'état réel du système afin de l'amener à réaliser les performances attendues : celles qui lui conféreront les avantages concurrentiels définis. Nous verrons alors quels problèmes les décideurs sont amenés à résoudre lors du management du changement : problèmes en termes de dynamique des systèmes, d'évaluation des performances a priori, de caractérisation des états du système, de cohérence entre les objectifs à atteindre, les objectifs possibles, et les objectifs actuels du système. Tous ces aspects participent donc de la problématique du travail que nous proposons.

## I.2. Le système de production

### I.2.1. Finalité

Le système de production au sens où nous l'entendons n'est qu'un sous-ensemble d'une entité plus grande : l'entreprise pour laquelle on définit des finalités multiples ; nous retiendrons notamment qu'elle remplit un rôle économique, mais également social et humain. Parmi ces trois points, l'aspect économique a très souvent pris le pas sur les deux autres.

Dans ce contexte là, le système de production vise à remplir la fonction « Métier » de l'entreprise, c'est-à-dire, l'ensemble des activités que l'entreprise se charge d'effectuer pour satisfaire les besoins d'un client, ou éventuellement d'un partenaire. Pour assumer ce rôle de fournisseur de solutions, il met en œuvre un ensemble de ressources, humaines et techniques, qui vont apporter de la valeur aux flux des produits transformés tout au long du processus de génération. Il faut noter que ces solutions peuvent être physiques pour les secteurs manufacturiers, mais également de type Services pour d'autres secteurs tels les secteurs bancaires ou hospitaliers [Doumeingts, 1994].

Autour du système de production, nous retrouvons les grandes fonctions classiques de toutes les organisations contemporaines :

1. Le commercial et le marketing,
2. Les ressources humaines,
3. La recherche et le développement,
4. La direction générale,
5. Les achats,
6. La comptabilité,
7. ....

Il est possible de trouver un certain nombre d'autres fonctions suivant les particularités de l'entreprise considérée comme la maintenance, la qualité...

Bien sûr, il ne faut pas oublier le dernier maillon de l'entreprise : le client. Sans client, pas de production. Il s'agit là du seul consensus réel en termes de performance industrielle en milieu concurrentiel : il faut satisfaire le client.

Il peut être intéressant d'utiliser des méthodes dites de modélisation d'entreprise pour représenter le système sous différents points de vue. Afin d'améliorer la commande de ces systèmes et de pouvoir y effectuer un certain nombre d'applications On peut citer notamment : CIMOSA [Vernadat, 1993], PERA [Williams, 1992], GRAI [Doumeingts, 1984] pour une modélisation complète des systèmes de production. Ces méthodes sont les plus connues dans ce domaine. Il existe également de nombreux outils et méthodes propres à la modélisation d'aspects particuliers de l'entreprise, telles [IMPACS, 1992] pour la modélisation stratégique, les théories des graphes (réseau de

Petri, Simulation [Bel, 1985]) pour la modélisation des ateliers (système physique de production).

### I.2.2. Principes de conduite

A partir des travaux de [Simon, 1960] [Simon, 1977] sur la théorie de la décision, de [Mélese, 1972] et [Le Moigne, 1972] sur la systémique, de [Giard, 1988] sur la gestion de production et de [Mintsberg, 1984] sur les organisations, les travaux développés par le groupe de recherche GRAI du Laboratoire d'Automatique et de Productique de l'Université Bordeaux I [Doumeingts, 1998] ont conduit à développer le Modèle GRAI qui décompose le système de production en trois sous-systèmes : le système physique, le système d'information et le système de décision.

Le **système Physique** décrit les transformations qui ont cours sur le flux de matière ou d'information qui le traverse. Il décrit également les ressources nécessaires à ces transformations. Ce flux trouve son origine chez le fournisseur ou chez le client, et aboutit au client émetteur du besoin. C'est généralement le besoin du client qui déclenche la réalisation des activités physiques: le processus physique part donc du client pour revenir au client.

Le **système décisionnel** transmet au système physique les ordres, les résultats à atteindre, les commandes à réaliser... par le biais de nombreux traitements, et de nombreuses prises de décisions intermédiaires. Ces décisions peuvent être catégorisées en fonction de leur nature (stratégiques, tactiques ou opérationnelles). Dans cette optique de classification, on note que la fonction de planification est primordiale puisqu'elle assure la disponibilité simultanée des ressources et des produits à transformer. Elle a donc un double rôle de *synchronisation* entre les décisions de différentes fonctions, et de *coordination* entre des décisions de nature différente.

Le **système d'information**, collecte, stocke, met en forme et distribue les informations nécessaires à la prise des décisions et à la réalisation des activités physiques du système de production.

Ces trois systèmes inter-agissent de manière cybernétique : on retrouve une structure de type « boîte noire » qui réalise une activité en fonction d'une consigne émise par un organe de régulation (figure 1.1). La mise en œuvre des capteurs assure la correction des trajectoires du système piloté.

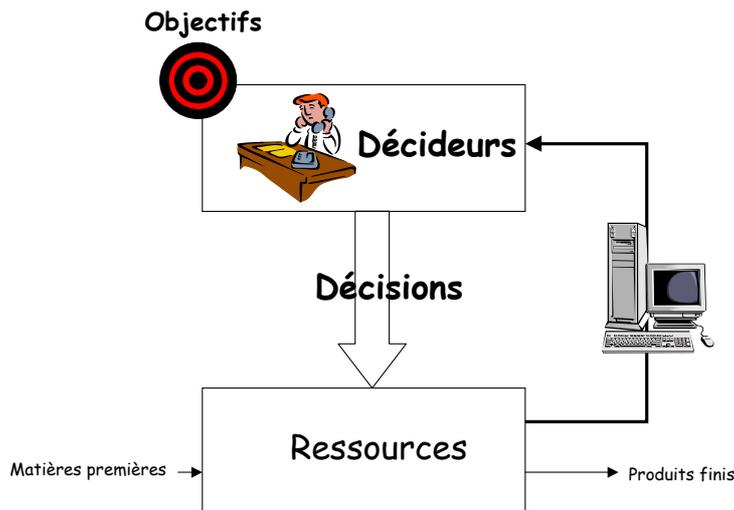


Figure 1.1 : Principes de pilotage du système de production

On peut définir dans la structure décisionnelle des Cadres de Décision (au sens GRAI du terme) qui fournissent aux activités pilotées, ses objectifs d'exploitation, les Variables de Décision permettant d'atteindre les objectifs, les Critères nécessaires aux choix parmi ces différentes Variables, et enfin les Contraintes qui limitent l'action des Variables.

La conduite du système de production se décline sur plusieurs niveaux, où l'on retrouve le niveau opératoire (souvent appelé système d'exploitation) pour le pilotage en temps réel des activités physiques. Ce niveau est à l'interface du système physique et du système de conduite à proprement parler. Il assure la mise en œuvre opérationnelle des activités permettant d'atteindre les objectifs de l'entreprise.

### I.2.3. Les performances du système de production

Comme nous l'avons vu, le pilotage d'une activité physique passe par la transmission des ordres et des décisions : de la sorte, on permet l'atteinte des objectifs globaux assignés au système. Cette notion même d'Objectif induit le concept de Performance. Le travail de recherche que nous proposons ici mêle étroitement ces deux concepts.

Lorino [ECOSIP, 1999] définit la performance comme la volonté de réaliser les objectifs assignés au système de production. On retrouve derrière cette approche l'ensemble des concepts lié à l'efficacité ou encore à l'efficience d'actions particulières. Une des évidences qui découle de cette définition concerne la mesure de la dite performance. La notion de performance suppose en effet de la part des observateurs la capacité à évaluer les résultats dans un référentiel commun et signifiant. Lorino précise que les performances d'un système de production doivent être définies par la stratégie industrielle et de fait se doivent d'être déployées sur l'ensemble de la structure de production.

La difficulté majeure induite par la nécessité de déployer la performance vient notamment du fait que la somme des performances locales n'induit pas nécessairement l'atteinte des performances globales. Ceci est essentiellement lié d'une part, au système

piloté (théorie des systèmes), d'autre part, aux natures très différentes des performances possibles.

Nous distinguons classiquement deux types de performance, la performance interne relative à l'intérêt économique de l'entreprise, et la performance externe orientée vers la satisfaction du client. Chacune d'elles est mesurée par le biais d'indicateurs relatifs à quelques domaines de performance spécifiques (flexibilité, réactivité, part de marché...). Cette classification est retranscrite sur le diagramme de causalité (figure 1.2) inspiré de [Mc Beth, 1993]

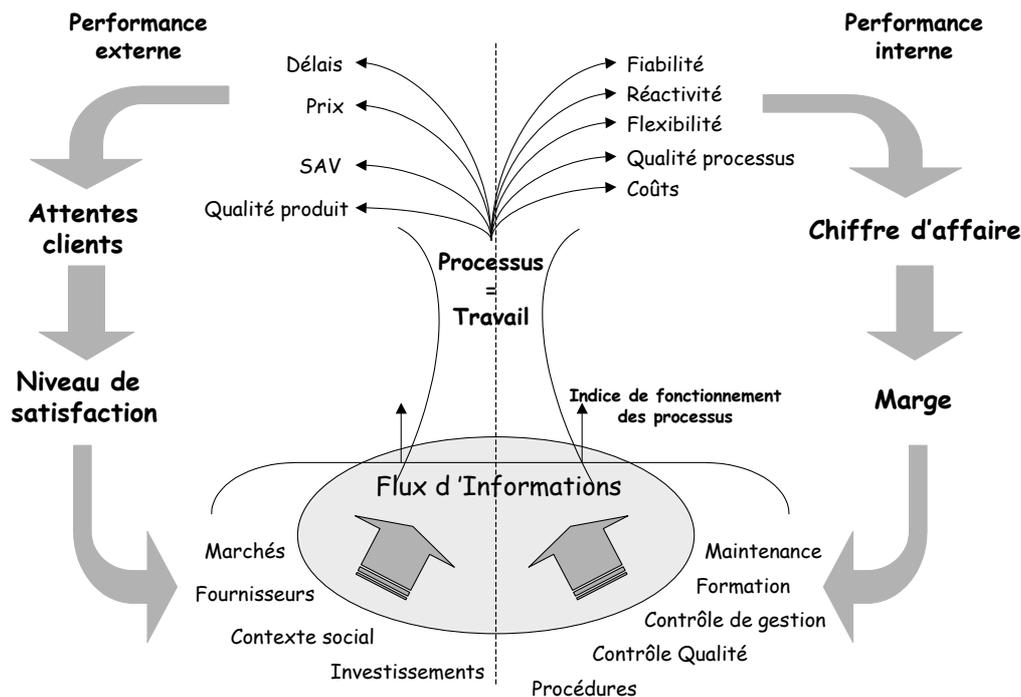


Figure 1.2 : Performance du système de production

La difficulté majeure à surmonter reste encore la mesure de l'ensemble des performances. Cette mesure doit être pertinente au regard des objectifs réels visés par l'entreprise. Elle doit être également cohérente vis-à-vis des actions engagées, c'est-à-dire que la mesure doit effectivement varier lorsque des décisions sont prises. Ces deux aspects montrent la très grande importance des indicateurs de performance pour la structure de production. Ceux-ci doivent être déployés et considérés comme un système à manager à part entière. Il faut noter l'existence de nombreuses méthodes d'analyse et de conception des systèmes d'indicateurs de performance. L'une des plus utilisée actuellement est Balanced Scorecare [Kaplan, 1992]. On retrouve également quelques méthodes classiques issues des sciences de gestion telles ABC ou ABM [Chauvey, 1996]. La productique pour sa part a mis à disposition des managers des méthodes basées sur des modélisations pragmatiques des systèmes de production s'appuyant sur des outils mathématiques comme la logique floue [Berrah, 1998] ou encore l'analyse multicritères ECOGRAI [Bitton, 1990] et [Ducq, 1999].

Comme nous venons de définir le concept de système de production (finalités, principes de pilotage et performances associés), il convient de préciser davantage le

contexte au sein duquel il est amené à évoluer. Ce contexte est décrit par la stratégie industrielle afin d'en déduire les plans nécessaires à la bonne gestion de l'ensemble de la structure. Ces aspects font l'objet du chapitre suivant.

### **I.3. Vers une gestion efficace de l'évolution du système de production**

#### **I.3.1. Principes de base de la gestion de l'évolution**

##### **I.3.1.1. L'évolution des principes stratégiques**

Comme nous l'avons signifié précédemment, l'objectif principal d'une entreprise est de créer, développer puis maintenir un ou plusieurs avantages compétitifs : la génération d'une marge bénéficiaire assure une gestion cohérente de l'entreprise. Pendant longtemps, le choix a paru simple : il s'agissait de dominer son marché soit par les coûts, soit par une politique de différenciation. C'était alors la caractéristique récurrente d'un marché où l'offre était largement supérieure à la demande.

Taillardat P. [Taillardat, 2000], Directeur de Mission d'Ernst & Young Corporate Finance, précise que cette logique, propre à un univers clos, met en scène des acteurs agités par une rivalité concurrentielle qui tend vers la stabilité. Ce modèle est caduque pour des pans entiers de notre économie. En effet, on assiste aujourd'hui à des mouvements stratégiques dont la logique diffère des règles de fonctionnement de l'ancien système. Ces mouvements donnent naissance à des modèles de développement mieux adaptés aux besoins nouveaux et changeants des consommateurs : le e-business en est une illustration.

En outre, le jeu est compliqué par la soudaineté, voire la brutalité, avec laquelle ces modèles s'imposent dans leur marché respectif - variations boursières, fusions et regroupements ... Ces phénomènes obéissent à des règles bien définies mais intègrent de nombreux paramètres qui complexifient les prévisions. Les avantages compétitifs, s'ils sont aisés à générer pour qui sait anticiper, sont alors plus difficiles à maintenir : les positions concurrentielles deviennent plus fluides.

Les entreprises doivent apprendre à changer régulièrement leur modèle de développement. Pour être efficace, le processus d'analyse se doit alors d'être intériorisé par les dirigeants afin qu'il soit conduit de manière permanente dans toute l'organisation : c'est le principe récent de l'organisation apprenante. Les facultés d'anticipation et d'adaptation rapide de la totalité de la structure sont désormais indispensables. Toutefois il convient d'aller bien plus loin : rapidité, flexibilité, expérimentation sont autant de facteurs-clés du succès.

Dans cet esprit d'évolution permanente, la stratégie industrielle suit quelques orientations récurrentes, parmi lesquelles nous retrouvons les principes d'externalisation (outsourcing), d'entreprise étendue ou encore d'implantation de nouvelles technologies que nous reprenons ci-après. Il existe également d'autres orientations telles par exemple les stratégies de regroupement, ou encore de mise en œuvre de démarches de type « Supply Chain Management ».

### I.3.1.2. Exemple de l'externalisation

Nous allons dans ce premier exemple identifier les raisons principales qui amènent les entreprises à sous-traiter (on parle alors d'externalisation) une partie des fonctions qu'elles gèrent usuellement pour réaliser leurs activités.

Tenues de réduire leurs coûts et d'optimiser leurs performances, de nombreuses entreprises se recentrent sur leur métier de base (core-business) - la production ou simplement la conception - et externalisent les fonctions qui ne sont pas vitales (en principe) pour leur développement.

Ce phénomène d'externalisation a débuté par les services généraux : le gardiennage, le transport, l'archivage... Il se poursuit dorénavant avec des fonctions à forte valeur ajoutée, tels les services informatiques, la conception. Toutefois l'externalisation n'est pas sans risque. Aussi toute démarche d'externalisation doit-elle s'accompagner de garanties sérieuses : études préalables, appels d'offres, contrats détaillés, suivi rigoureux... « au delà de l'économie réalisée, l'objectif de ces sociétés est avant tout d'atteindre un haut niveau d'excellence qu'elles ne pourraient atteindre en conservant ces métiers en interne » [Alary-Grall, 1999].

La démarche nécessite en premier lieu de bien distinguer les fonctions dites périphériques des fonctions-métier de l'entreprise.

Pour identifier ces processus de création de valeur, une vision claire des différentes fonctions de l'entreprise et l'élaboration d'un plan stratégique sont nécessaires. Il faut faire la distinction entre les activités stratégiques, les activités non stratégiques mais profitables, et enfin, les activités secondaires ou à valeur ajoutée négative, pour lesquelles une gestion extérieure peut être envisagée. Plusieurs solutions existent : opérer une réorganisation en interne, sous-traiter, vendre, filialiser ou externaliser une ou plusieurs activités. Dans ce dernier cas, ne pas oublier de prendre en compte les économies d'échelle, mesurer la valeur exacte des compétences internes par rapport à la concurrence et au marché et identifier clairement les risques de prise de contrôle externe lorsqu'il s'agit de fonctions vitales.

Comme nous l'avons dit, l'externalisation ne s'effectue pas forcément sans risque, puisqu'elle peut entraîner une certaine perte de savoir-faire dans des domaines connexes du métier de l'entreprise. Une fois les activités périphériques identifiées, il reste à se concentrer sur les processus créateurs de valeur. Néanmoins il est très difficile d'évaluer, au long terme, l'impact réel de l'externalisation, cet aspect rend donc d'autant plus complexe le choix des solutions de conception pour la mise en œuvre du projet.

Un certain nombre de travaux a porté sur l'aide à la décision dans ce domaine parmi lesquels nous pouvons citer [vallespir, 2001].

### I.3.1.3. Exemple des nouvelles technologies

Le deuxième exemple que nous traitons ici concerne les nouvelles technologies. Un consensus assez général reconnaît volontiers que les « Nouvelles Technologies de

l'Information et de la Communication » (NTIC) peuvent contribuer à l'amélioration de la compétitivité industrielle. Actuellement, elles sont souvent au cœur du développement des entreprises :

1. Il semble par exemple que l'impact des NTIC sur la productivité soit confirmé : ceux-ci concernent notamment la fabrication des matériels informatiques. Mais également, dans d'autres secteurs industriels, les travaux les plus récents soulignent des gains appréciables de compétitivité.
2. Les NTIC à l'amélioration de la chaîne logistique (au sens large). Cette amélioration de la compétitivité est très importante : flexibilité et qualité accrues, réduction des stocks et des délais... Pour être efficace, l'investissement en NTIC nécessite toutefois d'importants changements organisationnels : transversalité et autonomie des équipes, réduction de la hiérarchie, mises en réseaux internes et externes, interactivité...

Les industriels consultés soulignent tous le caractère important des NTIC :

- Ils permettent d'offrir de nouveaux services aux clients : cette différenciation des produits par les services associés entraîne une migration de l'industrie vers les services pouvant aller, à l'extrême, jusqu'à externaliser le produit industriel lui-même. Ici, nous rejoignons les préoccupations présentées précédemment.

- Il faut intégrer les projets au cœur de l'entreprise et les adapter en permanence. La réussite des projets NTIC exige la constitution d'équipes techniques intégrant les gestionnaires, une association de l'ensemble du personnel et une forte implication du chef d'entreprise.

- La réorganisation de la gestion interne a été la première mise en oeuvre. Elle assure le fonctionnement en temps réel de l'entreprise et améliore sa visibilité (progiciels intégrés de gestion, intranet...). Le commerce « Business to Business » (relation client - fournisseurs) vient dans une deuxième étape. Il faut noter que l'extranet reste en retrait, freiné par les outils existants.

Les différentes études menées montrent que la véritable sanction est celle du marché. Le retour sur investissement reste difficile à mesurer. Les progrès sont qualitatifs et portent sur la flexibilité, les délais, la qualité des produits, la réduction des immobilisations et des stocks, la gestion de l'information... le tout simultanément et bien entendu à des degrés divers [Honoré, 2000].

Ce deuxième exemple montre encore une fois la difficulté d'anticiper sur les choix de conception à mettre en oeuvre, et sur leur impact effectif sur le système de production. Ceci vient corroborer notre première analyse sur l'externalisation : jusqu'où est-il raisonnable d'investir, et quel sera réellement le gain en termes de potentiel, sur le système de production ?

Il faut donc largement relativiser la valeur ajoutée des NTIC qui restent indissociables de l'organisation de l'entreprise.

### I.3.2. Problèmes de dynamique des systèmes

Les deux exemples précédents, outre les problématiques liées à l'évaluation de l'impact des choix stratégiques, mettent en valeur des problèmes plus profonds.

Ainsi, il est particulièrement intéressant de noter l'existence de deux gestions distinctes associées à un même système de production : d'une part la gestion du système en évolution dont les performances doivent tendre vers des performances identifiées par la stratégie industrielle, et d'autre part les performances attendues « au quotidien » au cours de l'exploitation. Le système est piloté par des dynamiques de gestion très différentes.

Ainsi, les deux exemples précédents montrent que lors de l'implantation des solutions pour réaliser une externalisation ou mettre en place des NTIC, il n'existe a priori aucune indication pour renseigner sur l'efficacité future des choix réalisés. L'inertie du système constitue un frein aux tentatives de projection des résultats sur les niveaux de performances réels du futur système. Or l'anticipation dans ce domaine est primordiale pour qui veut exploiter son outil de production et, malgré tout, le faire évoluer vers les meilleures positions concurrentielles.

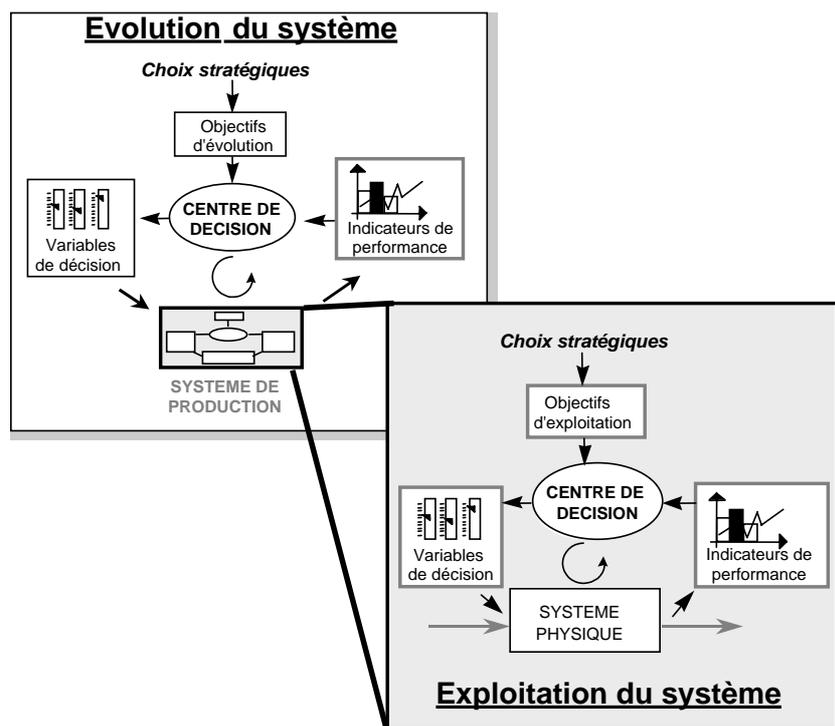


Figure 1.3 : Dynamique d'exploitation et dynamique d'évolution

La figure 1.3 [Ducq, 2000] met en valeur les caractéristiques essentielles pour le pilotage de l'évolution du système. Le cadre supérieur gauche représente le modèle de référence de la prise de décision en conception. Par rapport à des objectifs d'évolution identifiés, le centre de décision assure de mettre en œuvre des variables de décision afin de réaliser les objectifs précédents. Le système de production est donc modifié en tout ou partie pour répondre à la stratégie d'évolution. Le pilotage du système,

représenté dans le cadre inférieur droit de la figure, est réalisé de la même façon que précédemment. Le modèle ainsi proposé est complètement récursif.

Nous partons donc du principe que les attributs pour la prise de décision en conception sont identiques à ceux de la prise de décision en exploitation. Ultérieurement, il conviendra de définir parfaitement les concepts de Variables de Décision, de Critères, de Contraintes et bien sûr d'Objectifs dans le domaine de la conception.

### **I.3.3. De la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation.**

Lors de restructuration au sein des entreprises, nous constatons très souvent que les projets menés, sur la base des stratégies industrielles définies, n'assurent pas toujours l'atteinte des résultats escomptés, et même lorsque ceux-ci sont atteints, ils ne le sont pas forcément avec le degré de réussite voulu. Comme nous l'avons précisé, ceci est en partie dû aux difficultés d'évaluation par anticipation de l'impact des choix de conception. Des études réalisées par [INSEE, 2000] montrent notamment que les restructurations menées ces 20 dernières années dans les sociétés de plus de 100 personnes, si elles ont généré des gains directs appréciables de productivité, ont essentiellement abouti à des plans sociaux drastiques dont l'apport en termes de bénéfice global est contestable, y compris sur le plan économique. Une sorte d'aveu d'impuissance en quelque sorte au regard de l'ensemble des autres solutions possibles.

Nous constatons donc qu'une des causes principales d'échecs se trouve être l'absence d'outils formalisés et de méthodes pour aider à concevoir des solutions cohérentes avec la stratégie recherchée, mais également cohérentes avec les moyens mis à disposition pour les réaliser. De plus, il n'existe pas non plus d'outils pour s'assurer que les projets d'évolution de la structure soient compatibles avec son potentiel réel.

Brénot et Tuvé [Brénot, 1996] rappellent « *qu'un choix de changement tient à son intégration de façon cohérente et stratégiquement justifiable pour la pérennité de l'entreprise. C'est pourquoi le point initial doit être le respect du concept d'alignement, c'est-à-dire de conformité aux besoins et ressources qu'impose la pratique de l'activité* ». En 1990, le cabinet conseil d'Ernst et Young a montré, au cours d'une étude réalisée sur une centaine d'entreprises anglaises, que seulement 2 sur 86 d'entre elles satisfaisaient à ce concept d'alignement au cours de leur période de changement.

La gestion de l'évolution induit donc des problèmes complexes dans l'approche de la conduite industrielle [Kromm, 2000]. Ainsi, les décideurs doivent se positionner en permanence entre l'exploitation du système et sa restructuration. Or ces restructurations entraînent des modifications à la fois dans le pilotage du système mais également dans son comportement dynamique.

L'évolution de l'entreprise se définit alors comme une problématique à part entière de la gestion industrielle. Elle est mise en œuvre, en cours d'exploitation par la stratégie de l'entreprise. Cette dernière établit d'une part les objectifs d'exploitation stratégiques et les objectifs globaux et d'autre part les objectifs d'évolution de l'entreprise. Les

objectifs d'évolution permettront de définir à leur tour les objectifs de conception à réaliser. La figure 1.4 fait apparaître la double finalité de la stratégie industrielle et, de fait, la difficulté à piloter le système de production de façon cohérente lorsque simultanément ce dernier est modifié par des décisions stratégiques. La stratégie d'entreprise est donc la garantie de la cohérence dans le pilotage du système et dans son évolution [Kleinhans, 1999].

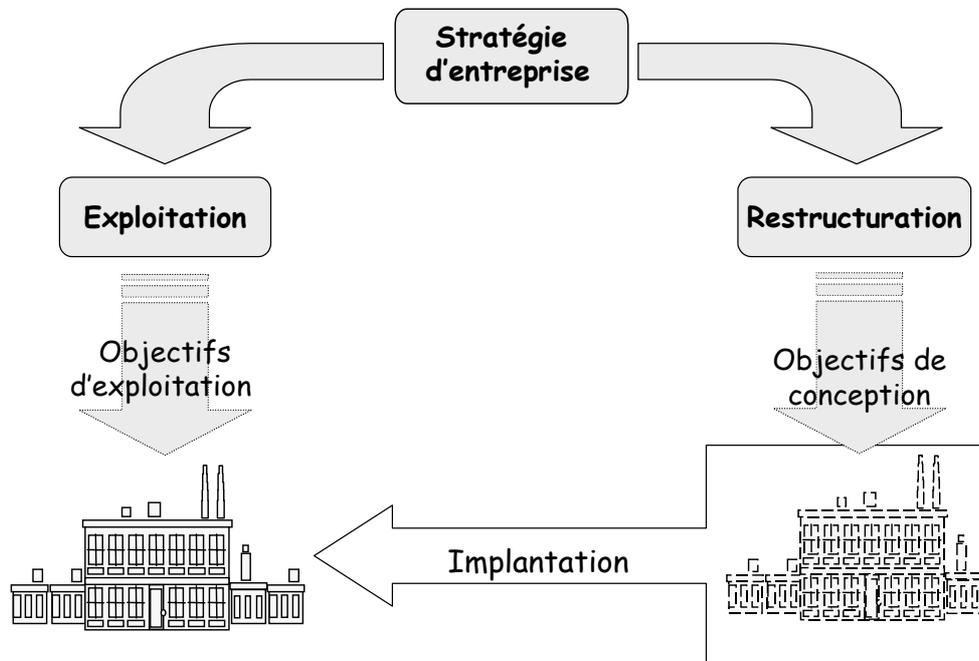


Figure 1.4 : Stratégie et évolution

Dans le cas le plus général, l'objectif de conception induit donc des modifications structurelles du système de production. Cette dernière remarque est étayée par les deux exemples précédents. Il est donc très important de considérer les deux phases comme simultanées et de les traiter comme telles.

Pour répondre à cette problématique de gestion du système, il faut :

1. connaître l'état du système en termes de performances. Il ne s'agit pas là de connaître seulement ses performances d'exploitation, mais plus encore son potentiel,
2. associer aux choix de conception, l'impact a priori qu'ils auront sur le potentiel précédemment évalué,
3. s'assurer de la faisabilité des projets de conception à mettre en œuvre,
4. s'assurer que les choix de conception, et par extension les projets auxquels ils répondent, sont cohérents avec la stratégie globale de l'entreprise,

Ces quatre points induisent trois orientations majeures pour la suite de ces travaux :

1. la première concerne l'évaluation des performances et l'analyse de la cohérence dans les objectifs au cours de la phase d'exploitation du système,
2. la deuxième traite de l'évaluation des performances associées aux objectifs de conception à réaliser, et les outils d'évaluation associés,

3. enfin, la troisième, nous amènera à intégrer les outils précédents dans un cadre plus général de gestion de l'évolution des systèmes de production. Ce cadre doit tenir compte des contraintes d'exploitation du système et de la stratégie qui lui sont associées.

#### I.4. Conclusions

Les besoins que nous avons relevés quant à l'analyse de la cohérence sont directement issus des contextes économiques et industriels actuels. Nous avons dégagé au travers de deux exemples, quelles pouvaient être les implications de la mise en œuvre de choix stratégiques, et surtout de leurs échecs.

De la sorte nous avons pu déduire les grandes orientations de la thèse que nous présentons ici, et le cadre au sein duquel elles prennent corps. Nous les résumons sur le schéma suivant (figure 1.5) :

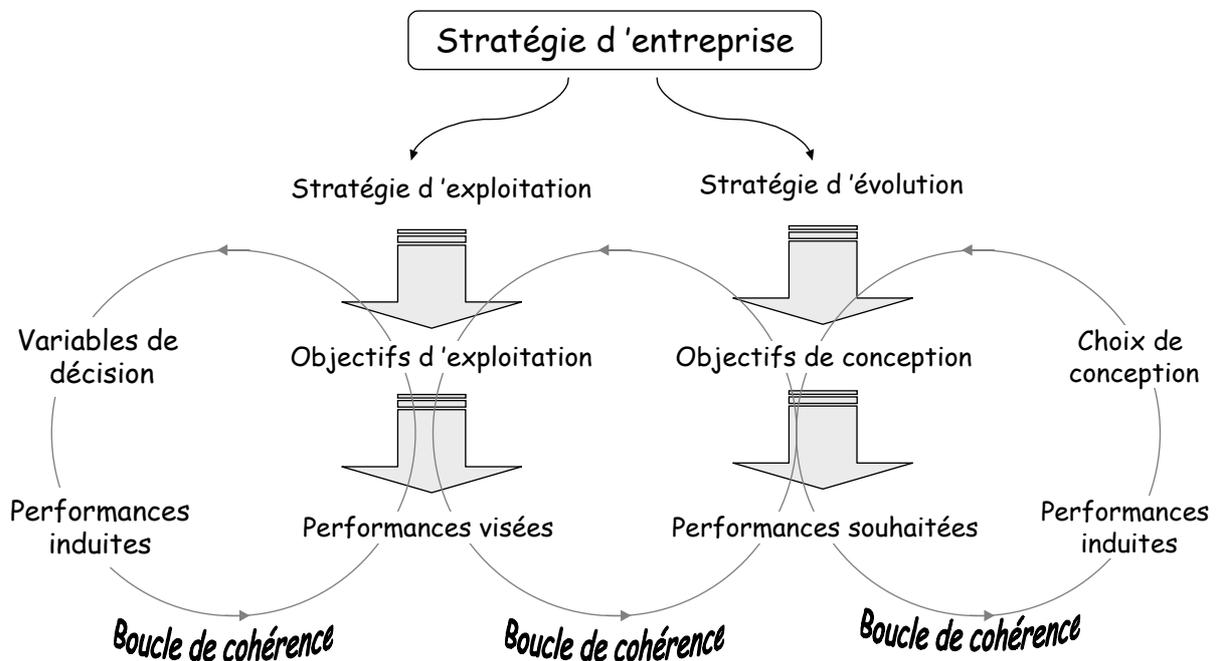


Figure 1.5 : Analyses de cohérence principales

On retrouve donc les analyses de cohérence, ici sous forme de boucles :

1. Entre les objectifs d'exploitation,
2. Entre les objectifs de conception,
3. Entre les objectifs d'exploitation et les Variables de Décision,
4. Entre les objectifs de conception et les choix de conception.
5. Entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation.

Sachant que 1 et 3 ont déjà été traités dans les travaux de [Ducq, 1999]. Nous repartirons donc de ses travaux pour répondre aux points 2, 4 et surtout 5. Ces travaux s'intégreront ensuite dans une démarche plus globale de gestion de l'évolution des systèmes de production. Pour parvenir à de tels résultats il conviendra donc de proposer des outils permettant de représenter tous les états du système indépendamment du

point de vue considéré, afin de construire un référentiel commun pour l'expression de la performance tant en conception qu'en exploitation. Ceci suppose également que l'on soit capable de passer outre les problèmes engendrés par les différences de dynamiques entre ces deux phases du cycle de vie du système de production.



## Chapitre II Etat de l'art

### II.1. Introduction

La nécessité d'adapter continuellement l'outil de production aux besoins du marché apparaît très clairement suite aux exemples que nous avons présentés au cours du chapitre I. Afin d'atteindre un niveau élevé de flexibilité sur l'ensemble du système de production (ce qui sous-entend non seulement les processus de production, mais également la structure qui les met en œuvre), les managers doivent utiliser des d'outils et des méthodes qui facilitent la gestion globale de l'évolution du système.

En fait, l'analyse de l'existant théorique en matière de méthodes de management de l'évolution fait rejaillir deux grandes orientations :

1. A un niveau opérationnel, la mise en œuvre de méthodes spécifiques ou d'outils pour la gestion de l'évolution à proprement parler : benchmarking, Kaizen, apprentissage organisationnel...
2. A un niveau stratégique, la mise en œuvre d'outils d'aide à l'élaboration stratégique pour faciliter le pilotage du système sur des horizons plus longs, et plus en adéquation avec les besoins du marché : Skinner, Hayes & Wheelwright, ou encore Mintzberg pour la stratégie des organisations...

Comme le présent mémoire s'inscrit largement dans le prolongement des travaux réalisés antérieurement au groupe GRAI du Laboratoire d'Automatique et de Productique de l'Université Bordeaux I, notre état de l'art ciblera donc trois domaines bien précis : la stratégie industrielle [Kleinhans, 1999], la gestion de l'évolution [Malhéné, 2000] et l'analyse de cohérence des objectifs d'exploitation [Ducq, 1999]. Néanmoins, nous actualiserons cet état de l'art en analysant les travaux récents sur le sujet.

Dans un premier temps, nous décrivons des outils méthodologiques dont la vocation est de formuler et mettre en œuvre des plans stratégiques pour l'entreprise. Nous ramènerons cette présentation à la notion de performance industrielle que nous aurons décrite au préalable.

Nous présenterons dans une deuxième partie les travaux réalisés sur l'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs d'exploitation. Cette partie se situe également au cœur des thématiques liées à la performance industrielle.

Enfin, nous verrons comment les décideurs peuvent gérer l'évolution du système de production et plus largement l'évolution de l'organisation en appliquant des méthodes opérationnelles spécifiques comme le Kaizen ou l'apprentissage organisationnel. Nous détaillerons plus largement l'une des dernières méthodes développées : GRAI Evolution Methodology (GEM) dont les concepts de base s'appuient sur les méthodes précédentes.

Nous concluons cet état de l'art par une synthèse objective et un bilan des pistes de recherche possibles.

## II.2. La Performance industrielle

### II.2.1. Notion de performance des entreprises

Les économies vivent une période de grand changement. De fait, elles connaissent en ce début de siècle des mutations rapides : aucun domaine n'échappe au changement, créant ainsi des interactions multiples.

Les modes de production devenant plus complexes, des organisations dites de "dialogue" faisant largement place à la communication et aux échanges, internes et externes apparaissent au côté des organisations séquentielles [Barraux, 1997]. Dans ces nouvelles données, l'information est interactive et elle s'impose comme un outil central de la compétitivité.

De nouvelles règles d'organisation et de gestion favorisent donc la constitution de maillages complexes et multiples entre les agents économiques. L'entreprise s'organise en réseau et stabilise(ou cherche à stabiliser) ainsi ses relations avec ses partenaires. Dans cette économie "relationnelle" **la valeur ajoutée ne provient plus seulement de la mise en oeuvre de processus de production mais également de la mise en oeuvre de relations entre des acteurs économiques.**

Ce contexte impose aux entreprises une grande réactivité et une approche globale des processus techniques, organisationnels et financiers. Les entreprises, pour survivre, doivent savoir créer de la valeur simultanément pour leurs clients, leurs actionnaires et leurs salariés. Une grille de la performance se profile qui s'articule autour de rentabilité économique, rentabilité financière, investissements et R&D et formation, démarche qualité et information financière des actionnaires.

Cette situation mérite donc à une évaluation globale de la performance industrielle, performance qui, d'ores et déjà, fait apparaître trois niveaux d'évaluation.

#### ***Un niveau physique pour la recherche de la productivité***

La nouveauté est que l'on tend désormais à ne plus s'en tenir à la seule productivité apparente du travail pour tendre vers la productivité globale des facteurs, tournée non seulement vers la création mais aussi vers la répartition de la valeur créée.

#### ***Un niveau marchand, celui de la recherche de la compétitivité***

On passe d'une situation de "marché des vendeurs" à la situation de "marché des acheteurs", ce qui signifie que la performance s'évalue aussi bien intrinsèquement qu'extrinsèquement à l'entreprise. Prendre la mesure des nouvelles conditions de production et du marché signifie faire la distinction entre compétitivité prix et compétitivité hors prix.

#### ***Un niveau financier, celui de la recherche de la rentabilité***

À partir de ces éléments de réflexion, il apparaît que la rentabilité est conditionnée par la productivité du travail, du capital et par la compétitivité. Les liaisons fonctionnelles entre ces ratios sont portées par des stratégies spécifiques de formation de la rentabilité. Cette dernière dépend alors étroitement du type d'environnement

dans lequel sont insérées les entreprises et des modes d'organisation qu'elles mettent en oeuvre pour gérer celui-ci.

### **La performance globale**

Les résultats des entreprises sont à apprécier au regard de leurs externalités (négatives ou positives) sur la société. Cela implique une évolution sociétale de la performance industrielle.

Cette approche de la performance induit tout naturellement la nécessité de dépasser la dichotomie entre Economique et Social. Il faut mettre en regard l'évaluation des entreprises orientée vers la production de biens et de services et l'évolution de la société tournée vers le bien être individuel et collectif.

Toutes ces remarques montrent à quel point la notion même de Performance Industrielle s'est complexifiée au cours des années pour devenir le reflet d'une certaine évolution. De fait, il est extrêmement important pour nos travaux de définir le concept de performance industrielle.

## **II.2.2. Définitions admises de la Performance Industrielle**

### II.2.2.1. Du point de vue du système de production

D'un point de vue strictement étymologique, Performance signifie accomplir (*parfarmer* en vieux français). La notion de performance peut donc se définir comme le bilan d'une action [Bescos, 1999]. Classiquement, on peut retenir pour le terme de performance l'action, le résultat de l'action, et dans un tout autre genre, l'exploit (lié à un résultat exceptionnel).

Dans le contexte qui nous touche plus particulièrement, la notion de performance est étroitement liée à la notion de résultats. [Lebas, 1995] va jusqu'à dire que la notion de performance n'existe pas en elle-même, mais qu'elle se définit par une vision spécifique de certaines informations perçues dans un contexte décisionnel bien précis.

Pour [Lorino, 1997], « ...Est performance dans l'entreprise tout ce qui, et seulement ce qui contribue à atteindre les objectifs stratégiques... » et « ...Est donc performance dans l'entreprise tout ce qui, et seulement ce qui, contribue à améliorer le couple valeur-coût ».

Cette vision est toutefois très « comptable », nous lui préférerons une approche moins restrictive. [Gallois, 2000] propose d'étendre le triangle QCD (Qualité, Coût, Délai) classique, à un pentagone en ajoutant deux sommets : Environnement et Agilité :

- ✓ Environnement car il s'agit d'une composante de plus en plus importante de notre vie et que sa prise en compte dans nos industries amène à repenser les processus de production et le produit qu'ils génèrent,
- ✓ Agilité pour les hommes (duale de l'adaptabilité des systèmes de production) qui élargit le débat de la seule flexibilité, dont la perception est souvent négative dans l'inconscient collectif.

Au cœur de ce pentagone se retrouve le client, tout à la fois partenaire, et fournisseur. Sa satisfaction passe par la mise en œuvre d'un moteur possédant la maîtrise du temps, la maîtrise de la qualité et enfin la maîtrise de la productivité. Dans cette optique, il est possible de ré-appliquer les différents principes de gestion : TQC (Total Quality Control), JAT (Juste à Temps, TPM (Total Productive Maintenance).

Finalement l'entreprise performante d'aujourd'hui (et de demain plus sûrement encore) balance continuellement entre l'artisanat (maîtrise d'œuvre et de compétence) et l'industrie de série (reproductibilité, rationalisme et précision).

Toutes ces propositions induisent naturellement la notion de mesure, et par voie de conséquence, celle d'indicateurs. Comment mesurer la performance, quels indicateurs utiliser, quelle cohérence entre les mesures effectuées et les performances réelles du système ? Autant de questions auxquelles il n'est pas toujours aisé de répondre.

Deux options peuvent se dégager pour la mesure de la performance du système industriel : la mesure de sa performance réelle relativement au pentagone précédent, ou alors la mesure de sa non performance relativement à des critères particuliers. [Gallois, 2000] propose sept famille d'anti flux causes de non performance vis-à-vis du client :

- ✓ la fragmentation qui rallonge les processus de transformation et de décision,
- ✓ les activités inutiles car non créatrices de valeur pour le client,
- ✓ la non fluidité du produit résultat de trop de niveaux de nomenclature, de point de différenciation trop précoce et entraînant une particularisation complexe,
- ✓ les boucles de retour qui illustrent les répétitions inopportunes d'activités,
- ✓ le manque de capacité et de flexibilité qui limitent les débits et désorganisent les séquences,
- ✓ la cacophonie, résultant de remises en cause trop fréquentes, qui génère des rendez vous manqués, des retards,
- ✓ l'incompréhension de la demande du client ou l'on ne prend pas suffisamment de temps pour l'écouter et le comprendre.

#### II.2.2.2. Du point de vue de la conception

Lorsque l'on parle de performance en conception, il est généralement fait référence à deux orientations particulières : l'évaluation de la performance du produit conçu et l'évaluation de la performance du processus de conception qui a généré le dit produit. Plus rarement, la notion de performance est appliquée à la conception d'un système de production.

*La performance du produit* : cette performance est étroitement liée à la notion de valeur. Comme nous l'avons noté auparavant, cette notion est issue principalement des domaines de la finance et de la comptabilité. Elle trouve toute sa justification dans la très célèbre chaîne de la valeur ajoutée [Porter, 1986] qui vise notamment à l'identification des activités apportant de la valeur au produit relativement à ce qu'en attend le client.

*La performance du processus de conception* : de la même manière que l'on localise la performance du système en exploitation dans un pentagone QCD-EA, la performance du processus de conception se localise généralement dans un triangle QCD classique, triangle auquel on peut rajouter un sommet lié à son organisation. Cette organisation du processus de conception va induire son efficacité en termes de fluidité, de facilité de communication [Perrin, 1999]...

Finalement, toutes ces approches sur la performance montrent de façon flagrante que les domaines d'évaluation globale de la performance sont peu nombreux, généralement trois, rarement plus de cinq. De plus que l'on soit en conception de produit, ou en fabrication, ces domaines de performance sont quasiment similaires : Coût, Qualité, Délais, fluidité de la communication, Flexibilité (voir Agilité et adaptabilité), environnement. D'autres approches, plus récentes, présupposent qu'il est possible d'intégrer des aspects liés au management de la connaissance, [Nakahara, 2001] parle d'ailleurs de management du capital intellectuel.

Cette dernière observation semble intéressante pour qui s'intéresse à l'élaboration d'un modèle de référence pour l'expression de la performance en conception et en exploitation. Nous retiendrons donc cela pour la suite de nos travaux.

### **II.2.3. Concepts fondamentaux en stratégie industrielle**

#### II.2.3.1. Introduction

L'Histoire a prouvé qu'il n'existait pas de vérité stratégique gravée dans le marbre. Les paradigmes élaborés par les chercheurs, les cabinets de conseils... sont tous marqués dans le temps. Un modèle chasse l'autre. Et plus encore, les modèles évoluent avec la notion de performance.

Dans les années 50, par exemple, une approche, dite de l'analyse des forces et faiblesses, domine. Les entreprises sont invitées à se positionner par rapport à leurs concurrents et donc à renforcer leurs atouts. La démarche montrera vite ses limites par son absence de regard sur l'extérieur.

Dans les années 60, le modèle de la courbe d'expérience [BCG, 2001] se développe. Son apport ? La mise en évidence que, dans certains secteurs, le prix de revient diminue à chaque fois que la production cumulée s'accroît (principe de base du jeu de la concurrence). A technologie constante, c'est le résultat de l'effet d'échelle et de l'effet d'apprentissage. Le concept pousse à la production de masse et à la concentration.

Au cours des ans, les méthodologies sont devenues plus complexes. Les experts répertorient entre neuf et dix générations successives de schémas dont les mérites furent à chaque fois reconnus puis contestés. Nous détaillerons plus particulièrement ceux de Hill, de Skinner, de Hayes et Wheelwright, Tarondeau ou encore Garvin.

### II.2.3.2. Définitions

Les nombreuses méthodes qui se sont développées depuis les années 1950 peuvent être regroupées suivant cinq axes majeurs :

1. la segmentation stratégique (identification au sein de l'activité globale de l'entreprise des ensembles pertinents du point de vue de la formulation de la stratégie, et donc de l'allocation de ressources à partir desquelles est construite la réflexion stratégique),
2. l'analyse concurrentielle (analyse des caractéristiques intrinsèques des domaines d'activité, détermination des forces qui s'y exercent et identification des ressorts de la concurrence),
3. la construction d'un avantage compétitif durable,
4. les voies et modes de développement stratégique (ex : intégration, diversification géographique ou globalisation, diversification liée, diversification conglomerale),
5. le management d'un portefeuille diversifié d'activités (utilisation de modèles de portefeuille d'activités pour formaliser et faciliter une gestion globale).

La définition proposée par [Tarondeau, 1998] et basée sur les travaux de [Kotha et Orne, 1989] diffère des approches précédentes en associant explicitement produit et processus de génération du produit :

*La stratégie d'entreprise est « la recherche de cohérence entre produits, technologies (ou processus industriels et logistiques) et organisation et mode de gestion (ou système d'information) [...]. La stratégie industrielle consiste en un ensemble de visions et de décisions qui modèlent les systèmes industriels de l'entreprise, systèmes grâce auxquels elle crée, conçoit, développe, réalise, distribue, maintient les produits et les services qu'elle échange sur des marchés ».*

Cette définition présente l'avantage de considérer le système à la fois sur le plan de son exploitation et sur le plan de son évolution. On peut opérer un léger raccourci en affirmant que la stratégie industrielle vise à définir les domaines d'activités sur lesquels l'entreprise entend se positionner, et allouer ses ressources afin qu'elle s'y maintienne puis qu'elle s'y développe [Stratégor, 1997].

On distingue alors deux stratégies fondamentalement différentes :

*La stratégie de groupe qui détermine les domaines d'activités 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 autre afin de se constituer un portefeuille d'activités équilibré.*

*La stratégie concurrentielle qui est mise en oeuvre dans chacun des domaines d'activité. Cette stratégie concurrentielle définit les manœuvres que l'entreprise doit accomplir afin de se positionner favorablement face à ses concurrents dans un secteur donné.*

Nous nous focaliserons plus particulièrement sur l'école anglo-saxonne dont les travaux ont spécifiquement porté sur le système de production, et pas seulement sur l'ensemble des fonctions de l'entreprise. Cette école, dont les représentants les plus connus sont chronologiquement Hill, Skinner et Hayes, suit les orientations d'une segmentation stratégique et d'une analyse des voies et modes de développements stratégiques. De la sorte, on met un peu de côté les aspects purement financiers propres à l'analyse stratégique. D'autre part, ces écoles ont permis d'associer directement la stratégie d'entreprise à l'idée de Performance par le biais de concepts tels les Facteurs clés de Succès.

#### II.2.3.3. La focalisation

Skinner [Skinner, 1969] fut l'un des premiers à remettre en cause les principes admis classiquement en planification stratégique concernant l'hyper spécialisation du travail (et par extension sa division), la faible efficacité des processus de production due à une grande variabilité, la maîtrise totale des voies de communication. Ces principes s'appuyaient alors sur une structure hiérarchique rigide et importante. Dans son idée, Skinner affirme que l'inefficacité des stratégies repose sur des industries trop généralistes, des mesures de performance réductrices où seul le coût présente une importance particulière et des incohérences flagrantes dans la structure même du système de production.

Pour solutionner ces problèmes, Skinner développe une méthodologie complète qui s'appuie sur :

1. un concept fort : la focalisation,
2. une démarche structurée d'élaboration de stratégie de production,
3. une démarche structurée de formulation de stratégie cohérente entre le niveau production et le niveau entreprise (voir paragraphe II.2.4).

La **focalisation** [Skinner, 1985] correspond au concept d'entreprise dédiée. L'entreprise se concentre alors sur la production d'un ensemble limité de produits, sur un secteur de marché bien ciblé. De la sorte, les performances de l'usine, mieux maîtrisées que dans le cas d'entreprises généralistes, évitent la dispersion des résultats et des objectifs. La focalisation s'appuie sur une spécialisation des installations, des ressources et des processus, et à ce stade de production, la théorie est aux antipodes de l'approche Ford, où seules les ressources humaines sont spécialisées.

Les décisions de focalisation passent par une analyse rigoureuse de l'existant industriel car elles entraînent nécessairement des procédures d'externalisation, et comme nous l'avons précisé au cours de notre problématique, cela ne peut s'effectuer sans risque.

#### II.2.3.4. Order Winning Criteria

C'est à Hill, [Hill 1985] et [Hill, 1992], que l'on doit les propositions sur un concept clé en stratégie industrielle : les Order Winning Criteria. L'OWC est une caractéristique particulière associée à un produit, ou un service et qui lui confère un avantage aux yeux

du client sur les autres produits de mêmes fonctionnalités. Cette définition tient au fait que Hill a souhaité rapprocher le Marketing de la production dans la formulation d'une stratégie industrielle moderne.

Les sept OWC génériques définis par Hill sont le Prix, la Rapidité des livraisons, la Fiabilité des livraisons, la Qualité du produit, la Capacité à gérer le développement d'un produit, le Respect des dates de lancement, la Gamme des produits (et de leurs attributs).

Hill précise que tous les OWC n'ont pas vocation à être contrôlés par la Production. En outre, la liste ci-dessus, loin d'être exhaustive, vise essentiellement à faciliter la détermination d'OWC spécifiques.

#### II.2.3.5. L'approche japonaise

- ✓ **Le système Toyota** : Les approches stratégiques japonaises s'appuient sur de nombreux principes qui relèvent plus de la pensée philosophique que de l'application de théorie de management.

Pour T. Ohno, [Ohno, 1989], l'objectif déclenche toute une démarche stratégique dont la première étape consiste notamment en l'analyse de la situation, puis en la conception du système de production le plus à même de satisfaire l'objectif initial. La démarche globale s'appuie sur des concepts clés: un *pilotage « visuel »* des activités opérationnelles où chaque décision *converge vers l'atteinte des objectifs fixés*, la mise en œuvre de solutions tels le Kanban, ou le Juste à Temps et enfin le remplacement de l'homme au cœur des processus décisionnels.

D'après [Hayes, 1981], la réussite des démarches stratégiques japonaises repose sur neuf points essentiels dont notamment : l'attention accordée à la qualité, une très grande flexibilité, des relations fortes entre la stratégie industrielle et les niveaux opérationnels.

Les difficultés de mise en œuvre de techniques japonaises comme le Kanban ou les cercles de qualité au sein des entreprises occidentales ne font que corroborer ces affirmations.

- ✓ **Kaizen** : La perception japonaise des fonctions de l'entreprise identifie deux composantes majeures : *la maintenance et l'amélioration*.

L'amélioration est elle-même envisagée sous deux composantes : l'innovation comme changement drastique et ponctuel et Kaizen, comme une « amélioration graduelle continue ». Ici, nous nous éloignons notablement des approches classiques en occident du fait que ces concepts s'appuient sur des philosophies orientales.

Kaizen trouve ses origines dans la Roue de Deming dans [Dapere, 1999] ou Cycle PDCA (Plan, Do, Check, Action). Le principe de cette roue est de procéder à une amélioration, de vérifier que le résultat obtenu correspond à l'attente, qu'il est stable, puis de réitérer le cycle. [Deming, 1991] souligna l'importance d'une constante interaction entre recherche, conception, production et ventes, en vue d'obtenir la meilleure qualité possible.

Ce cycle fut notamment à l'origine de la création du premier Cercle de Qualité au Japon. Ces cercles sont définis comme des petits groupes qui exercent des activités volontaires de maîtrise de la qualité au sein de l'atelier et ceci de façon continue. Ces cercles ont joué un rôle important (souvent exagéré d'ailleurs) dans l'amélioration de la qualité du produit et de la productivité.

Les entreprises engagées dans une démarche Kaizen font un effort important pour accroître l'engagement de leur personnel notamment à travers la mise en place d'un système de suggestions. En général, de telles entreprises possèdent un système de gestion de qualité et un système de suggestions fonctionnant de concert. On peut mieux comprendre le rôle des Cercles de Qualité si on les considère collectivement comme un système de suggestions tourné vers le groupe et chargé de parvenir à des améliorations.

Une composante importante du Kaizen est la mesure de performance qui intervient moins sur les résultats que sur le processus. Cette attitude fait une grande différence dans la façon dont une organisation poursuit son évolution. Une direction trop tournée vers le processus court le risque de manquer de stratégie à long terme, passant à côté de nouvelles idées et d'innovations. Le manager tourné vers les résultats est plus flexible dans la fixation de ses objectifs et peut réfléchir en termes stratégiques. Toutefois, il tend à négliger la mobilisation et le réarrangement de ses ressources dans l'application de la stratégie.

#### II.2.4. Démarches de mise en œuvre

Tous les concepts précédents visent à faciliter les formulations de stratégies industrielles. Toutefois, sans démarche d'élaboration, ils ne servent finalement pas à grand chose. Nous allons ici en présenter trois dont l'intérêt nous paraît essentiel pour la suite de nos travaux.

Tout d'abord, la démarche proposée par **Skinner** se déroule en une quinzaine d'étapes. La démarche débute par une analyse concurrentielle sur les produits, les réseaux de distribution, les stratégies en action... La deuxième étape concerne une évaluation des ressources et des savoir-faire de l'entreprise.

La troisième étape assure la formulation de la stratégie de l'entreprise. La quatrième étape consiste à définir explicitement les implications des choix stratégiques sur la fonction de production et la manière dont cette dernière remplira son rôle. Il faut noter que l'évaluation des impacts a priori reste une étape relativement négligée par les entreprises.

La cinquième et la sixième étape assurent la mise en valeur des contraintes économiques et technologiques du secteur concerné. La septième et la huitième étape synthétisent l'ensemble des éléments clés des étapes précédentes afin de les associer à la stratégie de production.

Les étapes neuf à quinze mettent en place la stratégie de production par le biais :

- ✓ de la mise en œuvre des procédures de gestion de production, de gestion des stocks, des modes de rémunérations...

- ✓ du développement et de l'implantation des systèmes de mesures et de contrôles,
- ✓ du choix des opérations et des éléments clés pour réaliser les tâches de production,
- ✓ de la prise en compte des informations de feed-back, au niveau de la stratégie d'entreprise, de la stratégie de production.

La démarche de Skinner n'est pas une démarche séquentielle au sens où une grande partie des étapes peut être réalisée simultanément. De plus, Skinner a été le premier à structurer la stratégie de production par le jeu de la classification des décisions. Celles-ci trouvent leur cadre dans le concept de "Focalisation" que nous avons décrit précédemment. Toutefois si la démarche proposée insiste sur la nécessité de maintenir une cohérence forte entre les différentes stratégies mises en jeu, elle ne fournit pas d'outils pour analyser cette cohérence, et par suite la maintenir ou la renforcer.

Hill, comme nous l'avons vu précédemment, a largement contribué au développement des théories sur la stratégie industrielle, principalement par le biais du concept clé d'Order Winning Criteria. Outre ce concept, il propose également une démarche se déroulant en 5 étapes (tableau 2.1). Elle couvre notamment l'interface Marketing / Production afin que la capacité de la Production à supporter la stratégie Marketing soit connue de la direction de l'entreprise, et ceci au travers d'un degré dit d'Adaptation.

Il convient dans cette approche :

- ✓ que l'information sur les capacités de la production soit disponible, de même que l'information marketing,
- ✓ que cette information soit possédée au niveau de la direction générale.

1	2	3	4	5
Objectifs de politique générale	Stratégie Marketing	OWC	Stratégie Industrielle	
			Choix du processus	Infrastructure
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Croissance</li> <li>• Profit</li> <li>• Retour sur investissement</li> <li>• Mesures financières diverses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produits, marchés</li> <li>• Segments</li> <li>• Gammes</li> <li>• Volumes</li> <li>• Standardisation</li> <li>• Niveau d'innovation</li> <li>• Leader/suiveur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prix</li> <li>• Qualité</li> <li>• Livraison : fiabilité, vitesse</li> <li>• Gammes couleurs</li> <li>• Gammes produits</li> <li>• Leadership de la conception</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choix parmi plusieurs processus</li> <li>• Compromis lié au choix</li> <li>• Rôle des stocks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Support fonctionnel</li> <li>• Système de production</li> <li>• Contrôles et procédures</li> <li>• Structuration du travail</li> <li>• Structure organisationnelle</li> </ul>

Tableau 2.1 : Démarche de Hill

La mise en œuvre dynamique de la démarche de Hill reste le problème majeur à résoudre. En effet, rien n'aide les managers à évaluer l'impact a priori des décisions prises au cours des trois premières étapes (réalisées en boucle) sur les deux dernières étapes déterministes réalisées séquentiellement.

**Kleinhans** [Kleinhans, 1999] propose une démarche dédiée au développement et à la formulation d'une stratégie industrielle. Il base sa réflexion sur les travaux de [Tarondeau, 1993] et les résultats de [IMPACS, 1992] (figure 2.1) auxquels il intègre les concepts GRAI et associe un ensemble d'outils méthodologiques.

IMPACS propose un cadre de modélisation formel pour la mise en place de la planification stratégique dans les entreprises. Ce cadre s'appuie sur une définition des systèmes d'information de l'entreprise et sur la déclinaison des plans stratégiques en plan de production puis en plan de charge.

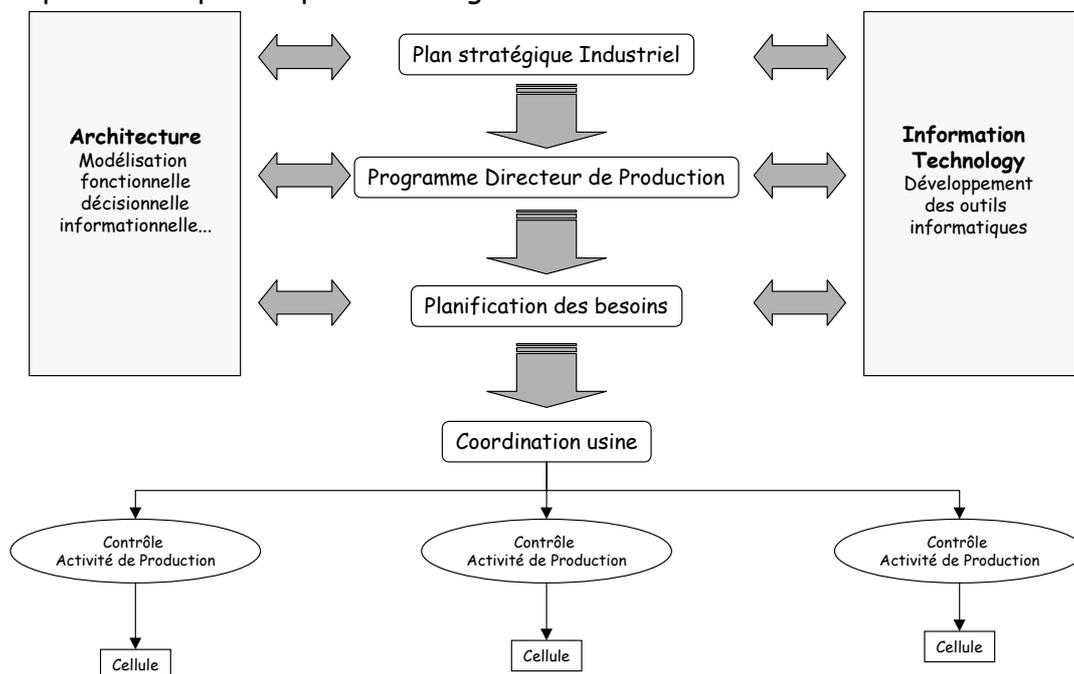


Figure 2.1 : Formulation et mise en œuvre de la stratégie de production [IMPACS, 1992]

L'approche proposée par Kleinhans repose sur la projection du système actuel en fonction de ses forces et faiblesses et conformément aux orientations prises sur l'horizon stratégique (figure 2.2). Le système ainsi projeté fait alors l'objet d'un diagnostic afin de déterminer, en particulier, si la projection du système est cohérente avec les objectifs stratégiques pré-définis. Le résultat de ce diagnostic doit permettre à l'entreprise de ré-orienter sa stratégie.

Kleinhans insiste sur la nécessité de maintenir à tout instant la cohérence entre les produits (suivant plusieurs dimensions), les systèmes industriels transformateurs et bien entendu les objectifs définis par des stratégies d'entreprise. En outre, il précise également qu'il faut veiller à assurer la synchronisation entre toutes les actions engagées aux différents niveaux de la stratégie industrielle.

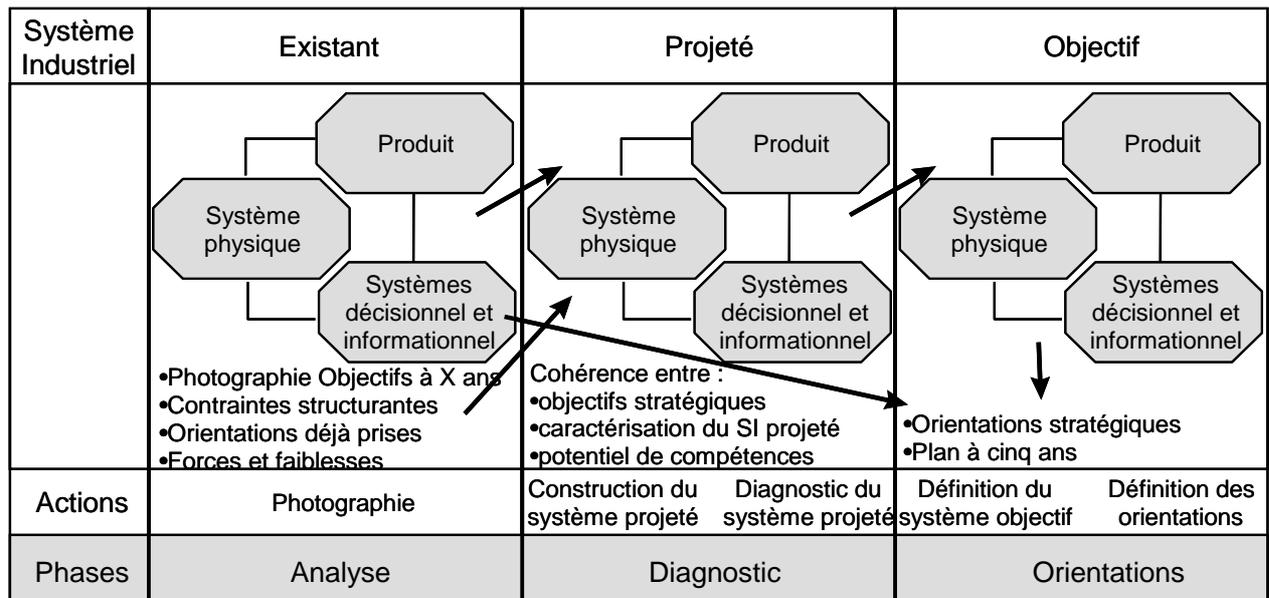


Figure 2.2 : Méthodologie de formulation de stratégie industrielle

### II.2.5. Typologie des décisions stratégiques

Le troisième domaine des théories de la stratégie que nous aborderons et directement connecté à la notion de performance ; il traite des typologies pour la classification des décisions. Celles-ci offrent l'avantage de faciliter le choix des objectifs stratégiques et donc de niveaux de performance à réaliser.

Au préalable, il faut savoir que, classiquement, l'on distingue deux types de décisions : les décisions dites opérationnelles (assimilées fréquemment aux décisions tactiques) et les décisions dites stratégiques. [Martinet, 1993] les différencie comme suit (Tableau 2.2) :

Caractéristiques	Décisions Opérationnelles	Décisions Stratégiques
Impact	Limité (un service)	Globale (l'entreprise)
Durée de préparation et de mise en œuvre	courte	Longue
Réversibilité	Aisée	Difficile et coûteuse
Dimensions à intégrer	Peu nombreuses	Multiples
Environnement et temps	Contrainte	Variable
Objectifs	Plutôt clairs	Plutôt flous
Répétitivité	Forte	Nulle
Structuration du processus de décision	Algorithmique	Faible
Niveau hiérarchique	Tous niveaux	Direction uniquement
Nature de la décision	Exploitation potentiel existant	Création de potentiel nouveau
Compétences requises	Convergence, rigueur	Divergence, créativité

Tableau 2.2 : caractérisation des types de décisions [Martinet, 1993]

L'inconvénient de cette caractérisation est qu'elle place une frontière très (trop ?) nette entre les décisions typiquement opérationnelles et les décisions typiquement stratégiques. Or l'expérience nous montre que des desiderata d'amélioration des performances sur des domaines telles la flexibilité, ou la réactivité confinent aussi bien aux décisions stratégiques qu'aux décisions opérationnelles. Il faut donc voir ici un encouragement à poursuivre notre analyse.

- **Typologie de Hayes et Wheelwright**

[Wheelwright, 1984], puis [Hayes, Wheelwright, 1984] ont jeté les bases de la recherche en stratégie industrielle. Ils ont notamment proposé un découpage des décisions par liste de catégories. On retrouve dans ces listes les catégories de décisions suivantes :

- ✓ Capacité : quantité, distribution dans le temps, type,
- ✓ Installation : Taille, location, spécialité,
- ✓ Technologie : matériel, automatisation, liaisons,
- ✓ Intégration verticale : direction, étendue, équilibrage,
- ✓ Personnel : niveau de savoir faire, politique de rémunération, sécurité de l'emploi,
- ✓ Qualité : prévention de défauts, surveillance, intervention,
- ✓ Gestion de Production : Politique d'approvisionnements, règles de décision,
- ✓ Organisation : structure, contrôles, rôle des différentes entités.

Ces catégories sont réparties sur deux domaines : les décisions dites structurelles (capacité, installation, technologie et intégration) et les décisions dites infra-structurelles (Personnel, Qualité, Gestion de Production et Organisation). Nous reviendrons au cours de chapitre III du présent mémoire sur les significations et implications de cette typologie particulière. Toutefois, nous pouvons noter que la distinction en décisions structurelles et infra-structurelles n'est pas forcément la plus judicieuse dans la mesure où le terme « structurel », souvent utilisé à tort et à travers, est générateur d'ambiguïtés. De plus, la séparation en deux catégories nous paraît quelque peu réductrice du potentiel réel de la typologie.

- **Typologie de Garvin**

Tout au long de sa démarche, [Garvin, 1993] utilise une typologie définissant des Priorités Stratégiques. Il identifie quatre priorités majeures qui sont : la Flexibilité, le Délai, le Coût, et la Qualité. Il définit une cinquième priorité qu'il appelle Service et qui rend compte des performances de l'entreprise relativement aux services qu'elle rend au client d'une part et d'autre part relativement au service qu'elle « se rend » à elle-même (maintenance, marketing...). Sur la base de ces cinq priorités stratégiques, il effectue une désagrégation en 36 sous-priorités, qui assurent une meilleure visibilité quant à la cohérence entre les différentes possibilités de décisions (Tableau 2.3).

Coûts	Qualité	Service
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'achat (prix de vente) des produits</li> <li>• Coût total d'utilisation</li> <li>• Coût de maintenance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Performance</li> <li>• Fiabilité</li> <li>• Caractéristiques secondaires</li> <li>• Conformité/spécifications</li> <li>• Longévité</li> <li>• Service associé au produit</li> <li>• Esthétique</li> <li>• Image de la qualité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S.A.V.</li> <li>• Support au marketing et aux ventes</li> <li>• Résolution des problèmes</li> <li>• Capacité à fournir des informations de production</li> </ul>
Délais de livraison		Flexibilité
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformité de l'objet de la livraison</li> <li>• Complétude de l'objet de la livraison</li> <li>• Fiabilité des délais</li> <li>• Disponibilité</li> <li>• Rapidité</li> <li>• Facilité d'accès à l'information sur les livraisons</li> <li>• Qualité du produit après le transport</li> <li>• Facilité pour commander</li> <li>• Flexibilité des commandes</li> <li>• Flexibilité du transport</li> <li>• Facilité de renvoi d'un produit</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilité produit <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vitesse d'introduction nouveau produit</li> <li>○ Personnalisation des produits</li> <li>○ Modifications des produits</li> </ul> </li> <li>• Flexibilité des volumes <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Flexibilité/volumes de produits demandés</li> <li>○ Temps de montée en charge</li> </ul> </li> <li>• Flexibilité des processus <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Flexibilité équipements/nouveaux produits</li> <li>○ Capacité d'évolution des équipements</li> <li>○ Flexibilité processus/ indisponibilité d'un équipement</li> <li>○ Flexibilité/changement Matières Premières</li> <li>○ Flexibilité/Ordres des opérations</li> </ul> </li> </ul>

Tableau 2.3 : Les priorités stratégiques de Garvin

[Wu, 2001] propose de lier ces priorités stratégiques (et d'autres encore) à des besoins stratégiques (Développement informatique, collecte d'information...)

### **II.2.6. Conclusions**

Toutes les démarches d'élaboration de stratégies que nous avons présentées, présentent une lacune commune. Celle-ci concerne la mise en œuvre des plans stratégiques élaborés. En effet, une fois le plan élaboré, la mise en œuvre se fait par le biais de projets dont on ne connaît pas forcément la réelle cohérence avec les objectifs stratégiques proposés. Même si la plupart des auteurs insiste sur l'importance du maintien de la cohérence entre les différents niveaux de gestion stratégique, aucun ne propose d'outil formel pour assurer de la réalisation des plans stratégiques.

Dans les approches récentes, il est courant de considérer la stratégie d'entreprise comme un processus de management du système industriel. [Bititci, 2001] considère que ce processus vise à définir, déployer, mettre en œuvre, contrôler et réviser une stratégie d'entreprise. Bititci propose également une typologie de 23 besoins élémentaires que toute méthodologie d'élaboration de stratégies industrielles devrait satisfaire. On peut citer par exemple PROPHECY (Process Oriented Performance headed Strategy) qui est une démarche en huit étapes semblable à celles que nous avons pu proposer dans cet état de l'art.

Enfin, la synthèse de l'ensemble des concepts, des démarches d'élaboration des plans ainsi que des typologies des décisions stratégiques, offre un grand nombre de possibilités quant à la proposition d'outils formels d'analyse de la cohérence. Toutefois, la mise en œuvre de ces outils nécessite au préalable la définition d'un cadre méthodologique. Nous proposons de construire ce dernier à partir des démarches liées au management du changement, ou encore à la gestion de l'évolution que nous décrirons ultérieurement.



## **II.3. L'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs en exploitation**

### **II.3.1. Introduction**

Les théoriciens de la stratégie s'accordent généralement pour affirmer l'importance que revêt de déploiement de la stratégie sur l'ensemble du système de production. Or le déploiement de la stratégie pose, entre autres problèmes, celui du maintien de la cohérence dans la décomposition des objectifs. Pour répondre à ces difficultés, [Ducq,1999] propose une démarche d'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs d'exploitation du système de production.

Ces démarches présentent en outre un cadre générique que nous réutiliserons pour notre propre démarche d'analyse de cohérence dans la décomposition des objectifs, mais en conception cette fois-ci.

Le premier paragraphe présente le cadre global de modélisation dont la finalité est notamment de décrire le système des objectifs de l'entreprise afin de construire le graphe de décomposition. Le cadre de modélisation que nous utiliserons est le modèle GRAI. Ce modèle est à notre connaissance le seul qui assure la modélisation systématique du système décisionnel, et par suite de l'ensemble des objectifs de l'entreprise.

La suite est consacrée à la présentation de la démarche d'analyse. Dans un premier temps, l'analyse effectuée est une analyse inter-objectifs, qui vérifie que chaque objectif est cohérent avec les objectifs supérieurs, et qu'il contribue effectivement à leur atteinte. Dans un deuxième temps, nous présenterons la démarche dans son aspect local pour vérifier si les moyens que l'on met en œuvre pour atteindre un objectif sont cohérents.

Enfin, nous présenterons une extension des démarches proposées. Les deux objectifs de cette extension sont, d'abord, d'étendre le référentiel d'expression des objectifs au delà du triptyque classique Coût, Délai Qualité, puis sur cette base de proposer des modes d'évaluation robustes de la contribution d'un objectif quelconque à l'atteinte des objectifs supérieurs.

### **II.3.2. Du besoin de cohérence dans le pilotage du système de production**

#### **II.3.2.1. La Cohérence : une nécessité**

[Mesarovic, 1980] rappelle que *« pour le succès opératoire d'un système à deux niveaux, il est essentiel que les objectifs du sous-système soient en harmonie »*.

Ce besoin d'harmonie pourrait se justifier au travers d'un simple exemple. On considère deux activités contribuant à la réalisation d'une activité globale. Chacune de ces sous-activités possède ses objectifs propres. Si ces objectifs sont antagonistes (et cela est très fréquent dans les structures de production) alors, les objectifs globaux de l'activité agrégée ne seront très probablement pas atteints.

Nous l'avons également noté au cours de notre état de l'art sur la stratégie industrielle, il est primordial d'assurer la convergence de l'ensemble des objectifs de la structure vers les objectifs supérieurs de l'entreprise. Pour cette raison, ces dernières années ont vu se développer des méthodes d'évaluation et de mesure des performances :

- ✓ Approches floues [Berrah, 1997],
- ✓ Tableaux de bords équilibrés (Balanced scorecard) [Kaplan, 1992],
- ✓ Tableaux de bord du capital intellectuel [Edvinsson et Malone, 1997]
- ✓ ...

qui ont pour vocation de renseigner les décideurs sur l'état du système afin de modifier (éventuellement) les trajectoires d'évolution.

Récemment, [Kaplan, 1998] a proposé un Tableau de bord prospectif, dérivé des tableaux de bords équilibrés, se déclinant en quatre processus. Le deuxième de ces processus Communiquer/Articuler consiste à faire connaître la stratégie, déclinée lors du premier processus, à tous les niveaux de l'entreprise. Par la suite, cette stratégie est reliée aux objectifs individuels et aux objectifs des unités. Dans cette idée, le tableau de bord assure la visibilité de la stratégie à long terme et la cohérence des objectifs avec celle-ci.

Malheureusement, comme beaucoup d'autres méthodes, le tableau de bord insiste sur l'impériorité de la convergence des objectifs, mais n'offre que très peu d'outils pour la rendre effective. La mise en place de système d'indicateurs de performance reste le plus sûr moyen de maintenir la cohérence dans le système des objectifs. Toutefois, les indicateurs ne rendent compte de la cohérence qu'a posteriori. Le besoin d'une démarche d'analyse de cohérence a priori est donc réel afin d'assurer la convergence, au moins théorique, des objectifs avant le premier exercice (en termes d'exploitation).

### II.3.2.2. Cohérence dans les objectifs d'exploitation

Concernant le système de production, l'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs consiste en la vérification de trois points essentiels [Gallois, 1999]:

1. les objectifs de chaque activité doivent contribuer à l'atteinte des objectifs globaux,
2. chaque objectif d'une activité doit être décomposé jusqu'à être réalisé,
3. chaque décideur doit avoir la possibilité de réaliser tous les objectifs qui lui sont assignés.

On distingue donc clairement deux volets, le premier concerne l'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs eux-mêmes (cohérence globale), le deuxième porte sur l'analyse de la cohérence entre les objectifs et les moyens nécessaires à leur achèvement (cohérence locale). Ces deux aspects sont représentés sur la figure 2.3 suivante :

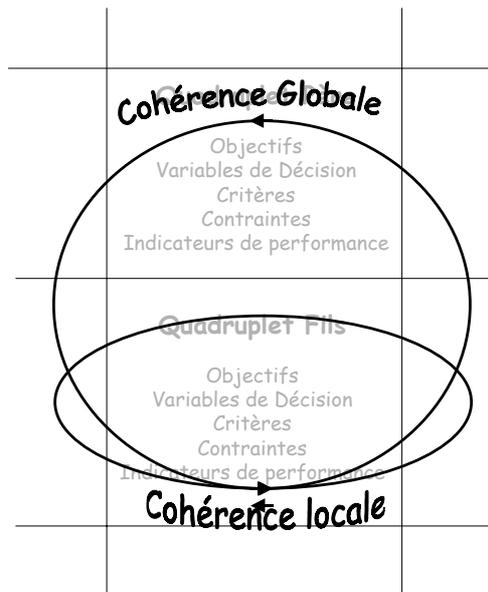


Figure 2.3 : Cohérence globale / Cohérence locale

### II.3.2.3. Le modèle conceptuel de référence GRAI

Il existe un assez grand nombre d'outils ou de méthodes offrant une transposition efficace du système de production vers des niveaux d'abstraction élevés, à même d'en faciliter la compréhension. Cependant, bien peu d'entre eux offrent à la fois des vues locales et globales et ceci de façon intégrée, et surtout, encore moins nombreux sont ceux qui assurent la modélisation des aspects décisionnels. Pratiquement, la Méthode GRAI, [Doumeingts, 1984], [Marcotte, 1995] et [Vallespir, 1997], est la seule à offrir cette modélisation.

Le modèle GRAI s'appuie sur les théories et concepts que nous avons cités au cours de notre problématique : la théorie des systèmes [Le Moigne, 1977 et 1990], [Melese, 1972], [Simon, 1960], la théorie des systèmes hiérarchisés [Mesarovic, 1970], la théorie des organisations [Mintzerbg, 1984] et [Mintzerbg, 1989], les concepts des systèmes à événements discrets [Pun, 1977], les concepts de gestion de production [Giard, 1988].

L'entreprise est décomposée dans un premier temps en deux sous-systèmes : le système Physique ou système « piloté », et le système de Pilotage ou système décisionnel qui pilote le système Physique. Ces concepts ont été présentés au cours du chapitre I.

Nous approfondissons le système décisionnel. Celui-ci élabore l'ensemble des décisions qui permettent de piloter le système Physique. Il se définit au travers de deux axes de décomposition :

- **Un axe vertical** lié à la durée de validité des décisions (Horizon) ainsi qu'aux durées des cycles pilotés. Les remises en causes des décisions passées ont lieu à intervalles de temps réguliers appelés Périodes.

- **Un axe horizontal** lié à la nature des décisions prises pour piloter la transformation du flux physique. On distingue principalement trois types de décisions: sur les ressources, sur les produits et sur la synchronisation entre ressources et produits,

c'est-à-dire les activités (une activité est définie comme la transformation d'un produit par une ressource : il y a nécessité de synchroniser). Cette synchronisation est assurée par la planification. La décomposition horizontale est une décomposition fonctionnelle.

Conceptuellement, l'intersection d'une fonction et d'un niveau est appelée centre de Décision.

Dans la représentation globale de l'entreprise, les différents sous-systèmes (physique, décisionnel, informationnel) sont définis de manière conceptuelle. Cette décomposition peut être conservée au sein de chaque Centre de Décision. Le Modèle de référence est donc récursif.

Le décideur, principal acteur du Centre de Décision, reçoit un cadre de décision lui précisant ce qu'il doit atteindre (objectif), sur quoi il peut agir pour atteindre cet objectif (variables de décision) et jusqu'où (contraintes), et comment il peut agir (critères). En fonction des informations de suivi qui lui parviennent du système physique et des données techniques nécessaires, il émet un cadre de décision vers le niveau inférieur. En comparant les résultats atteints avec ses objectifs, il peut soit modifier le cadre de décision qu'il envoie, soit demander un ajustement du cadre qu'il reçoit. Dans tous les cas, il transmet des informations de suivi au Centre de Décision qui le pilote.

La modélisation GRAI assure donc l'identification complète du système des objectifs de l'entreprise. Toutefois, cette connaissance ne suffit pas à en analyser la cohérence. En effet, n'étant pas tous exprimés de la même manière, il est nécessaire de les traduire dans une base commune afin de les comparer. Cette traduction impose donc de construire le Modèle de Référence de la performance. Ceci constitue la première étape de la démarche d'analyse de la cohérence proposée par Ducq.

### **II.3.3. Le modèle de référence pour l'expression de la performance en exploitation**

Le cadre de modélisation étant défini, nous allons maintenant décrire le modèle de référence pour l'expression des objectifs en exploitation. Ce modèle de référence débute par l'établissement d'un certain nombre de concepts et notamment les définitions d'Objectifs, Variables de Décision, domaines de performance...

Sur la base de ces définitions, nous décrirons également les outils multicritères permettant la traduction d'un objectif dans un référentiel classique Coût, Qualité, Délai. Enfin, nous proposerons une extension du référentiel initial à n'importe quel type de base de référence.

#### **II.3.3.1. Concept d'objectifs**

##### **II.3.3.1.1. la définition usuelle**

Le concept d'objectif, indissociable de toute prise de décision, revêt une importance capitale dans toute démarche d'amélioration des performances d'un système.

[Marcotte, 1995] donne une première définition des objectifs : « Les objectifs traduisent la performance à atteindre par le décideur du centre de décision considéré ». Cette définition est très générale, sert de cadre à la particularisation des deux types d'objectifs possibles en exploitation : les objectifs structurels et les objectifs opérationnels..

#### II.3.3.1.2. Les objectifs structurels

Comme nous l'avons précisé auparavant, le centre de Décision (et donc le décideur) reçoit à chaque début d'horizon un cadre de décision incluant objectifs, contraintes, variables de décision et critères. Les entités du cadre de décision sont, au départ, définies structurellement et sont par la suite instanciées en fonction de l'évolution des performances et par rapport à la trajectoire souhaitée.

Ainsi, le cadre de décision structurel n'est remis en cause qu'à l'issue de l'horizon d'exploitation de l'activité considérée. Et, sauf événement ou perturbation importante, le décideur ne doit pas remettre en cause les objectifs structurels qui lui sont assignés.

La définition de ces objectifs est donc étroitement liée à la phase de conception : un tel objectif pourrait être : "augmenter la flexibilité".

Du fait que de tels objectifs portent sur une structure complexe, la mesure de l'atteinte de la performance semble délicate à mettre en oeuvre. Les performances quantifiées fixées dès la formulation de l'objectif portent essentiellement sur le domaine au sein duquel le décideur devra faire évoluer les niveaux de performance de son activité. Aussi est-il indispensable de se donner les moyens d'évaluer les performances intrinsèques du système.

Par extrapolation, nous pouvons affirmer que le cadre de décision structurel représente le lien existant entre les décisions prises en conception et les décisions prises ultérieurement en exploitation. Pour résumer, nous retenons que les objectifs structurels définissent des performances pour la structure du système lors de son exploitation, de fait, ils dépendent directement des solutions de conception adoptées et plus largement des choix stratégiques envisagés. Les performances structurelles correspondent alors à des performances maximales atteignables par la structure et des performances minimales à réaliser.

#### II.3.3.1.3. Les objectifs opérationnels

Les objectifs opérationnels sont intégrés aux cadres de décision dits "opérationnels". Ces cadres, au contraire des précédents sont redéfinis de façon périodique, en cours d'exploitation. L'objectif opérationnel représente donc la valorisation d'un objectif structurel.

Les performances, fixées par ces objectifs, sont "atteignables" directement par le décideur par le biais de ses actions sur les variables de décision, mais restent subordonnées aux caractéristiques principales du système de production. Ici, les choix de conception vont donc contraindre les objectifs d'exploitation. En effet, si l'on

raisonne au niveau des performances, l'objectif de conception définit la performance maximale atteignable, l'objectif structurel détermine les niveaux de performance minimum et maximum envisagés sur l'horizon d'exploitation, enfin l'objectif opérationnel fixe la performance d'exploitation instantanée (périodique). Conceptuellement, la somme des performances opérationnelles et des performances intrinsèques est, au mieux, égale à la performance maximale atteignable.

#### II.3.3.1.4. Typologie des objectifs d'exploitation

Nous pouvons résumer cette première typologie par le tableau 2.3 suivant:

Objectifs d'exploitation	Exemples
structurels	<i>Minimiser les délais</i>
opérationnels	<i>réduire les délais de 5%</i>

Tableau 2.3 : Objectif qualitatif/quantitatif, Objectif structurel/opérationnel

Dans tous les cas, il est fondamental de noter le caractère périodique des objectifs d'exploitation. Les objectifs d'exploitation seront généralement remis en cause à la fin de chaque période (objectifs opérationnels), ou de chaque horizon (objectifs structurels), puisqu' intégrés aux cadres de décision opérationnels.

Outres ces définitions, nous pouvons également distinguer :

1. Les **objectifs externes** qui englobent tous les objectifs portant sur la satisfaction du client,
2. Les **objectifs internes** qui satisfont aux impératifs d'amélioration du système [Zanettin, 1995],

On distingue également les objectifs impliqués dans un lien hiérarchique ou un rapport contractuel et les objectifs propres au décideur.

1. Les **objectifs exogènes** correspondent aux objectifs pour lesquels le décideur est « client » d'une entité externe
2. Les **objectifs endogènes** sont l'ensemble des objectifs pour lesquels le décideur est son propre client.

Dans une logique « client », le décideur devra donc réaliser au premier chef les objectifs exogènes. La connaissance de cette propriété des objectifs permet, éventuellement, d'affecter les objectifs de coefficients de pondération. Le but étant bien évidemment de satisfaire au mieux le client. Nous reviendrons sur ce point au cours de l'élaboration du référentiel.

Cependant, cette définition soulève une contradiction importante. Si l'on se base sur les définitions données dans le modèle GRAI, l'objectif est fourni par le cadre de décision. Ceci exclu la possibilité pour le décideur de se fixer ses propres objectifs. Les objectifs endogènes ne sont donc pas pris en compte dans notre analyse.

### II.3.3.2. Synthèse de la typologie

Relativement aux définitions de Marcotte, il nous faut remettre en cause le nom même des objectifs : l'objectif structurel fait référence à la structure du système, structure définie par la conception. Or, le terme « structurel » fait, lui, référence aux niveaux d'abstraction relatifs à la modélisation du cycle de vie du système. L'ambiguïté est levée dès lors que l'on parle d'objectifs de conception et d'objectifs d'exploitation.

1. Les objectifs de conception, préfigurent (par le biais des choix de conception) les performances maximales possibles atteignables par le futur système. Celles-ci sont relatives bien sûr aux trois domaines de performances classiques que sont le Coût, la Qualité et le Délai, mais également à tous les autres types de performances possibles tels la flexibilité, l'environnement... Les objectifs de conception feront l'objet du chapitre suivant de ce mémoire en vue de l'établissement de leur propre modèle de référence.
2. Les objectifs d'exploitation concernent l'atteinte de toute performance souhaitée au cours de l'exploitation du système. Ces objectifs sont également de deux types : les objectifs structurels, qui déterminent les performances intrinsèques inamovibles du système sur toute la durée de l'exploitation, et les objectifs opérationnels qui portent sur toutes les performances souhaitées périodiquement au cours de l'exploitation.

Nous adopterons la définition suivante:

*Soit un Système de production S dont une des performances courantes I est mesurée par l'indicateur IP. L'Objectif fournit la valeur I', mesurée par l'indicateur IP, de la performance de S à l'issue de l'horizon d'exploitation considéré.*

La sémantique de l'objectif génère naturellement des ambiguïtés (objectifs qualitatifs diversement interprétables par exemple) qu'il faut lever au mieux par le biais de données fiabilisées : interviews, groupes de travail...

### II.3.3.3. Le modèle de référence pour l'expression des objectifs : 1<sup>ère</sup> approche

#### II.3.3.3.1. Définition du modèle de référence

La définition du référentiel de pilotage donnée par [Lorino, 1996] est la suivante :

*Le référentiel de pilotage est le corpus commun de concepts et de termes qui doit assurer la viabilité et l'efficacité de l'action collective à travers le temps et les méandres de l'organisation.*

Ce référentiel constitue de fait un méta-modèle du pilotage, car il permet de gérer les divers modèles mis en œuvre dans les différentes applications de pilotage de l'entreprise : les gérer dans le temps (création, conservation, modification), les mettre en relation les uns avec les autres et les situer les uns par rapport aux autres.

Cette définition porte essentiellement sur les fonctionnalités du référentiel. Elle ne traite pas des propriétés de celui-ci. Le méta-modèle possède des propriétés dont la

connaissance lui donnera tout son potentiel. Toutefois, cette définition, ici appliquée au modèle de pilotage peut être reprise pour la modélisation des objectifs :

1. Il faut structurer les informations relatives aux différents objectifs,
2. le référentiel est un langage commun à tous les acteurs de l'entreprise,
3. le référentiel fourni un cadre d'analyse au travers des outils qu'il met en œuvre,
4. Le référentiel doit assurer la continuité à travers le temps des performances passées, et à venir.

Enfin le référentiel doit être aussi générique que possible, c'est-à-dire qu'il doit permettre l'expression de tous les types d'objectifs possibles, donc pas seulement des objectifs de coûts, de délais ou de qualité. Ce dernier point est fondamental, car l'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation s'avère impossible dès lors que l'on restreint le référentiel à ces trois seuls domaines.

#### II.3.3.3.2. Notion de domaine de performance [Ducq, 1999]

La définition de l'objectif fait référence à la notion d'axe de performance. On parle également de Domaine de performance, d'autres parle de Critères. Dans le cadre du modèle GRAI, le critère est une fonction optimisée en vue d'atteindre un objectif. La notion de domaine de performance est ici plus générale :

*Le domaine de performance d'un objectif est le domaine sur lequel porte la performance définie par l'objectif. Les domaines de performance doivent pouvoir être représentés sur une échelle de valeur afin d'évaluer l'atteinte effective de la performance.*

La définition du domaine de performance correspond à une vision globale de la notion de « critères » définie ci-dessus en ce sens que le Domaine de performance et le Critère sont deux ensembles mathématiques quantifiés qu'il faut optimiser. Cette globalisation permet de rendre la formalisation beaucoup plus générique. Bien évidemment, comme toute simplification, le domaine de performance entraîne la perte d'une certaine quantité d'information, relative notamment à la particularisation des critères.

A titre d'exemple, nous pouvons considérer le cas du domaine Délai :

1. Le délai de mise à disposition d'un produit concernera essentiellement les objectifs externes : un objectif portant sur ce domaine aura une influence directe sur les délais proposés au client.
2. Le délai d'introduction d'une pièce concerne plutôt les objectifs internes, puisqu'un objectif affectant un tel domaine aura une influence directe sur la flexibilité du système. Or la flexibilité est typiquement une préoccupation interne.

Ce dernier exemple montre en outre qu'un domaine du type flexibilité peut s'exprimer en fonction du domaine de performance Délai. Les domaines de performance sont donc étroitement liés par des relations souvent complexes.

Finalement, dans cette première approche du référentiel pour l'expression des objectifs d'exploitation, nous retiendrons les trois domaines de performance classiques : Coût, Qualité et Délai. Par la suite, nous étendrons ce référentiel à l'ensemble des domaines de performance possibles. La typologie proposée en première intention est la suivante (tableau 2.4) :

NATURE	CRITERES	
	Structurels	Opérationnels
Economique	<i>Formation, service</i>	<i>Budget, Profit, Prix, Coût.</i>
Technique	<i>Flexibilité, Processus, Productivité, Ressources,...</i>	<i>Produits, Qualité, Stocks</i>
Temporelle	<i>Délais</i>	<i>Délais, Retards,</i>

Tableau 2.4 : Typologie des domaines de performance de référence

Les domaines de performance structurels seront plus particulièrement rattachés aux objectifs d'exploitation structurels, de même que les domaines de performance opérationnels le seront aux objectifs opérationnels. Dans tous les cas, les objectifs de conception auront des impacts sur les deux types de domaines de performance.

#### II.3.3.3. Interprétation vectorielle de l'objectif

L'approche quasi-qualitative [Charbonneau, 1993] avait conduit à exprimer l'objectif sous la forme d'un verbe (action) traduisant la variation souhaitée et d'un complément d'objet direct exprimant le domaine de performance associé à cette variation. L'action traduit la tendance ou la valeur affectée au domaine. D'un point de vue vectoriel, cela se traduit par un vecteur dont la norme est représentative de l'amplitude de l'action dans un référentiel dont les vecteurs de base sont les domaines impactés par l'objectif.

Théoriquement, la base de référence déduite des domaines de performance définis par la stratégie industrielle, compte « n » vecteurs. Dans cette base, l'objectif sera modélisé par un vecteur dit Vecteur de Performance d'exploitation et dont les composantes doivent représenter l'impact de l'atteinte de l'objectif sur les domaines de performance de référence.

Le calcul des composantes tient compte de nombreux facteurs dont notamment la variabilité des connaissances des décideurs relativement à l'impact réel de leur décision sur les niveaux de performance du système. Cette variabilité est d'autant plus importante que l'on considère des domaines de performance faiblement quantifiés (ou difficilement quantifiables) tels la flexibilité, la réactivité, le respect de

l'environnement... Aussi afin de tenir compte, au mieux, de ces contraintes, convient-il d'utiliser des outils d'évaluation robustes et notamment l'analyse multicritères.

#### II.3.3.4. Principes de la démarche

Le modèle de référence pour l'expression des objectifs est mis en oeuvre au travers d'un certain nombre d'étapes que nous détaillons ci-après. L'ensemble de ces étapes doit conduire l'utilisateur à exprimer chaque objectif dans la base de référence. Cette expression prendra la forme d'un vecteur de performance. Ces vecteurs doivent traduire la performance recherchée par les décideurs. Ainsi, le vecteur représentatif ne sera pas un vecteur «Objectif », mais un vecteur de performance.

Finalement, le modèle de référence proposé {Coût, Qualité et délai} par Ducq en première instance s'appuie sur :

1. une définition générique de l'objectif d'exploitation, et du seul objectif d'exploitation,
2. d'une définition de la base vectorielle pour l'interprétation de chaque objectif.

#### II.3.4. Méthodologie d'analyse de la cohérence et d'évaluation des performances

La première démarche traitant de l'analyse de cohérence dans la décomposition des objectifs n'a traité que les objectifs dont l'atteinte pouvait être évaluée dans un référentiel du type coût, Qualité, Délais. Nous reprenons dans un premier temps la démarche élaborée par Y. Ducq. Puis nous l'étendrons à l'analyse de cohérence des objectifs dont l'atteinte peut être évaluée dans n'importe quel type de référentiel.

Cette extension du modèle est indispensable dès lors que l'on considère des performances telles que la flexibilité, l'environnement... Nous détaillerons la démarche générale en deux étapes: l'analyse de cohérence dans la décomposition des objectifs, l'analyse de la cohérence entre les objectifs du système et les variables de décision nécessaires pour les atteindre.

##### II.3.4.1. Analyse de cohérence dans la décomposition des objectifs

Nous décrivons tout d'abord les concepts de base de la démarche, à savoir les principes d'identification des objectifs, la méthode de représentation dans la base de référence puis les outils d'analyse de la cohérence.

##### II.3.4.1.1. Le graphe de décomposition des objectifs

La décomposition des cadres de décision impose l'arborescence des objectifs dans la structure décisionnelle. Toutefois, comme un centre de décision peut posséder plusieurs objectifs. Il peut aussi être à l'origine de plusieurs cadres de décision. La décomposition a priori des objectifs n'est pas facilement identifiable.

Afin de connaître cette décomposition, il est nécessaire de construire un **graphe de décomposition** (figure 2.4) a priori des objectifs. La première étape de l'analyse de

cohérence consistera ensuite à vérifier la véracité des liens établis dans ce graphe. Il est construit selon une approche descendante : partant des objectifs globaux, les objectifs sont listés par niveaux décisionnels. Une fois l'ensemble des objectifs listé, les liens sont construits sur la base de l'expérience des décideurs.

Les arcs du graphe sont orientés, montrant ainsi les relations hiérarchiques entre les objectifs, d'un même niveau décisionnel ou d'un niveau différent. Ces arcs, non pondérés, occultent de fait "l'intensité" des relations existant entre les objectifs.

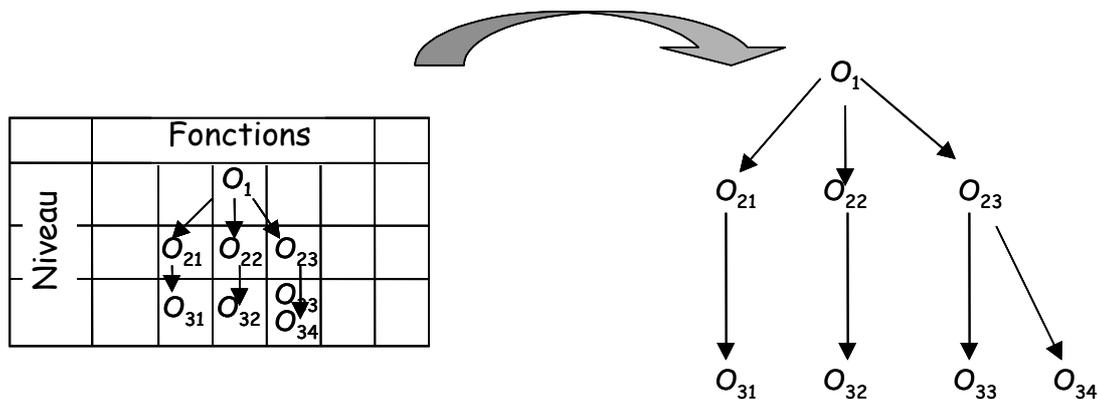


Figure 2.4 : Le graphe de décomposition a priori

Une première analyse est réalisée sur la base de quelques règles naturelles telles que :

*Tout objectif contribue à atteindre les objectifs dont il est la décomposition, et tout objectif génère un ou plusieurs objectifs jusqu'au niveau de mise en œuvre d'horizon le plus court.*

Il est évident que la « forme » du graphe de décomposition dépend largement de la distribution des cadres de décision dans la structure décisionnelle. Il faut également noter qu'il est très fréquent d'avoir des objectifs reliés entre eux notamment par des relations de causes à effets (relations supposées par les experts) : ce problème doit être résolu par le biais de la démarche d'analyse de cohérence.

#### II.3.4.1.2. Le vecteur de performance

Après avoir exprimé chacun des objectifs du système, la démarche consiste à les traduire dans le référentiel de performance à l'aide du **Vecteur de Performance**. On leur affecte une représentation vectorielle dans le référentiel défini précédemment.

Dans ce repère, le vecteur de performance rend compte de la performance absolue à atteindre, mais également de la variation de performance (performance relative) propre à chaque objectif. De la sorte, le vecteur de performance reflète la valeur affectée à l'objectif et la tendance affectée au domaine de performance. Pour déterminer ce vecteur, la méthode de calcul proposée par Ducq est la suivante :

$$\vec{P} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \times [\vec{C} \quad \vec{T}_s \quad \vec{T}_q]$$

Le calcul des coefficients « a », « b » et « c » repose avant tout sur l'interview des experts du domaine (et surtout de leur interprétation des objectifs). Ils représentent

le rapport entre la variation de la performance de référence et la variation de la performance considérée dans le sens de l'objectif. On a donc :

$$a = \frac{\Delta P}{\Delta C}, \quad b = \frac{\Delta P}{\Delta T_s} \text{ et } c = \frac{\Delta P}{\Delta T_q}$$

$$\text{ou } \Delta X = X_{final} - X_{initial}$$

A titre d'exemple, pour un objectif tel que : « réduire les temps de changement d'outils de 3% » assure d'après les décideurs une réduction de l'ordre de 6% des délais globaux de mise à disposition des produits. Le coefficient b est alors :

$$b = \frac{\Delta P}{\Delta D} = \frac{0,003}{-0,06} = -0,5$$

le principe de calcul peut être réitéré pour les autres axes de performances assurant ainsi la construction du vecteur de performance associé à l'objectif donné.

Ce procédé de calcul assure donc une évaluation des performances non pas en valeur absolue, mais en valeur relative. On évalue les relations entre les variations souhaitées et l'impact de ces variations souhaitées sur les performances de référence. On peut, dès lors, appréhender quelques limitations à la démarche lorsque l'on souhaite faire une évaluation absolue de l'impact des prises de décision sur les niveaux de performance de l'entreprise.

#### II.3.4.1.3. Analyse globale de cohérence

L'analyse globale de cohérence se déroule en deux étapes :

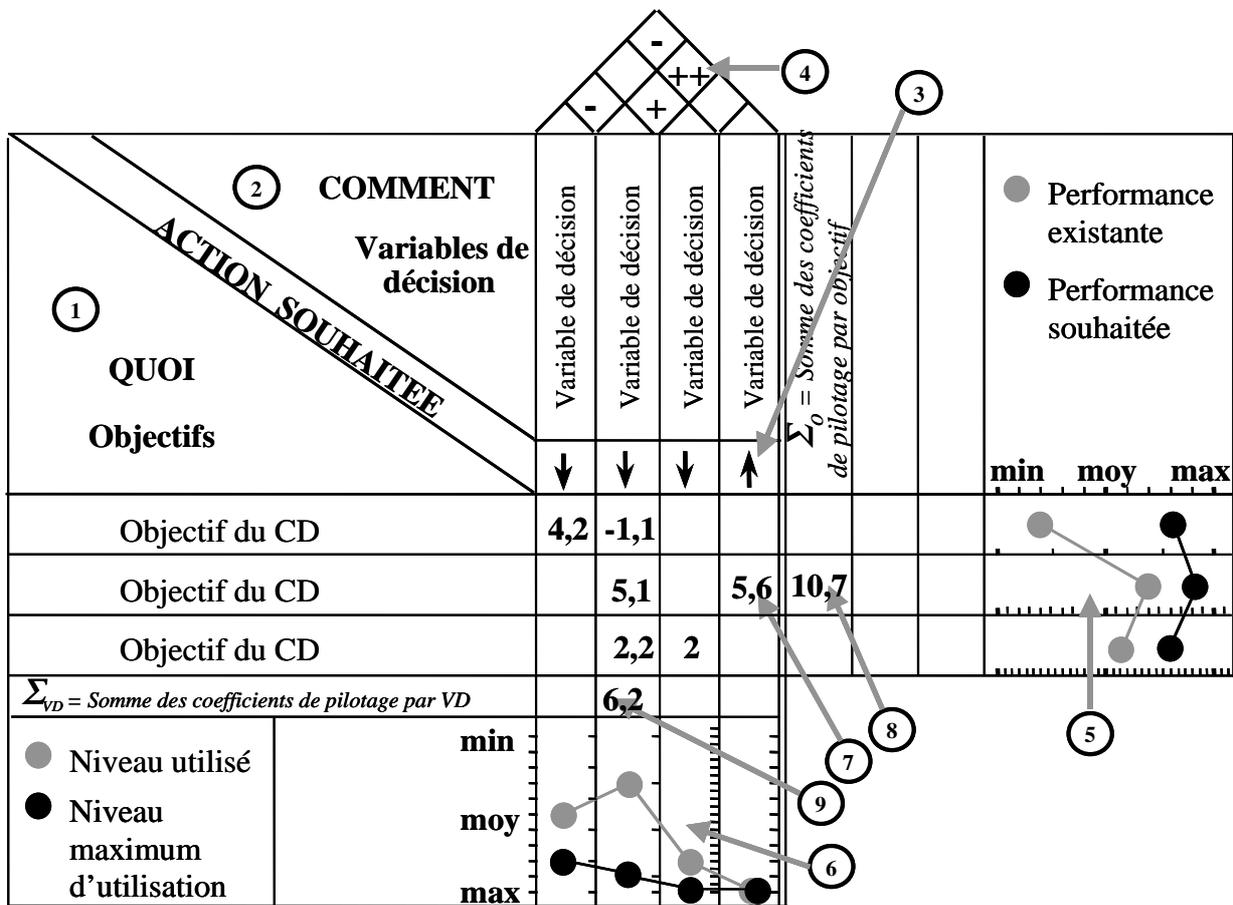
1. Une étape d'analyse de cohérence dans la décomposition des objectifs afin d'assurer un déploiement efficace de l'ensemble des objectifs.
2. Une étape d'analyse de cohérence dans la contribution de chaque objectif à l'atteinte de la performance globale.

Ces deux étapes relèvent d'une analyse interne et globale, au sens où l'on ne considère que le système Objectif sur l'ensemble de la structure décisionnelle. La deuxième partie de la démarche d'analyse (vérification de la cohérence entre les moyens et les buts) est une démarche d'analyse externe et locale relative au positionnement de l'objectif considéré dans le centre de décision.

#### II.3.4.2. La maison de la décision

La Maison de la Décision (figure 2.5) consiste en une représentation matricielle des objectifs d'un système de production et des variables de décision associées. Cette matrice permet notamment de mesurer l'impact de l'utilisation de variables de décision sur l'atteinte des objectifs. En outre, chaque variable de décision étant plus ou moins liée aux autres variables, la Maison de la Décision permet d'évaluer les degrés de corrélation entre variables de décision.

Ducq développe un certain nombre de concepts liés à la Maison de la Décision. Cette maison, bâtie sur le schéma de la maison de la qualité [ King, 1989], est applicable à l'ensemble du système de production, par niveau décisionnel, par fonction ou par centre



de décision.

Figure 2.5 : La Maison de la Décision

Nous pouvons repérer les parties suivantes :

① Cette partie de la Maison de la Décision, contient tous les objectifs du centre de décision considéré. Les objectifs dont la décomposition provient du même objectif père sont adjacents.

② Les variables de décision (le "comment") du centre de décision sont indiquées dans cette partie de la Maison de la Décision.

③ Chaque case de cette partie contient une flèche qui indique le sens de variation souhaité pour la variable de décision afin de faire évoluer la performance de l'activité conduite par le CD dans le sens souhaité par l'objectif.

④ La partie haute de la Maison de la Décision (le toit), montre les degrés de corrélation entre les variables de décision. Ces relations sont symbolisées par le signe + lorsque l'action sur une variable de décision a un impact positif sur une autre variable de décision et ++ lorsqu'il est très positif, et par le signe - ou -- lorsque deux variables de décision sont respectivement en conflit ou réellement antagonistes.

Les concepts suivants ont pour objet de connaître l'état de performance actuel du système et l'état de performance souhaité afin de visualiser clairement le chemin à parcourir. On calcule ainsi la **marge de performance** puis le **potentiel d'utilisation** des variables de décision : il est ainsi possible de définir la trajectoire d'évolution vers la cible définie par les objectifs.

⑤ La **marge de performance** se définit comme *"la différence entre la performance souhaitée d'une activité exprimée par l'objectif et la performance actuelle mesurée par les indicateurs de performance"*.

Une fois représentée la marge de performance pour chaque objectif, on peut alors tracer le profil de la performance actuelle et celui de la performance souhaitée.

⑥ Le **potentiel de décision** représente *"la différence entre le niveau d'utilisation actuel d'une variable de décision et son niveau maximum d'utilisation"*.

La latitude décisionnelle est donc inversement proportionnelle au degré d'utilisation de la variable de décision.

La partie centrale de la Maison de la Décision relie les objectifs et les variables de décision. Elle quantifie également "l'intensité" des liaisons grâce à des coefficients de pilotage dépendants de l'effet des variables de décision sur l'atteinte de l'objectif. Ces coefficients de pilotage représentent *l'effet de levier* d'une variable de décision sur l'évolution de la performance de l'activité pilotée, c'est-à-dire sur l'atteinte de l'objectif.

⑦ La valeur du coefficient de pilotage représente *"le rapport entre une variation d'une graduation sur l'échelle d'action de la variable de décision et la variation de l'atteinte de l'objectif résultante de cette action, sur l'échelle de performance"* :

$$C_{ij} = \frac{\Delta O_i}{\Delta VD_j}$$

Ce coefficient permet de vérifier la commandabilité locale du système considéré.

⑧ Nous appelons  $\Sigma_0$  la somme des coefficients de pilotage pour un objectif. *« Si la somme  $\Sigma_0$  des coefficients de pilotage reliés à un objectif est nulle ou négative, alors les variables de décision ne sont pas cohérentes avec l'objectif considéré »*. On vérifie ici la commandabilité globale du système.

⑨ La somme  $\Sigma_{VD}$  des coefficients des variables de décision permet de vérifier que l'impact global de l'action d'une VD sur le système objectifs.

L'ensemble des concepts étant maintenant présenté, nous décrivons ci-après la démarche dans son ensemble.

### II.3.4.3. Analyse de la cohérence dans le potentiel des Variables de Décision dans la Maison de la Décision

#### II.3.4.3.1. notion de marge de performance prioritaire et de performance maximale atteignable

##### ✓ **Marge de performance prioritaire**

Grâce aux profils des objectifs et des performances actuelles, les décideurs appréhendent rapidement les marges de performance les plus importantes : elles correspondent aux marges de performance prioritaires.

Ducq précise qu'il est difficile d'affecter un seuil de priorité à la marge, car ce seuil dépend de l'importance de chaque objectif.

Pour les marges de performance prioritaires, il est important de vérifier que les variables de décision sont bien adaptées pour faire évoluer le système vers la performance souhaitée.

Il faut donc qu'il existe une ou plusieurs variables de décision ayant un impact fort sur cet objectif. Lorsque cette variable existe, son potentiel de performance doit être suffisant pour faire évoluer la performance souhaitée dans la mesure du besoin et par rapport aux variables de décision qui peuvent être en conflit.

##### ✓ **Performance maximale atteignable : condition d'incohérence**

Il faut s'assurer que les variables de décision reliées à un objectif permettent d'atteindre **totalemment** la performance souhaitée. C'est la notion de complétude dans l'atteinte des objectifs qui est assurée ici. La performance maximale atteignable sera donc calculée pour étudier la complétude.

Pour ce faire, il faut multiplier le degré maximum d'utilisation de chaque variable de décision ayant un impact positif ou négatif sur l'objectif par leur coefficient de pilotage et vérifier qu'on obtient un résultat supérieur ou égal à la performance souhaitée.

Si on pose :

$P_{si}$  = Performance souhaitée = Objectif  $O_i$ ,

$P_i \text{ max}$  = Performance maximale atteignable pour  $O_i$ ,

$n$  = nombre de VD affectées à l'objectif  $O_i$ ,

$D_j$  = degré d'utilisation maximal de chaque  $VD_j$  : il faut noter que  $D_j$  peut être négatif pour une VD à variation attendue négative,

$C_{ij}$  = coefficient de pilotage de chaque  $VD_j$  par rapport à l'objectif considéré,

On obtient alors :  $P_{i-\text{max}} = \sum_{j=1}^n (D_j \times C_{ij})$  ou  $C_{ij} > 0$

On obtient alors la condition d'incohérence suivante :

Si quel que soit  $D_j$  on a  $P_{sj} \geq P_i \text{ max}$  alors il n'existe pas de solutions de pilotage.

Inversement, une première condition de cohérence est que s'il existe  $D_j$   $P_i \text{ max} \geq P_{sj}$  alors il existe une solution de pilotage assurant l'atteinte des objectifs.

✓ **Condition générale de cohérence**

Soit  $P_i \text{ max-inf}$  la performance maximale atteinte lorsque les VD antagonistes sont aussi prises en compte et utilisées au maximum :

$$P_{i\text{-max-inf}} = \sum_{j=1}^n (D_j \times C_{ij}) \text{ ceci } \forall C_{ij}$$

On obtient ainsi la condition de cohérence suivante :

si quel que soit  $D_j$  on a  $P_{sj} \leq P_{i\text{-max-inf}}$

alors, il existe nécessairement des solutions de pilotage. On considère dans ce cas que les VD sont cohérentes avec l'objectif.

Cependant, nous tenons à souligner que nous avons défini des conditions de cohérence et d'incohérence. Lorsque la performance souhaitée se trouve entre ces deux limites, alors il existe des solutions de pilotage mais toutes les solutions ne permettent pas d'atteindre l'objectif. Il faut alors résoudre un système de simplexe pour l'ensemble des objectifs.

#### II.3.4.3.2. Correction d'une incohérence par modification d'une

##### Variable de décision

Lorsqu'une variable de décision n'est pas cohérente avec l'objectif, cela traduit le fait que le décideur n'a pas totalement les moyens d'atteindre ses objectifs.

Afin de remédier à ce problème, il faut augmenter le degré de liberté de décision du centre de décision. Cette liberté de décision peut être modifiée de deux façons :

**Par le relâchement de contraintes sur les Variables de décision :** on modifie ainsi la valeur de la performance maximale atteignable par une variable de décision, en changeant son potentiel de décision, c'est-à-dire en relâchant les contraintes reliées à cette variable.

Le relâchement de la contrainte sur la variable de décision doit se faire en accord avec le décideur qui a transmis le cadre de décision.

Cependant, dans le cas où une contrainte limite plusieurs VD, il faut vérifier dans quelle mesure ce relâchement de la contrainte n'influe pas sur ces autres VD. Dans ce cas, il faut recalculer le potentiel de décision des autres VD.

**Par la définition d'une nouvelle VD :** Lorsqu'une nouvelle VD est définie, il est alors utile de reprendre toutes les étapes de l'analyse de cohérence, depuis la construction de la Maison de la Décision jusqu'à l'analyse de cohérence, c'est-à-dire de :

- ✓ replacer cette VD dans la Maison de la Décision,
- ✓ de calculer l'échelle des actions,
- ✓ de déterminer de degré d'utilisation nécessaire a priori,

- ✓ de déterminer les contraintes associées pour définir le degré d'utilisation maximal en présence des contraintes,
- ✓ de déterminer les coefficients de pilotage pour chaque objectif,
- ✓ de déterminer les éventuels conflits avec les autres VD,
- ✓ de calculer la performance maximale atteignable et de la comparer avec la performance souhaitée.

#### II.3.4.4. Méthode d'analyse de la cohérence Objectifs/Variables de décision

Les différentes étapes de la démarche de construction et d'analyse de la Maison de la Décision ne sont font pas toutes au même moment, certaines prenant leur origine lors de la conception du système de production, d'autres étant renouvelées à chaque période du niveau décisionnel, c'est-à-dire lors de l'exploitation du système de production. les étapes sont les suivantes.

- 1-**La présentation des objectifs** (maison de la décision)
- 2-**La présentation des variables de décision et l'analyse de conflits** (placées dans la partie haute de la Maison de la Décision)
- 3-**Le calcul de l'échelle des objectifs pour chaque objectif** : performance maximale et performance minimale atteignables.
- 4-**Le Calcul de l'échelle des VD** par différence entre la décision maximale possible sur une variable de décision en l'absence de contraintes et la décision minimale.

Ces premières étapes peuvent être réalisées dès la conception de la structure décisionnelle.

- 5-**L'élaboration du profil des objectifs** débute par le placement de la performance actuelle (Indicateurs de Performance), puis la performance souhaitée pour l'objectif considéré.
- 6-**L'élaboration du profil des VD** par positionnement du niveau maximum utilisable pour la variable considérée, puis du niveau d'utilisation actuel.
- 7-**La détermination des coefficients de pilotage** par objectif et pour chaque VD listée.

Les coefficients de pilotage nuls, montrant qu'une VD et un objectif ne sont pas reliés, ne sont pas représentés dans la Maison de la Décision afin d'en faciliter l'analyse.

- 10- **La détermination des conflits entre VD** pour chaque variable de décision.  
Deux VD
- 11- **Analyse des liens Objectifs-VD**
  - Pour les objectifs, cette analyse revient à vérifier que chaque objectif est au moins relié à une VD (commandabilité de l'activité).

On vérifie ensuite la commandabilité globale de l'activité, c'est-à-dire qu'il faut vérifier que l'ensemble des VD reliée à un objectif ne dégrade pas la performance attendue. Pour cela, il faut s'assurer que la somme,  $\Sigma_0$ , des coefficients de pilotage reliés à un objectif, est positive.

- Pour les Variables de Décision, on vérifie que chaque VD est au moins reliée à un objectif avec un coefficient positif : il faut s'assurer que chaque VD a un impact global positif sur le système d'objectifs, en vérifiant que la somme  $\Sigma_{VD}$  des coefficients de pilotage pour chaque VD est positive.

Enfin, lorsque deux variables de décision sont fortement en conflit, on s'assure que ce conflit ne rejaillit pas sur le pilotage du système de production. Il faut pour cela que les coefficients reliés à ces VD ne soient pas "trop" négatifs.

**12- Le calcul du potentiel de décision des VD** effectué à partir du profil de chaque VD : un potentiel important traduit une marge de pilotage importante et une probabilité plus grande d'atteinte des objectifs.

**13- L'analyse de cohérence du potentiel des VD** vérifie qu'elles ont un impact global positif et que leur potentiel est suffisant (mise en correspondance de la marge de performance et du potentiel de décision).

**14- La modification des VD** lorsque les VD ne sont pas cohérentes avec l'objectif considéré, il faut alors les redéfinir :

- soit totalement en gardant les VD jugées les plus utiles (celles dont les coefficients de pilotage positifs sont les plus importants) et en ajoutant de nouvelles VD,
- soit en relâchant les contraintes qui limitent les VD et donc en améliorant le potentiel de performance.

Ces dernières étapes sont effectuées à chaque début de période du niveau décisionnel considéré si nécessaire.

### **II.3.5. Conclusions**

Nous avons au cours de cette deuxième partie décrit les bases conceptuelles pour l'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs en exploitation. Cette démarche, en s'appuyant sur une définition rigoureuse des objectifs du système de production, rend compte précisément de la cohérence entre les objectifs des différents niveaux décisionnels d'une part, mais également entre les objectifs et les variables de décision nécessaires à leur réalisation d'autre part.

Toutefois, le démarche présente une analyse de cohérence statique exclusivement liée au système de production **en exploitation**. Or, l'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation nécessite d'intégrer des aspects dynamiques et d'étendre les principes de modélisation à la conception du système.

## II.4. La gestion de l'évolution

La troisième partie de ce chapitre présente le cadre dans lequel nous allons positionner l'ensemble de nos travaux. En effet, la stratégie industrielle pose deux orientations au système de production. La première lui impose de réaliser des objectifs directement liés aux résultats de l'entreprise : efficacité, productivité, parts de marché, bilan financier... L'autre suggère les pistes de solution à explorer et mettre en œuvre afin de parvenir à maintenir le système dans sa position concurrentielle voire à le faire progresser. Cette deuxième orientation consiste donc en la maîtrise de son évolution sur une trajectoire optimale.

La gestion de cette évolution va se poser comme la garante de la cohérence entre les objectifs d'exploitation du système et les objectifs à atteindre en vue de la faire évoluer correctement. Nous présentons ci-après les travaux les plus récents dans ce domaine et notamment ceux de [Malhéné, 2000].

### II.4.1. Définitions et concepts

On pourrait qualifier l'évolution d'un système comme le passage d'un état à un autre. Les états en question peuvent être des états en termes de niveaux de performance, des états structurels, des états financiers... L'objectif d'une bonne gestion de l'évolution est donc de maîtriser le passage d'un état à l'autre de sorte que le système piloté reste cohérent avec ce que l'on attend de lui. Paradoxalement, cette notion d'évolution est en contradiction avec les concepts classiques d'état : usuellement l'état « normal » d'un système est un état stationnaire (ou tout du moins stable).

Il est possible d'identifier différents types d'évolutions en fonction des changements qu'ils impliquent. L'évolution peut générer des changements profonds ou superficiels, rapides ou longs, consensuels ou imposés. Pour définir ces types de changements, [Malhéné, 2000] propose trois dimensions majeures :

- l'**amplitude** du changement caractérise la manière dont les changements liés à l'évolution du système affectent la réalité de ce système [Grouard, 1993]. Celle-ci peut être modifiée superficiellement, ou en profondeur, avec toutes les nuances possibles entre ces deux extrêmes,
- le **rythme** du changement défini par la fréquence avec laquelle les changements successifs vont intervenir dans le cadre de l'évolution de l'entreprise. Cette notion de rythme est plus intéressante que la seule notion de durée qu'il est nécessaire de rapporter à la profondeur du changement et à l'adaptabilité au changement de l'entreprise,
- la **gestion** du changement identifie l'origine du changement et son mode de propagation. Il peut provenir d'impératifs de gestion issus de la direction et descendre ainsi la hiérarchie [Ferrand, 1994] ou bien encore relever d'une initiative personnelle à partir de l'identification d'un problème ou d'une opportunité quelconque [Smeds, 1997]. La manière dont le changement est initialisé peut varier d'une imposition forte à un consensus total. Le changement n'étant pas à proprement parler « naturel », il est donc presque toujours, d'une certaine façon, imposé.

Nous pouvons également ajouter que le changement est multi-facettes au sens où il touche à de multiples domaines de l'entreprise. [Doz, 2000] propose trois contextes majeurs comme cadre au changement :

- ✓ le contexte stratégique génère une vision de rupture sur le modèle de création de valeur, une nouvelle équation des activités : ce contexte assure la définition d'objectifs crédibles et une augmentation de l'autonomie du personnel,
- ✓ le contexte organisationnel assure la création de nouvelles règles de fonctionnement pour améliorer l'efficacité générale,
- ✓ le contexte émotionnel où l'engagement de chacun doit être re-dynamisé avec notamment un renouvellement de la fidélité à la direction.

Les deux derniers contextes assurent une meilleure visibilité des performances attendues et simultanément une augmentation des avantages humains pour réaliser ces performances (engagements plus forts, efforts plus importants, meilleure coopération...)

#### **II.4.2. Approches dédiées à la gestion de l'évolution des systèmes industriels**

Parmi les nombreuses méthodes se rattachant à l'analyse et la conception des systèmes industriels, peu d'entre-elles se rattachent à la gestion de l'évolution.

Les recherches menées dans cette direction nous ont conduit à étudier des approches qui pourraient être définies comme des philosophies plutôt que comme des méthodes au sens strict du terme : la méthode Toyota ou encore le Kaïzen. Le Kaïzen que nous avons d'abord présenté comme démarche d'élaboration de stratégie, est également dédié à la gestion du changement organisationnel.

##### **II.4.2.1. Kaïzen**

Kaïzen [Imai, 1989], concept parapluie recouvre une grande partie des pratiques typiquement japonaises : orientation vers le consommateur, kanban, Zero-défaut, Activités par petits groupes... Kaïzen repose sur la conviction que l'efficacité de l'organisation est liée à une amélioration « permanente » de la qualité et de la productivité.

Un programme Kaïzen peut se décomposer en trois segments :

**Kaïzen « tourné vers le management »** se concentre sur les grandes questions stratégiques et logistiques de l'entreprise recouvrant ainsi la notion de budget et d'investissement. Il a également pour objectif de donner l'élan nécessaire à cette attitude de progrès continu et d'entretenir la motivation et l'implication de tout le personnel.

**Kaïzen « tourné vers le groupe »** est mis en œuvre par des groupes qui utilisent différents outils statistiques pour résoudre des problèmes. On retrouve le cycle PDCA ici enrichi par le fait que les membres du groupe doivent non seulement identifier les secteurs à problèmes, mais aussi, en rechercher les causes et les analyser, appliquer et tester de nouvelles mesures et enfin établir de nouvelles normes et/ou de nouvelles

procédures. Il appartient alors à l'encadrement de responsabiliser et d'impliquer les groupes dans le cadre de la conception du système en établissant des relations de coopération.

**Kaizen « tourné vers l'individu »** implique l'acteur individuel au travers d'un système de « suggestions ». Ici, on dit que l'individu est impliqué lorsque son attitude se modifie de manière positive à l'égard du changement et de l'amélioration de sa façon de travailler.

Kaizen tourné vers l'individu est souvent considéré comme un stimulant moral, et l'encadrement n'attend pas toujours de chaque suggestion un résultat économique immédiat. Une attitude attentive et une bonne réaction de la part de l'encadrement sont essentielles pour que les travailleurs deviennent des "travailleurs pensants", toujours à l'affût de la meilleure façon d'accomplir leur tâche.

Du point de vue du management, « Gestion transfonctionnelle » et « Déploiement de la politique » sont les deux concepts clés du management qui soutiennent la gestion du Kaizen.

**La gestion transfonctionnelle** se rapporte à la coordination des activités des différentes unités dans le but d'atteindre les objectifs transfonctionnels qui sont ceux du Kaizen. Une entreprise est organisée autour de grandes fonctions dites verticales : recherche & développement, production, études, etc. Dans ce type d'organisation, les responsabilités sont déléguées et l'objectif de profit poursuivi. Parmi les objectifs du TQC, on ne trouve pas seulement des profits élevés mais aussi des améliorations générales, dans des domaines comme la formation du personnel, la satisfaction de la clientèle, l'assurance qualité, le contrôle des coûts, etc. Ces objectifs réclament donc des efforts du type transfonctionnel coupant horizontalement l'entreprise.

**Le Déploiement de la politique** est le processus de diffusion des politiques Kaizen à travers toute l'entreprise, du niveau le plus élevé au niveau le plus bas. En fait, et selon la définition qu'en donne le Kaizen, le terme politique recouvre à la fois les objectifs et les orientations, aussi bien au niveau long terme, qu'au niveau court terme. Le déploiement de la politique est donc un moyen de diffusion à tous les échelons, de l'engagement de la direction.

La notion de déploiement de politique démontre quant à elle que l'évolution d'une entreprise nécessite une importante planification stratégique dont l'objectif est, d'une part, de définir des objectifs d'évolution à un niveau long terme pour l'entreprise et, d'autre part, de traduire ces objectifs sur des horizons temporels plus réduits, adaptés à la définition du groupe et de l'individu. Le déploiement de la politique tend donc à montrer que le processus d'évolution d'une entreprise sous-entend plusieurs niveaux de gestion, du stratégique vers l'opérationnel sous peine de voir émerger une multitude de projets aux objectifs épars qui ne concourraient en aucune façon à l'atteinte des objectifs de l'entreprise. Cet aspect est à rapprocher des travaux développés actuellement et concernent le déploiement des objectifs au sein des structures de gestion [Ducq, 1999].

#### II.4.2.2. Apprentissage organisationnel

Un nombre croissant d'auteurs considère qu'il est d'autant plus intéressant de comprendre en quoi l'entreprise devient une organisation apprenante que nous sommes persuadés que la société doit se comporter de la même manière. Trois facteurs principaux expliquent cet engouement [Helfer, 2000]:

1. les changements de plus en plus rapides de l'environnement impliquent des modes d'apprentissage plus efficaces,
2. la place prise par les compétences et les savoir-faire dans les performances de l'entreprise poussent à l'approfondissement des mécanismes de création, de diffusion et de mémorisation de ces savoirs,
3. le vieillissement des personnels, les plans de licenciement entraînent inévitablement des pertes de connaissance qu'il faut avoir capitalisées au préalable.

On distingue clairement trois formes d'apprentissage : l'apprentissage individuel, l'apprentissage organisationnel, l'apprentissage par adaptation ou par transformation. Ces trois formes différentes s'inscrivent dans ce qu'il est courant d'appeler la mémoire organisationnelle.

✓ **L'apprentissage individuel** est « ce qui introduit un changement relativement permanent dans un comportement récurrent chez un individu donné » [Akin, 1987]. [Kolb, 1986], [Senge, 1991] identifient quatre phases dans un cycle d'apprentissage que [Kofman, 1992] définit par un cycle OADI (Observe-Assess-Design-Implement) qui décrit un apprentissage normatif. Il combine un apprentissage opérationnel (savoir comment) et un apprentissage conceptuel (savoir pourquoi). [Houdoy, 1999] affirme que l'apprentissage réussi et transmissible implique la généralisation conceptuelle d'une expérience concrète. Il résulte d'un équilibre entre l'accommodation et l'assimilation (Piaget) et traduit un double mouvement qui va du concret à l'abstrait puis de l'abstrait au concret. Il correspond à une situation optimale, normative, donc rare, et de nombreuses résistances à ce modèle ont été rencontrées, tout particulièrement dans le milieu industriel.

✓ **L'apprentissage organisationnel** est la capacité, pour l'organisation, d'accroître, au fil du temps, l'efficacité de son action collective. Il s'agit donc d'un processus qui, à l'intérieur de l'entreprise, permet de répandre la connaissance des relations de causes à effets entre les actions et leurs résultats [Nonaka, 1988]. Cet aspect de partage des connaissances implique un partage de modèles dits mentaux.

✓ **Apprentissage par adaptation** est un changement superficiel et en grande partie inconscient par lequel un individu, ou une organisation, recherche la symbiose avec son environnement par mimétisme ou par conformisme [Senge, 1991]. Il favorise l'assimilation au détriment de l'accommodation et se limite à l'apprentissage opérationnel. Il n'y a pas de construction, ni d'un nouveau sujet ni d'un nouvel environnement. Il renonce non seulement à changer l'environnement, mais à le comprendre. Les structures fonctionnelles, en favorisant le cloisonnement en services

ou départements, ne sont propices qu'à l'adaptation. Il leur manque la dimension conceptuelle, le passage par l'abstraction et la pensée consciente. [Argyris, 1978] parle de boucle d'apprentissage simple.

[March, 1975] distingue l'organisation et l'individu. Il introduit les croyances individuelles pour expliquer l'action individuelle suite à l'observation de l'environnement. A leur tour, les actions individuelles génèrent une action organisationnelle qui provoque une réponse de l'environnement. Son modèle montre que chaque transition est le lieu d'une ambiguïté voire d'un blocage qui génère des cycles d'apprentissages incomplets.

#### ✓ **Apprentissage par transformation**

Par opposition, [Argyris, 1978] qualifie la transformation comme une boucle d'apprentissage double. Elle correspond à un véritable changement individuel ou organisationnel. Elle ne se limite pas à l'apprentissage opérationnel, mais fait une grande place à l'apprentissage conceptuel. La transformation combine l'assimilation et l'accommodation dans une démarche constructiviste. Il y a construction simultanée d'un nouveau sujet et d'un nouvel environnement. [Senge, 1991] parle d'apprentissage générateur. Des structures de dialogue sont nécessaires à la transformation.

#### ✓ **La mémoire organisationnelle**

L'apprentissage organisationnel par transformation en tant qu'activité consciente et déterminée requiert une mémoire active : ce sur quoi l'organisation fixe son attention, ce qu'elle décide de faire et ce qu'elle choisit de retenir de ses expériences. Il faudrait parler de la mémoire d'évocation. [Smets, 1997] indique que cette mémoire doit être sauvegardée au moyen des modèles mentaux et s'accompagne d'une formalisation et d'une capitalisation informatique adéquates. D'où une nouvelle vision du rôle de l'informatique dans l'entreprise développée notamment par [Reix, 1990].

Pour s'échanger, les modèles mentaux doivent donc se formaliser, se transformer en autre chose. Il est nécessaire dès lors de distinguer information (données, documents, messages) et connaissance qui est la capacité à comprendre, interpréter et stocker les sources d'information [Houdoy, 1999].

#### ✓ **Conclusions sur l'apprentissage organisationnel**

De la même manière que le Kaizen, l'apprentissage organisationnel ne peut en aucun cas être considéré comme une méthode. D'ailleurs, ce paragraphe n'en présente que les principes en insistant sur leur fondement. Pour autant, de nombreux concepts semblent pouvoir enrichir ces travaux, ou tout du moins, confirmer nos réflexions, notamment dans le domaine du management des connaissances. On pourra citer par exemple MKSM de [Ermine, 1996] qui développe un formalisme et une démarche structurée pour l'acquisition des connaissances et leur mise à jour permanente.

### II.4.3. Démarche globale de gestion de l'évolution (GEM)

#### II.4.3.1. Principe de la démarche globale de GEM

Nous allons maintenant décrire la méthode de gestion de l'évolution développée au laboratoire d'Automatique et de Productique de l'Université Bordeaux I. Celle-ci s'inscrit dans un cadre plus globale de démarche de modélisation d'entreprise initié au cours des années 80 [Doumeingts, 1984] : la méthodologie GRAI. Cette méthode appelée GEM [Vallespir, 2000] pour GRAI Evolution Methodology et développée dans le cadre du projet européen EUREKA TimeGuide, est probablement l'une des seules démarches structurées assurant la conduite complète du processus d'évolution de l'entreprise. Celle-ci, en s'appuyant sur un certain nombre de concepts relatifs à l'évolution du système, à leur dynamique également, assure un pilotage cohérent et structuré par le biais de l'identification de trois niveaux de gestion.

La démarche générale souligne la dynamique du processus d'évolution. Il ne peut s'agir d'une représentation linéaire et séquentielle de phases. La figure 2.6 présente les trois niveaux de gestion à mettre en œuvre ainsi que les représentations conceptuelles qui leur sont associées. En outre, la démarche globale met en avant les états et les temps remarquables du processus d'évolution : état initial, étape et cible, période stratégique et horizon stratégique.

Lorsque l'étape est mise en œuvre, la démarche GEM insiste sur la nécessité à développer une nouvelle vision stratégique (cible 2) : la trajectoire d'évolution initiale est alors modifiée en fonction des changements environnementaux.

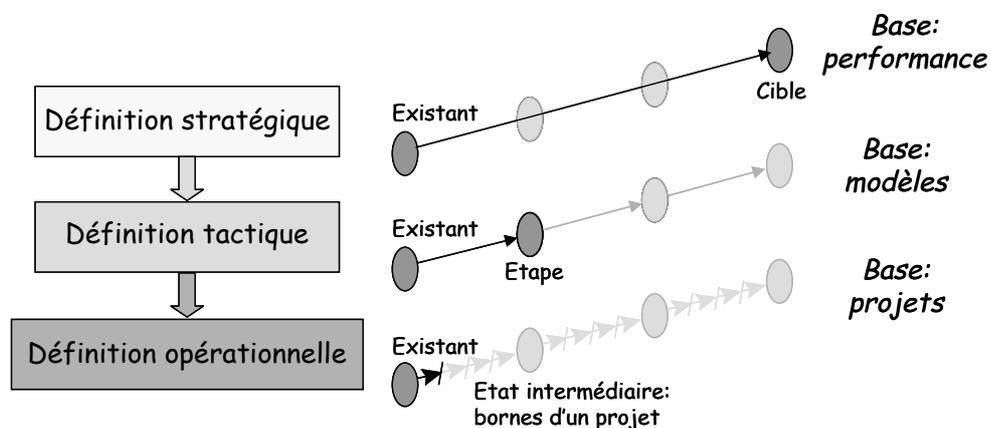


Figure 2.6 : Démarche structurée de GEM

Chaque niveau état du système est caractérisé par deux propriétés fondamentales :

- ✓ La pertinence qui justifie la contribution de l'état à l'atteinte des performances globales,
- ✓ L'accessibilité qui justifie les possibilités qu'il y a à atteindre effectivement l'état en question.

Dans ce cadre, chaque niveau de gestion s'il est parfaitement défini contribue à la réalisation des objectifs stratégiques d'évolution, c'est-à-dire à l'atteinte de la cible.

#### II.4.3.2. Principes de gestion : niveau stratégique

La démarche structurée de GEM conduit donc à la mise en œuvre de trois niveaux de gestion : le niveau stratégique, le niveau de définition des actions et enfin le niveau de conduite de projets d'évolution.

Ces trois niveaux sont stables sur des horizons qui leur sont propres, et qui vont du plus long (niveau stratégique) au plus court (conduite de projets). Pour chaque horizon, la notion de performance et, surtout, les techniques qui permettent son évaluation diffèrent notablement.

Les principes de base de la démarche caractérisent tout à fait les trois niveaux en question, mais ne font que suggérer des pistes quant à leur intégration. Celle-ci est établie au travers de la décomposition des objectifs d'un niveau à l'autre. Or, les outils d'analyse de la cohérence entre les objectifs d'un niveau à l'autre n'ont pas encore été spécifiés. Notre volonté est donc de proposer les outils nécessaires à l'analyse de la cohérence entre les niveaux de gestion de la démarche. Dans un premier temps nous rappelons les principes de chaque niveau, puis nous décrivons la problématique d'analyse de la cohérence intra niveau et inter niveaux.

[Melese, 1972] déclare que les finalités d'un système ne peuvent se construire que par rapport à ses relations avec l'extérieur. Or, c'est bien au niveau stratégique de jouer ce rôle d'interface entre le système et son environnement.

#### Définition de la cible

La finalité première d'un système étant de se maintenir dans un état d'équilibre, le niveau stratégique doit donc définir une **Cible** adaptée à un environnement, caractérisée à un instant  $t$ , afin de guider le système, dans son processus d'évolution, vers un état d'équilibre.

La définition de la cible se fait par le biais de l'expression des performances que le système de production devra être à même de réaliser à l'issue de l'horizon stratégique. Ainsi, l'établissement de la cible doit présenter un certain nombre de garanties quant à son atteignabilité :

- 1- les performances souhaitées pour la cible doivent être réalistes au regard de l'évolution du marché, de l'obsolescence du système de production, de l'évolution des besoins...
- 2- les orientations stratégiques de la cible ne doivent pas dégrader les performances actuelles du système,
- 3- ces mêmes orientations doivent être cohérentes relativement au « saut » d'état que doit réaliser le système pour passer de l'état actuel à l'état Cible.

Toute la démarche d'analyse de cohérence sur le niveau stratégique repose donc sur l'évaluation des niveaux de performance du système que ce soit dans son état actuel que

dans son état Cible, et par extension dans ces états intermédiaires. Il faut également être en mesure d'évaluer l'impact des orientations stratégiques sur les niveaux de performances intermédiaires et Cible.

Dans cet esprit, la stratégie d'entreprise permet l'identification du référentiel de performances. Dans la démarche associée à GEM, deux approches possibles sont envisagées pour définir les objectifs de performance de la Cible.

- **Benchmarking stratégique** : vise à identifier les principaux « business processes » des entreprises partenaires à partir desquels des indicateurs clés de performance [ENAPS, 1997] vont être définis. Le résultat de la comparaison des indicateurs permet à l'entreprise de se construire une cible propre : c'est donc une définition de facteurs clés pour le succès.
- **Approche de formulation de la stratégie industrielle** : Nous retiendrons que dans le cadre de GEM l'approche stratégique retenue est celle proposée par Kleinhans que nous avons décrite précédemment.

#### **Evaluation de la performance de l'Etat Initial**

Les performances de l'état initial s'inscrivent dans le référentiel précédent. L'évaluation repose sur la mise en place d'un système d'indicateurs de performance adapté à la mesure de l'état du système. Il ne s'agit donc pas d'un système de mesure de performances classique (Balanced scorecard [Kaplan, 1992] ou ECOGRAI [Doumeingts, 1998]).

Dès lors, il est possible de se rendre compte de la distance qui sépare l'Etat Initial de la Cible et ainsi de définir une trajectoire d'évolution. La principale difficulté est bien entendu l'identification du référentiel en question qui n'est pas nécessairement le triptyque classique Coût, Qualité, Délai : il est défini par la stratégie industrielle et peut donc intégrer des domaines de performance liés par exemple aux Order Winning Criteria, ou aux performances définies par Hayes et Wheelwright.

#### **Définition de la trajectoire d'évolution**

La définition de la trajectoire d'évolution repose sur l'identification des états intermédiaires (Etapas) situés entre l'Etat Initial et la Cible.

Selon les principes de la commande prédictive [Richalet, 1993], on définit un état dont la performance va tendre vers celle définie par la Cible. L'incertitude relative à la performance des Etapes peut être limitée par l'utilisation d'un principe de pertinence lié à la trajectoire d'évolution où les objectifs de la Cible sont poursuivis « proportionnellement » au niveau de l'Etape : il ne faut pas, au niveau de la définition de l'Etape, tenter de privilégier une composante du vecteur performance de la Cible au détriment d'une autre, ou bien encore, un objectif de la Cible au détriment d'un autre. Conformément à ce principe, les deux niveaux de performance, Etat Initial et Cible, doivent permettre d'évaluer une performance approchée pour l'Etape confirmant ainsi que le processus d'évolution entraîne bien le système vers la Cible.

### II.4.3.3. Principe de gestion : Niveau Tactique

Ce niveau comprend plusieurs tâches dont la plus importante est la définition des étapes sur la trajectoire d'évolution. Ce niveau de gestion opère dans le « monde des modèles », contrairement au stratégique qui définit uniquement des performances. Il faut ici conduire l'évolution du système au travers de l'évolution de sa structure. On définit l'état initial et la première étape par le biais de techniques de modélisation d'entreprise (GRAI Integrated Methodology) puis on en déduit les plans d'actions à même de conduire de l'état initial à l'étape.

Les étapes doivent être réalistes (et donc en rapport avec l'état actuel du système) et cohérentes également avec l'état Cible. On identifie deux composantes majeures pour la définition de la trajectoire d'évolution:

- la première rend compte de la performance à atteindre pour la prochaine Etape : l'Etape correspond à la vision de Cible pour le niveau stratégique et est définie sur un horizon de temps plus court. Elle assure l'atteinte d'un état d'équilibre intermédiaire [Gallois, 1990]. L'étape est définie par un ensemble de modèles offrant chacun une vision du futur système en termes de performance, ou plus exactement en termes de domaines de performance possibles pour l'exploitation. Le délai au bout duquel l'étape est mise en œuvre s'appelle la **Période Stratégique**,
- la seconde composante, d'ordre structurel, rend compte des modifications à apporter au système actuel pour qu'il atteigne ce niveau de performance. Il existe une forte liaison entre le niveau stratégique et le niveau tactique, le premier fixant les objectifs et validant les actions du second. Ainsi, nous retrouvons une décomposition en deux systèmes ou le niveau dit de gestion stratégique pilote le niveau inférieur dit de gestion tactique. Ce pilotage induit naturellement une décomposition des objectifs de la cible en objectifs détaillés, à charge pour l'étape de les réaliser (figure 2.7).

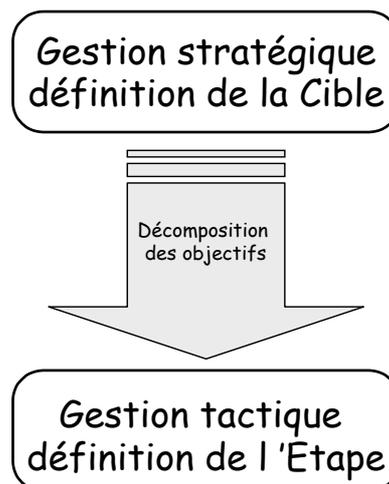


Figure 2.7 : Gestion stratégique et gestion tactique

La boucle de retour du niveau tactique vers le niveau stratégique doit alors inclure la performance effectivement atteinte par l'état intermédiaire. A partir de cette information et de la prise en compte des nouvelles variables environnementales, le niveau

stratégique peut réagir en définissant une nouvelle Cible comme le ferait n'importe quelle commande automatique.

Il faut noter qu'il est souvent vain de définir plusieurs étapes sur la trajectoire d'évolution, dans la mesure où les variations de l'environnement entraînent généralement l'obsolescence des étapes trop « lointaines ».

#### II.4.3.4. Principe de gestion: Niveau opérationnel

Dernier niveau relatif à la gestion de l'évolution, le niveau opérationnel est très semblable à la gestion de projets en ce sens qu'il s'agit sur ce niveau de gestion de mettre en œuvre les solutions définies au niveau supérieur de définition des Etapes. L'objectif de ce niveau est double :

- d'une part, ce niveau prend en charge l'implantation des solutions de conception identifiées au travers de l'Etape et plus en amont encore au travers de la cible,
- d'autre part, il assure le maintien de la cohérence dans le processus d'évolution en assurant à chaque instant que les solutions proposées sont compatibles avec l'état actuel du système de production, c'est dire qu'il n'y a pas de dégradation des performances actuelles.

Comme pour le niveau de gestion précédent, il est possible d'identifier la relation système de pilotage / système piloté entre les deux niveaux (figure 2.8). Le niveau opérationnel décompose le cadre global transmis par le niveau tactique et qui doit être considéré comme son objectif.



Figure 2.8 : Pilotage du niveau opérationnel

En identifiant le modèle global du système à implanter, le niveau tactique fournit au niveau opérationnel un cadre dans lequel il a en charge de mettre en œuvre un certain nombre de projets. La gestion opérationnelle doit donc considérer les différentes ressources disponibles pour implanter ces différents projets. Elle doit, en particulier, identifier les ressources qui devront être partagées. D'autre part, certains projets ne pourront être initialisés que lorsque l'implantation d'un autre projet sera achevée. Dès lors, la problématique associée à la gestion opérationnelle se déplace vers une problématique de la gestion multi-projets [Bultel, 1994].

[Malhéné, 2000] précise que ce niveau de gestion doit assurer le passage d'une évolution par saut à une évolution continue. En fait, il s'agit de se dégager des aspects conceptuels de la gestion de l'évolution (propres à toute phase de conception) pour fusionner les solutions de conception et le système **concret** en exploitation. Ainsi, la gestion de l'évolution du système de production n'est pas continue au sens dynamique du terme, mais elle est continue au sens où elle limite les ruptures entre les différents niveaux d'abstraction considérés.

#### **II.4.4. Conclusions sur les méthodes de gestion de l'évolution**

Nous avons, au cours de ce paragraphe proposé, un état de l'art synthétique des grandes méthodes de gestion de l'évolution. Nous nous sommes particulièrement concentrés sur *GRAI Evolution Methodology*, qui est, à notre avis, l'une des rares méthodes à proposer une démarche structurée de mise en œuvre du changement ainsi que des outils formalisés d'évaluation des états d'un système en termes de performance.

Il convient maintenant d'apporter à la démarche des outils supplémentaires relatifs notamment au maintien de la cohérence entre les objectifs des différents plans, mais également entre les objectifs eux-mêmes et les moyens pour les mettre en œuvre. Ces outils ne sont pour le moment pas proposés par la démarche et ceci corrobore notre problématique et notre analyse qui montre notamment qu'un grand nombre de projets de changements aboutissent à des résultats médiocres ou tout du moins décevants.

En outre, un problème supplémentaire semble émerger de notre analyse. Il concerne l'évaluation des performances associées à un état du système. On peut citer par exemple le cas de la mise en œuvre d'un projet dont l'effet, en termes de performance, ne sera ressenti qu'à l'issue de l'implantation complète du projet. Au contrario, il est tout à fait envisageable d'observer une amélioration continue des performances parallèlement à la mise en œuvre d'un projet : c'est typiquement le cas d'un projet de formation qui améliore les compétences des ressources humaines tout au long de sa réalisation.

Ainsi, dans le cas de la mise en œuvre concourante de plusieurs projets de durée et de finalité différentes, l'évaluation des performances associées aux états successifs nécessite la prise en compte des dynamiques de chaque projet. Ce problème est récurrent à chacun des niveaux de gestion de l'évolution et pas seulement au niveau opérationnel. Or, les outils à notre disposition, par exemple [Ducq, 1999], n'offrent à l'heure actuelle que des possibilités d'évaluation statique : le système et son environnement sont stables.

#### **II.5. Bilan et pistes de recherche**

Pour les raisons que nous venons de donner précédemment, il nous est maintenant nécessaire de présenter un bilan des travaux sur les liens de corrélation existants entre la phase de conception et la phase de production du système de production

En effet, l'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation passe impérativement par l'évaluation de l'impact du choix de conception sur le système en exploitation. Cette évaluation impose de modéliser les choix de

conception et le système à l'aide des mêmes outils. L'analyse de cohérence repose alors sur la mise en œuvre de concepts étroitement liés d'une part aux notions pilotage multi-dynamiques (dynamique de conception et dynamiques d'exploitation) et, d'autre part, aux notions de modèle de référence pour l'expression de la performance, notions sur lesquelles nous reviendrons au cours des chapitres suivants.

### **II.5.1. Corrélation Conception/Exploitation : aspects dynamiques**

En fonction des performances visées par le plan stratégique et des objectifs de conception à atteindre pour la réalisation des plans de changement, il est possible de faire varier les performances futures du système. Ces performances sont, bien entendue, induites par les choix de conception.

Partant de l'hypothèse suivante : le pilotage de toute activité consiste en la synchronisation d'un flux de produits sur une des ressources (principe de base du modèle GRAI), nous affirmons que le pilotage de l'activité de conception du système de production consiste en la synchronisation de produits de conception (ensemble d'information, de données d'expériences) sur des ressources de conception (designers, experts des domaines concernés, moyens informatiques...) [Girard, 1999], [Kromm, 2000].

Les produits conçus génèrent de fait les choix pour les ressources ainsi que l'organisation du système exploité ou qui sera exploité. A chaque niveau de gestion de la conception, on peut alors modifier les ressources tant humaines que technologiques du système exploité. Kleinhans propose de conduire alors le cycle de vie du produit à l'instar d'un processus classique, sur la base d'une conduite multi-échelons.

Dans cet esprit, chaque phase du cycle de vie est elle-même l'objet processé d'un cycle de vie d'un niveau supérieur.

Ces modifications prennent effet sur toute la durée d'exploitation restante du système concerné. Il faut préciser que les périodes et horizons associés aux différents niveaux de pilotage de l'évolution et de l'exploitation sont différents. Les horizons d'exploitation sont déduits de la durée des cycles pilotés par chaque activité. Les horizons d'évolution (et les périodes stratégiques associées) dépendent des occurrences des changements et perturbations de l'environnement de l'entreprise (marché, concurrents, évolution technologique...). De la durée de ces cycles, il est possible de déduire les couples horizons/périodes des niveaux des systèmes de pilotage de la conception et de l'exploitation, chacun de ces deux systèmes étant bien entendu cadrés par la stratégie d'entreprise. Ce sont les niveaux déterminés précédemment qui vont lier les performances de conception et d'exploitation du système.

Kleinhans décrit les liens qui unissent deux cycles de niveaux différents. Il précise que le lien peut se faire :

1. par mise à disposition de matière d'œuvre : c'est le cas de tout sous-traitant vis-à-vis de son donneur d'ordre,

2. par mise à disposition des ressources : c'est le cas typique du système de production,
3. par mise à disposition de données de réalisation : c'est le cas d'un bureau d'étude vis-à-vis de la production.

Il est alors possible de représenter les liens dynamiques entre les phases de conception (et par extension d'évolution) et d'exploitation à l'aide du schéma suivant (figure 2.9):

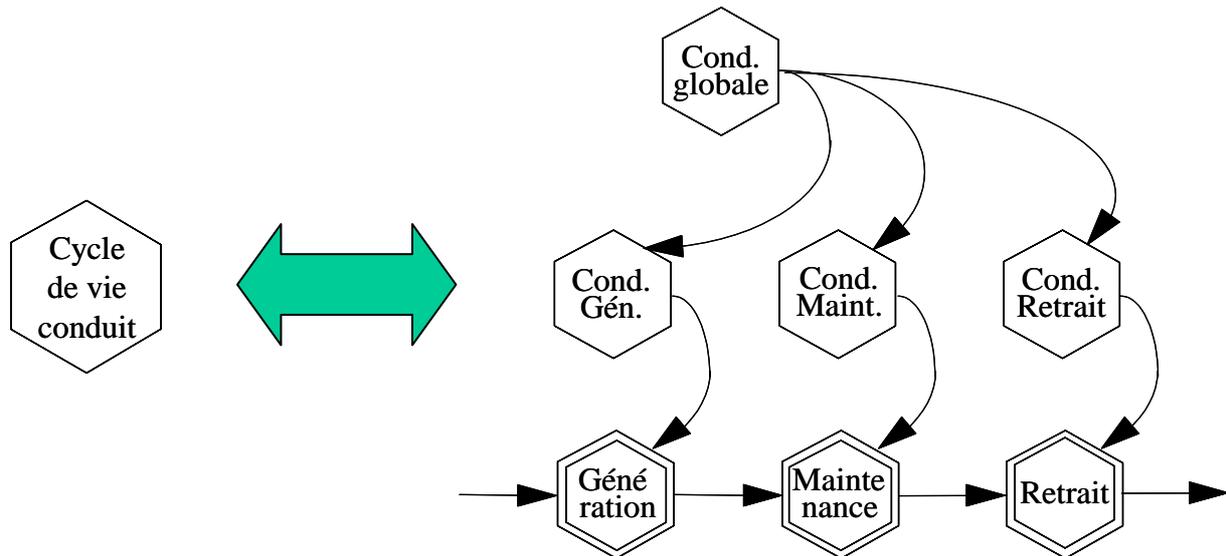


Figure 2.9 : Dualité Conception/Exploitation [Kleinhans, 1999]

Les ressources du système de production sont générées par le système de conception, et sont mises à disposition du système de production lui-même. Dans ce cas, la déconnexion temporelle entre les deux phases du cycle de vie empêche une conduite intégrée : chaque cycle possède sa propre dynamique de génération, de maintenance/exploitation et de retrait. La conduite globale est assurée par la stratégie industrielle selon des principes de pilotage multi-échelons.

Ce schéma illustre la complexité des relations unissant les deux phases décrites. Elles sont bien sûr dynamiques, mais également structurelles puisque les choix de conception vont venir modifier la structure exploitée.

Dans un souci d'optimalité, il convient donc d'assurer la synchronisation/coordination des décisions sur les différents niveaux de gestion de la conception et de l'exploitation. Ces deux principes sont pris en compte au travers de la stratégie industrielle :

Cette dernière vise à établir les plans d'exploitation du système de production ou plans d'activités généraux, ainsi que les objectifs d'évolution à poursuivre. Par suite, les objectifs de conception sont déduits des objectifs d'évolution mais doivent également tenir compte du potentiel réel du système, c'est-à-dire des objectifs d'exploitation possibles. Ces plans d'activités permettent donc d'effectuer l'intégration de processus de conduite de cycles de niveaux différents (cycle de conception et cycle d'exploitation).

Il faut noter que la notion de potentiel se retrouve au travers du concept de Variété. [Albouy, 1972] parle de contrôle par la structure. Cela traduit en fait que les performances du système sont limitées intrinsèquement par les capacités des objets mis à disposition par le niveau supérieur : le contrôle par la structure est donc une variété résultante plus faible que la totalité des variétés possibles.

### II.5.2. Synchronisation et coordination

Pour compléter les observations précédentes, nous revenons ici sur les principes de coordination et de synchronisation.

La conception d'un système, et plus généralement d'un objet, possède ceci de particulier que l'objet conçu et la fonction qu'il va remplir évoluent en même temps que la connaissance que l'on a de l'objet s'affine. Pour [Giard, 1993], le projet de conception

*« est une heuristique mettant au prise des professionnels tendus vers une finalité projetant des valeurs et des représentations, et d'un autre côté, un contexte physique et social, transformé par l'intervention mais qui répond, surprend, et transforme en retour la trajectoire du concepteur, amène des re-formulations du problème, fait évoluer la cible ».*

Ce qui ressort de cette définition est bien la double évolution de la Cible en tant qu'objectif à atteindre et de la connaissance des modèles nécessaires à la réalisation de la Cible. Dans le cas du système de production, cette particularité est encore amplifiée par l'inertie même du système en exploitation.

Au cours de la phase de conception, le projet de conception se déroule, et simultanément, la connaissance du produit s'affine [Girard, 1999]. Or, pour ce qui est du système de production, la phase de conception correspond à la mise en œuvre de solutions techniques, organisationnelles ou autre sur un système généralement déjà existant.

Si l'on reprend les principes de gestion de GEM, la cible est valide sur l'horizon stratégique d'exploitation. Par contre, l'horizon de mise en œuvre des étapes de l'évolution (Etape et Projets) est complètement distinct des horizons d'exploitation (horizon moyen terme du Plan Directeur de Production par exemple ou horizon court terme d'un Plan Charge).

Il faut donc voir qu'à l'issue de l'horizon stratégique, les performances d'exploitation et les objectifs d'évolution doivent être atteints. Ce qui suppose que les solutions de conception mises en œuvre aient été implantées, et appropriées afin de remplir complètement les objectifs stratégiques.

C'est donc la stratégie industrielle qui assure la **synchronisation** des décisions à la fois en exploitation et en évolution mais également leur **coordination** afin de mettre en œuvre un pilotage cohérent du système exploité. En termes d'objectifs :

1. La **Synchronisation** consiste essentiellement à lier « horizontalement » les décisions propres à chaque phase, c'est-à-dire à s'assurer par exemple que les objectifs stratégiques vont bien être déclinés en objectifs d'évolution, puis en objectifs de

conception et simultanément en objectifs d'exploitation... il s'agit donc des mêmes principes que ceux développés dans la méthodologie GRAI pour l'exploitation du système.

2. [Giard, 1993] rappelle que l'activité de **Coordination** est partagée en deux étapes :

- Une étape *d'anticipation* évidente au regard de l'activité à piloter (à savoir le projet d'une « réalité à venir ») dont l'objectif est d'anticiper sur les résultats des processus.
- Une étape *suivi régulation* qui met à disposition la capacité nécessaire au suivi des processus contrôlés.

La coordination est donc bien plus qu'une simple liaison entre les activités, elle construit un espace et un temps commun à partir d'espaces et de temps spécifiques.

[Malone, 1987] suggère de ne prendre en compte que deux formes de coordination :

1. une coordination statique basée sur des procédures pour la coordination de situations routinières,
2. une coordination dynamique basée sur l'intervention d'un décideur ayant pouvoir sur les décideurs des activités à coordonner.

Ces constatations relatives à l'intégration des phases de conception et d'exploitation du système de production nous amène à deux remarques fondamentales :

L'évaluation des performances en exploitation et l'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs ne prennent tout leur sens que dans une vision dynamique puisque le système oscille en continu entre son exploitation et sa maintenance.

Les outils à notre disposition en termes de modélisation sont trop peu complets pour assurer une connaissance suffisante du système nécessaire à la bonne gestion de son évolution, c'est-à-dire pour maîtriser les aspects de coordination et de synchronisation des deux phases sus-décrites.

### **II.5.3. De l'analyse de cohérence pour la gestion de l'évolution**

Suite à ces éclaircissements sur les concepts de coordination et de synchronisation, nous proposons maintenant de définir la démarche d'analyse de la cohérence qui guidera l'ensemble des travaux de ce mémoire.

Dans le cadre de GEM, deux orientations évidentes émergent quant au besoin de cohérence dans la décomposition des objectifs de conception

1. **une orientation intra niveau de gestion**, ou l'analyse porte sur le maintien de la cohérence entre les objectifs de conception du dit niveau et les moyens à mettre en œuvre pour les réaliser : ici, l'étude s'appuie essentiellement sur l'évaluation des performances associées aux choix de conception et la comparaison de cette évaluation avec les performances finales attendues,
2. **une orientation inter niveaux de gestion** portant sur l'analyse de cohérence entre les objectifs de conception du niveau supérieur et les objectifs de conception du niveau inférieur : cette deuxième analyse s'appuie sur la traduction de chaque

objectif dans le référentiel pré-défini afin de vérifier la contribution de chacun d'eux à l'atteinte des objectifs globaux.

Pour ces deux orientations, il nous faut établir deux démarches, chacune d'elles étant indépendante du niveau de gestion considéré pour des raisons de généralité. Les-dites démarches s'appuieront sur les principes déjà établis pour l'analyse de la cohérence en exploitation, à savoir, une approche descendante puis ascendante, l'expression de la performance dans un référentiel commun, et l'utilisation du vecteur de performance pour le calcul des contributions aux niveaux de gestion supérieurs.

#### **II.5.4. Démarche globale d'analyse de la cohérence**

Nous pouvons donc dès maintenant formaliser la démarche d'analyse de la cohérence. Celle-ci se déroule en deux phases, l'une concernant l'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs, l'autre phase portant sur l'analyse de la cohérence entre les objectifs et les moyens mis en œuvre pour les réaliser. La figure 2.10 met en évidence ces deux phases, et leur déroulement simultané au cours de la phase de conception.

Partant de l'identification du système des objectifs (déduit de la stratégie industrielle), on initialise les phases d'analyse de la cohérence inter niveaux et intra niveau sur le niveau de gestion Tactique : la cible fixe les objectifs à atteindre pour l'étape.

Une incohérence décelée au cours de la phase de modélisation inter-niveaux conduira toujours à la reconsidération du système des objectifs de conception. Une incohérence décelée au cours de la phase d'analyse intra niveau conduira soit à la reconsidération du système des objectifs, soit à la reconsidération des choix à mettre en œuvre pour les atteindre.

Techniquement, la phase d'analyse inter niveaux est plus rapide que la phase d'analyse intra niveau, cependant la validation du système complet des objectifs nécessite la mise en œuvre complète des deux phases.

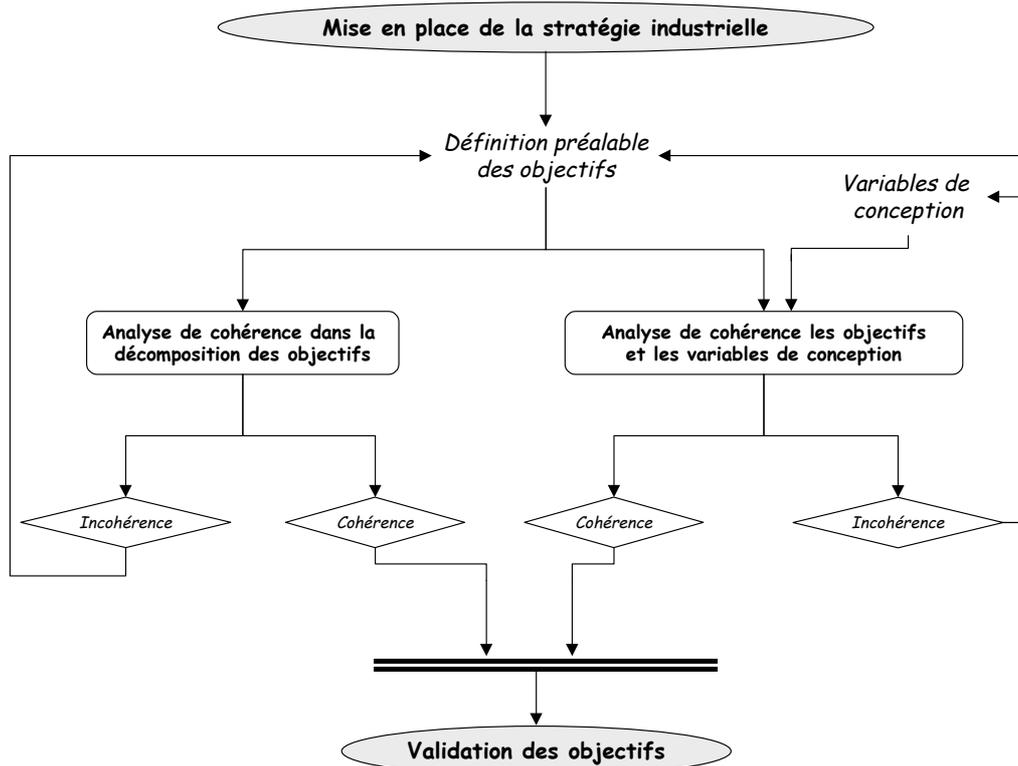


Figure 2.10 : Démarche globale d'analyse de la cohérence

Chacune des deux phases ci dessus est elle-même découpée en différentes étapes que nous décrirons dans les chapitres suivants. Par suite, il restera à vérifier l'adéquation entre les performances induites par les choix de conception et les performances attendues en exploitation : on vérifiera ainsi la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation du système.

## II.6. Conclusions

Ce dernier paragraphe a notamment permis de décrire les approches nécessaires en termes d'analyse de cohérence pour mener à bien les grandes étapes de la gestion de l'évolution. Celles-ci portent sur une analyse interne au niveau de gestion considéré, ainsi que sur une analyse entre les différents niveaux de gestion.

Deux objectifs seront ainsi atteints : l'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception au travers de **l'analyse inter niveaux de gestion**, et l'analyse de la cohérence entre objectifs de conception et objectifs d'exploitation au travers de **l'analyse intra niveau de gestion**.

La validation de ces deux étapes conduit à l'acceptation de la cible, des étapes et des projets pour les réaliser. Dans tous les cas il faut tenir compte des principes élémentaires de coordination et de synchronisation des décisions afin de parvenir à la mise en œuvre complète des différents niveaux de gestion décrits dans GEM.

Sur l'ensemble de cet état de l'art, quelques idées fortes peuvent être dégagées complémentirement :

1. La stratégie industrielle assure l'intégration des conduites des phases de conception et d'exploitation du système de production.
2. De fait, elle assure également la synchronisation et la coordination des actions entre les deux phases en question.
3. La notion de domaine de performance définie jusqu'à présent est trop imprécise pour assurer d'une bonne analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs. Cette notion doit donc être enrichie.

Nous pouvons maintenant déduire l'ensemble des actions à mener afin de proposer une démarche robuste d'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs aussi bien en exploitation qu'en conception.

D'une part, il nous faut proposer un modèle de référence pour l'expression de la performance en conception. D'autre part, il nous faut proposer une modélisation générique qui assure de représenter tous les états du système considéré, à la fois du point de vue décisionnel, mais également du point de vue opérationnel.

Au cours des trois chapitres suivants nous proposerons donc :

1. Un référentiel pour l'expression de la performance en conception en s'appuyant sur les typologies de domaines de performances. De la sorte il sera possible d'affecter à la Cible, aux Etapes et aux Projets les niveaux de performances qu'ils doivent permettre d'atteindre,
2. un modèle générique du système permettant d'évaluer ces performances dans une approche à la fois décisionnelle et physique en intégrant les aspects liés aux contraintes de pilotage (coordination et synchronisation) : il faut pouvoir comparer les performances induites par les choix de conception et les performances souhaitées en exploitation,
3. Des algorithmes d'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation. Ces algorithmes s'appuient sur la construction de vecteurs de performance de conception selon le même principe que les vecteurs de performance d'exploitation : ils tiennent compte impérativement des aspects dynamiques liés à la mise en œuvre des choix de conception,
4. l'intégration de l'ensemble de la démarche à la méthodologie de gestion de l'évolution du système de production en reprenant les notions d'analyse intra niveau et inter niveaux de gestion.





## **Chapitre III Modèle de référence pour l'expression de la performance en conception : concepts et principes**

### **III.1. Introduction**

Nous avons vu au cours des chapitres précédents comment au travers d'une gestion rigoureuse de l'évolution du système industriel, les managers pouvaient maintenir l'entreprise au plus près de la trajectoire d'évolution définie par la stratégie industrielle. La politique stratégique caractérise la cible à atteindre sur l'horizon considéré, à charge pour les décideurs d'en réaliser les objectifs. L'une des difficultés majeures qui se dégagent porte alors sur le maintien de la cohérence entre les objectifs stratégiques et les plans d'actions qui en découlent.

Comme nous avons décrit une méthodologie pour l'analyse de la cohérence des objectifs en exploitation, il s'agit maintenant de réaliser la même analyse, non plus seulement pour les objectifs d'exploitation, mais également pour les objectifs de conception. La démarche proposée lors de notre synthèse sera appliquée ici : analyse de cohérence inter-niveaux et intra niveau de gestion. Toutefois, il nous faut au préalable compléter nos travaux relatifs au concept de performance en conception.

La première partie de ce chapitre affine le concept de performance dans un contexte d'exploitation. Dans un premier temps, nous proposerons plusieurs définitions tournant autour de la notion de performance : performances opérationnelles, structurelles, qualitatives quantitatives... autant de points de vue dont l'importance sera mise en évidence notamment lors de la prise en compte des aspects dynamiques.

Sur cette base, dans un deuxième temps, nous simplifierons les opérateurs d'agrégation proposés par [Ducq, 1999]. L'idée étant de vérifier la cohérence inter-niveaux de gestion, il nous faudra être en mesure d'agréger les performances induites par les choix de conception d'un niveau de détail à un autre. Pour cela, il nous faut donc simplifier les opérateurs à notre disposition.

L'ensemble de ces propositions, qui constitue le modèle de référence pour l'expression de la performance en conception nous servira de base à la caractérisation du déploiement de la performance dans le cadre de GEM.

## III.2. Définitions

Les confusions sont aisées pour qui s'intéresse à l'évaluation des performances : finalité, objectif, performance, critère, domaine de performance... autant de concepts qui se confondent souvent dans l'esprit des gens. Afin de clarifier nos propos ultérieurs, nous proposons d'arrêter quelques définitions qui nous serviront pour l'ensemble de ce mémoire.

### III.2.1. La finalité

La première d'entre elles porte sur la Finalité.

**La finalité d'un système ou d'une activité est la raison d'être de ce système ou de cette activité.**

Par exemple, l'activité décisionnelle « réaliser l'ordonnancement » n'existe donc que parce qu'il y a un ordonnancement à réaliser. Le cas des activités physiques est sans doute plus explicite, par exemple une activité de perçage a pour finalité de percer. Ainsi, la notion de finalité est éminemment structurelle puisqu'elle est complètement liée au fait qu'un système artificiel existe. Inversement, cette notion ne permet pas de qualifier le résultat produit par le système.

### III.2.2. Critère et domaine de performance

#### III.2.2.1. Définition du Critère et du Domaine de Performance

**Un critère est une grandeur à travers laquelle le résultat et le comportement d'un système ou d'une activité sont valorisés.**

Par exemple, le critère coût est une grandeur permettant la valorisation du comportement d'un système en termes financiers.

Il est souvent fait référence dans la littérature à la notion de *Domaine de Performance*. Dans notre idée, domaine de performance et critère sont identiques. Dorénavant, nous ne parlerons plus que de Critère pour cette notion.

**Dans le cadre de l'approche GRAI.** Lors de la modélisation de la structure décisionnelle d'un système de production, l'approche GRAI assure l'identification des cadres de décision. Le cadre de décision contient un ensemble de critères au travers desquels le comportement et le résultat des activités physiques dépendant du centre de décision considéré seront valorisés en exploitation.

#### III.2.2.2. Objectif - performance

Au niveau opérationnel (exploitation du système de production), le critère doit être valorisé. Cette valorisation nécessite d'abord l'instanciation du critère en deux concepts supplémentaires : le concept d'*Objectif* et le concept de *Performance*.

**L'objectif est une valeur à atteindre pour un critère donné.**

**La performance est une valeur constatée (atteinte) pour un critère donné.** Ainsi, l'indicateur de performance (pour le suivi des activités de production) fournit l'état du moment du système sur le critère (performance), l'objectif exprime quant à lui la volonté de passer de cette valeur du critère (état du système) à une autre valeur.

Comme le comportement et le résultat d'un système ou d'une activité dépendent de l'attitude des décideurs impliqués dans la conduite de ce dernier, la performance varie donc en fonction des décisions prises et correspond ou ne correspond pas à la valeur antérieure de l'objectif correspondant.

En résumé, **la performance, fournie par l'Indicateur de performance, indique l'état actuel du système pour un critère donné, l'objectif donne l'état attendu du système pour ce même critère** (figure 3.1).



Figure 3.1 : Instanciation du critère : couple objectif/performance

Notons que le cadre de décision tel que défini jusqu'alors dans le cadre du modèle GRAI, propose les notions d'objectifs structurels et d'objectifs opérationnels, inclus respectivement dans les cadres de décision structurels et opérationnels. Le cadre de décision opérationnel correspond donc à l'instanciation du cadre de décision structurel [Marcotte, 1995] et [Vallespir, 1998].

Au regard des deux précédentes définitions, nous retenons les définitions suivantes :

1. le cadre de décision structurel comporte des critères tels que définis précédemment,
2. le cadre de décision opérationnel comporte des objectifs et des performances qui valorisent tous deux les critères précédents.

### III.2.2.3. Type de critères

La valorisation d'un critère (en termes de performance ou d'objectif) est envisageable de deux manières : quantitativement ou qualitativement.

- ✓ un critère sera **Quantitatif** lorsque la mesure de la valeur du critère est possible sur une échelle numérique.
- ✓ Par opposition, on qualifiera un **critère** sera **qualitatif** lorsque qu'il n'y aura pas d'autre moyen que de l'exprimer au travers d'une relation d'ordre (classement d'un niveau de performance par rapport à d'autres niveaux de performance).

Il faut noter qu'un certain nombre de procédés de calcul permettent de passer d'expressions qualitatives à des échelles quantitatives : Logique floue [Berrah, 1998], analyse multicritères [Pomerol, 1995], [Roy, 1995], assurent de se départir des relations d'ordre.

Lorsque la valorisation qualitative est possible, un objectif ou une performance peut être exprimé par une valeur (exemple : « obtenir un taux de service de 87% ») ou par une variation (exemple : « réduire les délais de 5% »).

Une autre méthode, applicable aussi bien dans le cas quantitatif que dans le cas qualitatif, consiste à exprimer uniquement une tendance (exemple : « Augmenter ») cette deuxième approche est généralement utilisée lorsque la valorisation du critère est difficile.

Pour l'expression des objectifs, la première façon de faire a la préférence des décideurs car elle permet un engagement mutuel sur un résultat mesurable. Critères de conception directs - Critères de conception indirects

#### III.2.2.4. Critères de conception directs - Critères de conception indirects

Nous avons jusqu'à présent décrit différents aspects indépendamment du contexte d'exploitation ou de conception. Pourtant, l'étude de la performance aura, in fine, un effet différent sur le système en fonction du moment où elle est réalisée. Aussi, nous envisageons deux catégories de critères, nous parlerons de **Critères de conception directe** et de **Critères de conception indirecte**.

**Un Critère** sera qualifié de **conception directe** lorsqu'il sera le résultat d'un choix de conception et induira la valeur d'un niveau de performance du système sans que cette valeur puisse être modifiée en exploitation.

Par opposition, nous parlerons de **Critères de conception indirecte** lorsque le choix de conception modifiera la valeur d'un niveau de performance du système tout en permettant de jouer encore sur cette valeur en exploitation.

A titre d'illustration, prenons l'exemple d'une voiture. La conception de cette dernière conduit à un certain nombre de performances de conception directe au niveau de la sécurité de la voiture par exemple. Si nous nous penchons maintenant sur la vitesse du véhicule, celle-ci possède une valeur maximale fixée en conception (par exemple, 180 km/h) mais le conducteur à tout loisir de choisir sa vitesse dans la plage de 0 à 180 km/h. Ainsi, la vitesse est un critère de conception indirecte puisque le concepteur et l'exploitant influent dessus par leur décision.

Cet exemple présente un type de relation possible entre la décision de conception et la latitude laissée à l'exploitant : la décision encadre, définit la fourchette dans laquelle la latitude de l'exploitant s'exprime. D'autres relations sont possibles. Enfin, il est évident que cette notion n'existe que dans le cas d'un système possédant une capacité de décision, une variabilité décisionnelle. Elle ne s'applique pas à un système automatique. Cette notion sera utilisée dans le chapitre suivant.

#### III.2.2.5. Critères absolus - critères relatifs

Sur la base des typologies des décisions existantes, il est possible d'identifier les critères de référence pour une entreprise donnée.

Dans le cas d'un référentiel généraliste quelconque, les critères considérés peuvent alors être les critères classiques de Coût, de Qualité ou de Délai, mais il est envisageable d'intégrer d'autres critères telles la flexibilité, la réactivité, ou encore des critères liés au service, à la maintenance, à l'environnement... Rien, semble-t-il, n'empêche de telles extensions sauf, peut-être, la limite qu'il y a à évaluer l'impact de telles ou telles décisions sur des critères difficilement quantifiables: environnement, flexibilité...

Nous ferons une première distinction entre :

1. les critères difficilement quantifiables pour lesquels il est plus aisé de définir des relations d'ordres sur des échelles sans unités : On peut citer par exemple : l'environnement, la flexibilité, la qualité...
2. les critères quantifiables pour lesquels il existe des unités de mesure propres (et des lois mathématiques applicables). On retrouve le coût, les délais

Dans le premier cas, il est donc nécessaire de définir une échelle d'évaluation selon les mêmes principes que pour les objectifs qualitatifs définis par [Ducq,1999]. Dans ses propositions, l'échelle est graduée de 0 à 10, les critères sont quantifiés en s'appuyant sur des principes de l'analyse multi-critères.

Sur ces différents types de critères, il convient d'identifier le comportement de la performance relativement au processus concerné par l'évaluation.

Par exemple les critères de type Coût s'ajoutent systématiquement dans le cas des processus séquentiels : elles obéissent normalement aux lois mathématiques des critères qualitatifs. Au contraire, un tel processus ne sera jamais plus flexible que le moins flexible des sous processus qui le composent. Cette petite remarque permet d'identifier à nouveau deux types de critères en fonction de leur comportement :

1. les **Critères absolus** (Coût, délais...) autorisent la mise en œuvre de calculs mathématiques classiques (addition, multiplication) : le coût global de deux activités séquentielles est égal à la somme des coûts de chaque activité,
2. les **Critères relatifs** (qualité, flexibilité...), ne permettent pas ce type de calcul : la qualité globale de deux activités séquentielles ne sera jamais supérieure à la plus faible qualité des deux activités.

Notre expérience nous montre que tous les critères classiquement utilisés en gestion industrielle peuvent se retrouver dans l'une ou l'autre de ces catégories. Toutefois, il peut se trouver des exceptions qu'il faudrait alors traiter au cas par cas. C'est l'exemple du délai présenté dans [Kromm, 2001]. La performance globale en termes de délais n'est pas seulement liée au comportement du critère (au demeurant absolu), mais également aux écarts entre les dates d'occurrence des flux transformés par les activités.

Pour résumer cette extension, nous retiendrons que les critères de référence, définis par la stratégie industrielle sont classés en deux catégories : les critères absolus et les critères relatifs. Pour chacune de ces deux classes, nous retenons ci-après des opérateurs particuliers d'agrégation.

### III.3. Opérateurs d'agrégation

La nécessité d'évaluer la contribution de l'atteinte d'un ou plusieurs objectifs à la réalisation des objectifs globaux de l'entreprise impose de pouvoir agréger les performances induites par les décisions prises. Cette nécessité d'agrégation résulte du contexte de la conduite hiérarchisée inhérente au système de production. Ainsi, conformément aux définitions des objectifs absolus et relatifs, il est possible de proposer une nouvelle classification des opérateurs d'agrégation proposés par [Ducq, 1999].

#### III.3.1. Rappels topologiques

L'évaluation des performances d'un système de production est étroitement liée à la disposition des entités le composant et qui en génère les performances. Cette disposition peut être classifiée au travers de topologies plus ou moins complexes, et plus ou moins spécifiques aux critères étudiés.

Partant des topologies classiques [Le Moigne, 1990] ou encore [Gallois, 1989], trois décompositions génériques ont été retenues pour notre démarche d'analyse de cohérence : décomposition ET, décomposition OU et décomposition séquentielle (figure 3.2).

Cette topologie prend en compte les principes de bouclage par le biais de la mise en œuvre de procédures itératives : une boucle est un processus séquentiel ou l'activité en séquence peut être répétée n fois.

Cette topologie paraît la plus adaptée, la plus complète mais également et surtout la plus simple pour la modélisation des systèmes de production. Notre expérience nous montre qu'elle couvre la majorité des organisations d'activités possibles.

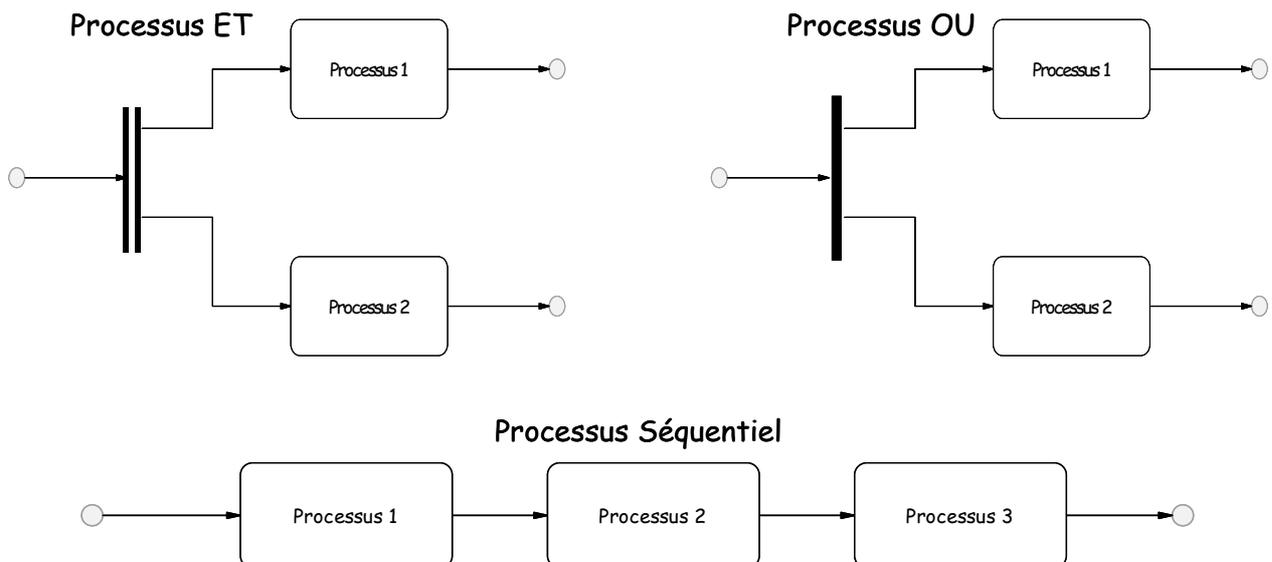


Figure 3.2 : décompositions génériques du système physique

Dès lors qu'une entité peut être appréhendée dans un tel contexte, l'évaluation des performances agrégées se trouve facilitée.

### III.3.2. Révision des opérateurs d'évaluation

Le modèle générique de décomposition des objectifs absolus et relatifs du système physique offre donc trois vues, pour deux catégories de critères. Ceci amène, en première intention, 4 opérateurs (deux pour les décompositions ET et séquentielle, et deux pour les décompositions OU) pour évaluer la contribution d'un processus aux performances globales (tableau 3.1).

Décomposition	Critères absolus	Critères relatifs
Séquentielle (activités $P_1$ à $P_n$ ) ET (activités $P_1$ à $P_n$ )	$P_{ag} = \sum_{i=1}^{i=n} p_i$	$P_{ag} = \prod_{i=1}^{i=n} P_i$
OU (activités $P_1$ à $P_n$ )	$P_{ag} = \max_{i=1}^{i=n} (p_i)$	$P_{ag} = \min_{i=1}^{i=n} (p_i)$

Tableau 3.1 : Opérateurs d'agrégation

#### Explicatifs :

$P_{ag}$  est la performance agrégée,

$P_i$  est la performance détaillée affectée à la  $i^{\text{ème}}$  activité.

Activités séquentielles :

- 1- dans le cas de critères absolus (coût par exemple), la performance agrégée est égale à la somme des performances détaillées,
- 2- dans le cas des critères relatifs (Taux de qualité par exemple), la performance agrégée est égale au produit des performances détaillées.

Les processus en ET suivent les mêmes principes

Activités OU :

- 1- dans le cas de critères absolus, la performance agrégée est égale au maximum des performances détaillées,
- 2- dans le cas des critères relatifs, la performance agrégée est égale au minimum des performances détaillées.

Dans de dernier cas, les opérateurs présentés correspondent à une connaissance minimale du système étudié, ils renvoient donc un résultat « au pire ». Pour le cas où la connaissance du système l'autorise, Il est possible d'affecter des coefficients de pondération aux chemins en fonction des probabilités d'occurrence possible de tel ou tel chemin. Dans ce cas, les relations deviennent :

$$P_{ag} = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i P_i \text{ pour les critères absolus et}$$

$$P_{ag} = \prod_{i=1}^{i=n} \alpha_i P_i \text{ pour les critères relatifs}$$

$$\text{avec : } \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i = 1$$

Dans cette hypothèse, nous retiendrons les opérateurs suivants (tableau 3.2) :

Décomposition	Performances absolues	Performances relatives
Séquentielle (activités $P_1$ à $P_n$ ) ET (activités $P_1$ à $P_n$ )	$P_{ag} = \sum_{i=1}^{i=n} P_i$	$P_{ag} = \prod_{i=1}^{i=n} P_i$
OU (activités $P_1$ à $P_n$ )	$P_{ag} = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i P_i$ ou $\sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i = 1$	$P_{ag} = \prod_{i=1}^{i=n} \alpha_i P_i$ ou $\sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i = 1$

Tableau 3.2 : Opérateurs génériques d'évaluation

Dans cette dernière version des opérateurs d'agrégation, la connaissance des probabilités d'occurrences des chemins possibles est la garantie d'une agrégation fiable des données sur le niveau de détail supérieur.

Toutes les conditions sont maintenant posées pour définir les modes de déploiement de la performance dans le cas de la gestion de l'évolution du système de production.

### III.4. Le déploiement de la performance en gestion de l'évolution dans le cadre de GEM (GRAI Evolution Method)

#### III.4.1. Introduction

##### III.4.1.1. Introduction

Le déploiement de la performance en gestion de l'évolution nécessite en premier lieu d'identifier les objectifs de chacun des niveaux de gestion considérés.

En exploitation, nous avons pu noter que l'identification des objectifs découlait de l'instanciation des cadres de décision (référencer au travers de la grille décisionnelle GRAI). De la sorte, il était possible de construire le graphe de décomposition des objectifs. Le problème qui se pose au cours de la phase de conception est l'absence de cadre de décision formalisé.

Toutefois, si l'on reprend le schéma de principe de gestion de l'évolution, la séquence dynamique des objectifs est construite de la façon suivante (figure 3.3) :

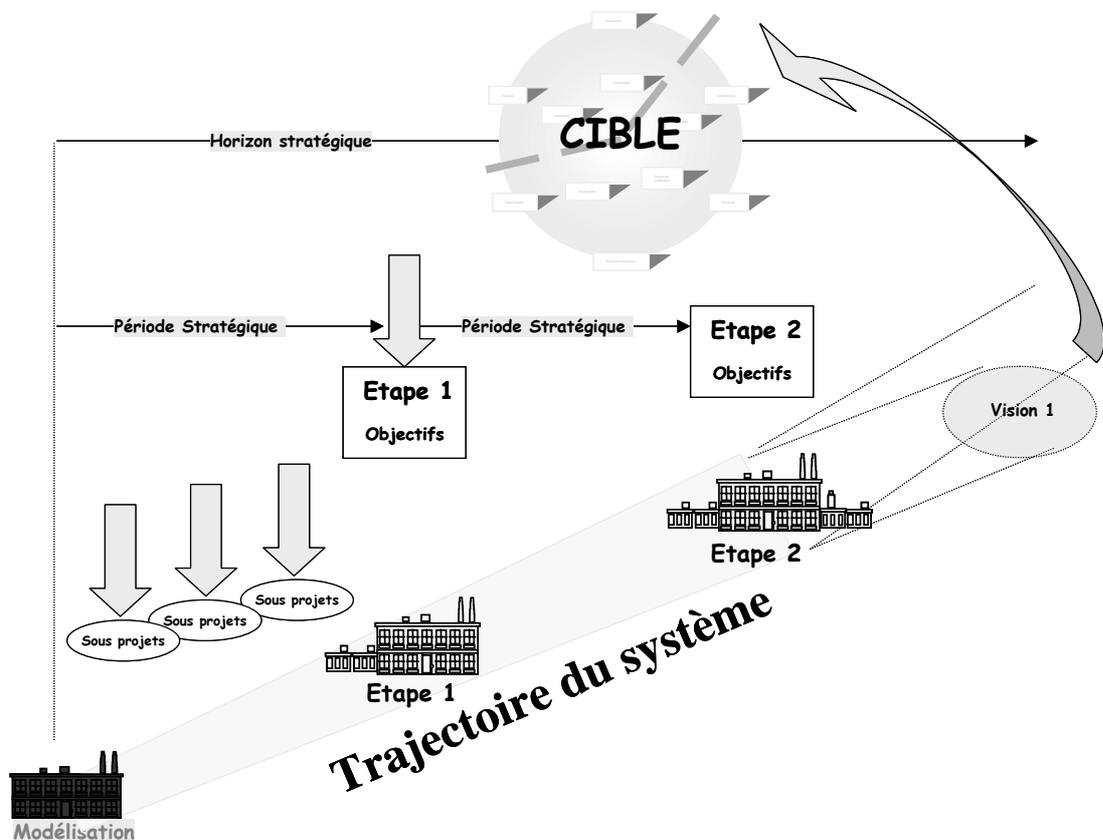


Figure 3.3 : Principes de décomposition des objectifs de conception

La seule décomposition conceptualisée à l'heure actuelle est celle proposée par [Vallespir, 2000] qui assure le passage de la Cible à l'Etape puis aux sous projets de conception. La difficulté majeure est alors d'exprimer clairement les objectifs propres à chaque niveau de gestion du processus. La proposition du modèle de référence pour l'expression de la performance va dans le sens d'une facilitation de l'identification des différents objectifs.

La stratégie d'entreprise permet d'élaborer la vision du futur système cette vision est naturellement traduite sous la forme de la cible (voir paragraphe suivant), celle-ci peut alors être déclinée en étapes successives, mises en œuvre sur des périodes dites stratégiques. Chacune des étapes est atteinte par le biais de sous-projets menés séquentiellement ou conjointement sur la même période.

Un niveau n de décomposition de la cible est « cadré » par le niveau immédiatement supérieur, et sert lui-même de cadre à l'expression des objectifs du niveau inférieur. Suivant ce schéma, il est tout à fait envisageable de construire un graphe de décomposition des objectifs de conception suivant le même principe que pour les objectifs d'exploitation.

### III.4.1.2. Problématique de l'analyse de cohérence

Sur le schéma suivant (figure 3.4), nous reprenons les principes de GEM où les différents niveaux de gestion de l'évolution sont liés à des référentiels spécifiques pour l'expression de la performance. Quatre points sont mis en évidence qui reflètent des aspects problématiques de l'analyse de la cohérence.

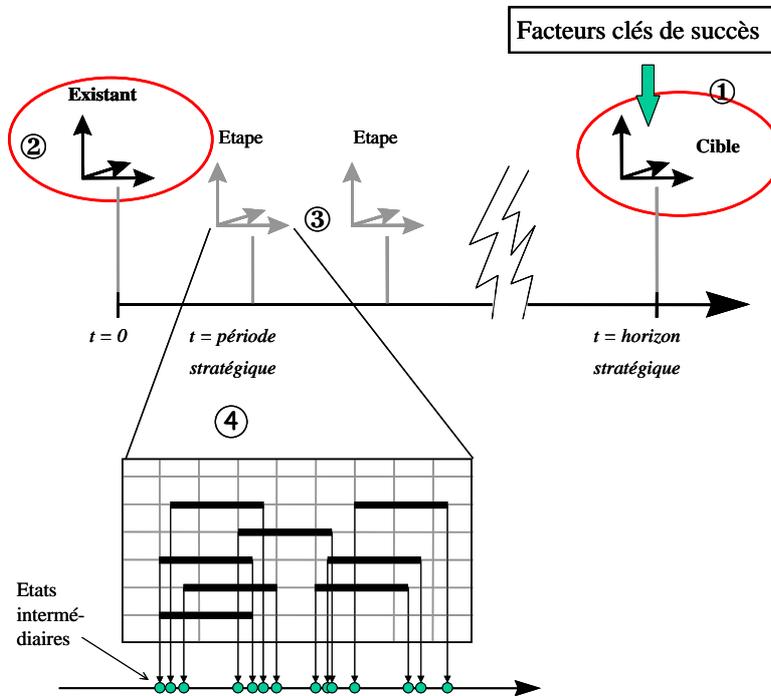


Figure 3.4 : Points clés de l'analyse de la cohérence

**Point 1 :** la cible est exprimée directement en termes de performance. Cela sous entend que les critères de base du référentiel de performance sont connus. Ils sont généralement fournis par l'analyse des facteurs clés de succès. Toutefois, il n'existe pas d'aide à la définition de critère de référence.

**Point 2 :** l'expression de l'existant est fournie dans un premier temps par la modélisation du système. C'est donc au travers de modèles qu'il faut être capable d'évaluer la position du système dans le référentiel des performances. A ce stade, le référentiel est le même que pour l'expression de la cible.

**Point 3 :** l'expression de l'étape se traduit par la mise en œuvre de projets d'évolution. Ces projets doivent assurer au système l'amélioration de tel ou tel niveau de performance sur des critères identifiés. Il faut noter ici que les projets en question peuvent modifier des niveaux de performance sur des critères plus ou moins différents de ceux spécifiés au niveau de l'existant. Dès lors, le référentiel doit être particularisé pour l'étape. Si l'on souhaite évaluer la contribution de plusieurs projets à la réalisation de la trajectoire d'évolution, il faut donc être en mesure d'agréger non seulement les performances induites par la réalisation des projets, mais également les référentiels particuliers dans lesquels elles s'expriment.

**Point 4 :** chaque projet réalisé induit une évolution des niveaux de performance considérés. Cette évolution peut être immédiate, continue, différée... L'analyse de la

cohérence entre les performances attendues définies par l'étape et les performances induites par la réalisation des projets impose donc d'identifier systématiquement l'état du système. Cet état dépend d'états intermédiaires générés par chacun des projets mis en œuvre.

Par la suite, nous proposons de décrire le déploiement de la performance sur les trois niveaux de gestion de l'évolution en répondant aux différents points sus-listés.

### III.4.1.3. Graphe de décomposition des objectifs de conception

Si l'on se réfère au modèle précédent, chaque cible, chaque étape ... est représentée par un ensemble d'objectifs à atteindre. On retrouve donc une structure arborescente d'objectifs qui se décomposent non plus de façon « statique » comme cela est le cas pour les objectifs d'exploitation, mais de façon séquentielle. Par exemple, les objectifs de l'étape « n » ne seront atteints qu'après la mise en œuvre complète de l'étape n-1. Un graphe de décomposition des objectifs de conception pourrait être alors le suivant (figure 3.5):

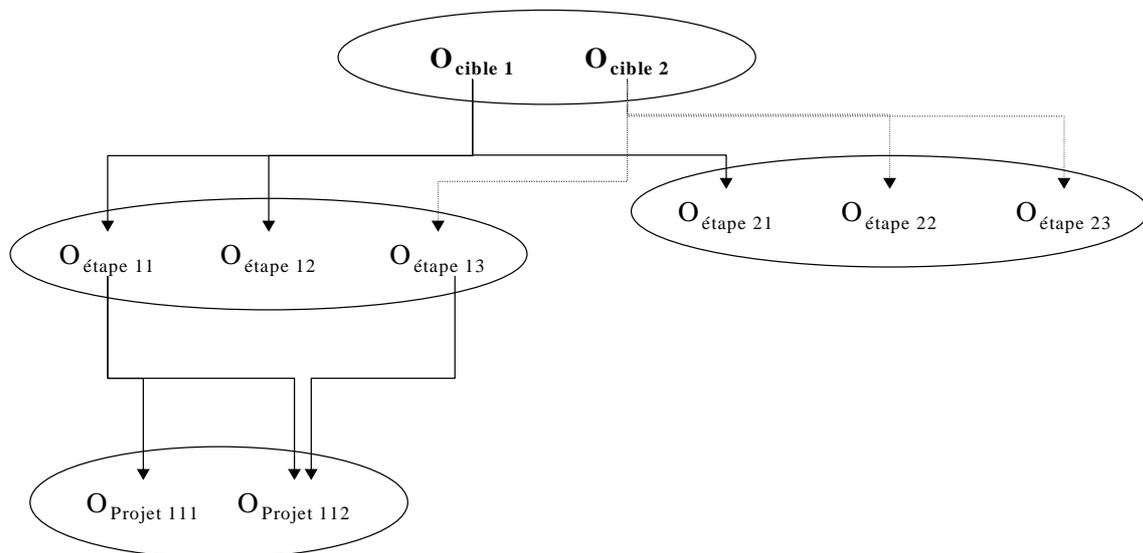


Figure 3.5 : Graphe de décomposition des objectifs de conception

Dans l'exemple ci-dessus, la cible, décomposée en deux étapes, permet la définition de trois objectifs majeurs par étapes. Chacune des étapes sera réalisée par le biais de différents sous projets. Ici, le projet 1.1 doit remplir deux objectifs  $O_{1.1.1}$  et  $O_{1.1.2}$ . A chaque niveau, il faut donc vérifier que les objectifs sont cohérents, c'est-à-dire que les objectifs d'un niveau contribuent à l'atteinte des objectifs du niveau supérieur. Il faudra également s'assurer que les choix de conception mis en œuvre permettront effectivement d'atteindre l'objectif visé.

### III.4.1.4. Aspects dynamiques de la décomposition des objectifs de conception

Le graphe de décomposition des objectifs de conception met en valeur une dynamique très différente de la dynamique simple de décomposition des objectifs d'exploitation : une dynamique liée à la réalisation de l'objectif de conception.

Pour cette **Dynamique de réalisation**, l'ensemble des objectifs d'un niveau de gestion est réalisé par l'atteinte séquentielle des objectifs du niveau inférieur. Au regard de la figure 3.6, on se rend compte que l'évaluation de la contribution des objectifs Etape à l'atteinte des Objectifs cible ne peut être vérifiée qu'à horizon stratégique échu. Il faut alors tenir compte de ce que l'on pourrait appeler le « profil » d'évolution des performances associées.

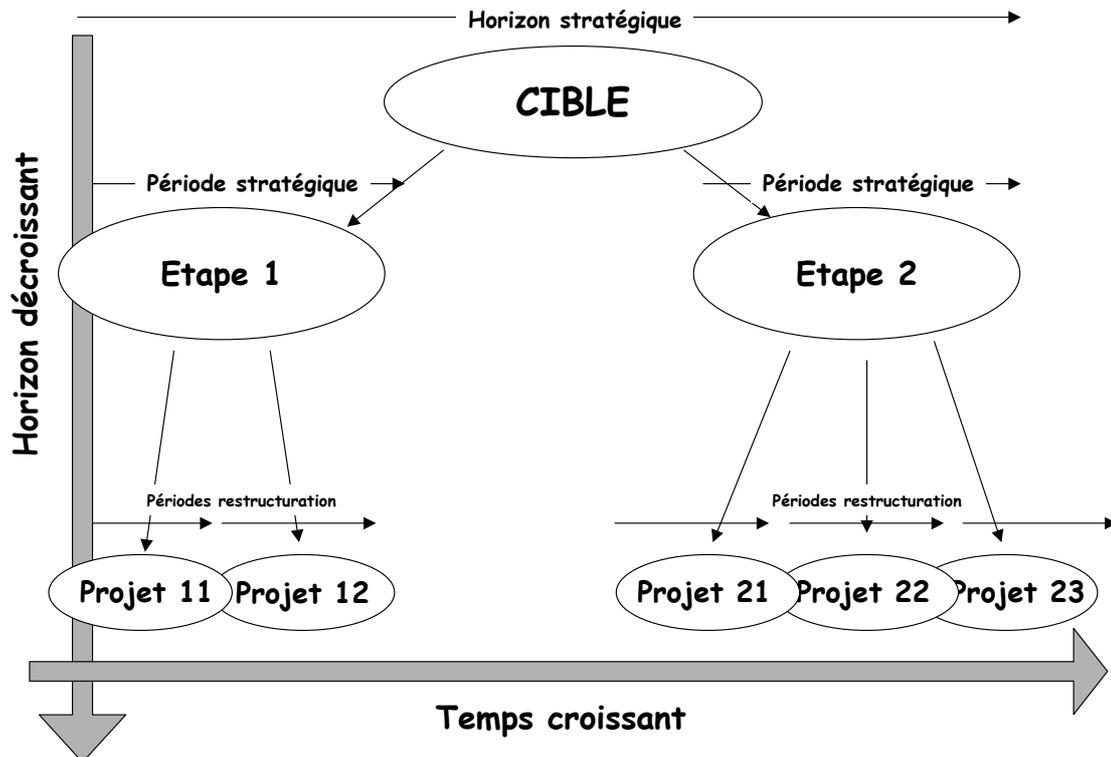


Figure 3.6 : Dynamique de réalisation des objectifs

Cet aspect dynamique complique l'analyse de la cohérence du fait que l'évaluation de la contribution des objectifs d'un niveau à l'atteinte des objectifs du niveau supérieur n'est réalisable qu'en connaissance de l'horizon et de la période de mise en œuvre de chaque étape du niveau considéré. Ceci suppose alors que les décideurs aient une vision fine des projets à mettre en œuvre, et surtout de leur durée.

De plus l'estimation de la durée de l'horizon d'un niveau dépend du cycle piloté. Or le temps de ce cycle se déduit du temps nécessaire à l'atteinte des objectifs du niveau. Si l'on suppose que les objectifs en question sont réalisés par la mise en œuvre des variables de conception, il est alors évident que ce sont les variables de conception qui vont induire la valeur de l'horizon du niveau considéré (principe d'inertie [AFGI, 1992]). En d'autres termes, la nature du projet d'évolution à réaliser déterminera globalement sa durée.

Finalement nous retrouvons deux concepts fondamentaux en conduite multi-cycles et multi-niveaux : la synchronisation des décisions de conception verticalement, et la coordination des différents plans horizontalement.

Dans tous les cas, chaque fin de cycle, (fin de projet, fin de période stratégique...) marque un état particulier du système au regard des niveaux de performance qu'il présente. La façon dont les objectifs se décomposent, illustre le déploiement de la performance dans le cadre de GEM. Ce déploiement s'effectue tel que présenté dans les paragraphes suivants.

### **III.4.2. Expression de la performance au niveau Définition Stratégique**

#### III.4.2.1. Principes généraux

La stratégie industrielle est l'activité qui va générer les étapes du déroulement du processus d'évolution du système de production. Initialement, le plan stratégique industriel [IMPACS, 1992] inclut deux volets :

1. le premier décrit l'interface entre les objectifs stratégiques et l'exploitation du système. Il s'appelle, au choix, Plan de Production Très Long Terme, ou encore Plan Industriel et Commercial... Ce type de planification permet principalement d'identifier les objectifs d'exploitation Long Terme, et par suite, les critères de référence.
2. Le deuxième volet décrit plus particulièrement la stratégie industrielle à suivre en termes : d'Infrastructure, de Capacité, d'Installation, de choix « Faire ou Acheter », de Processus de Production et de Ressources Humaines (plus généralement appelés facteurs clés de succès). La mise en œuvre d'une démarche d'identification des résultats à atteindre sur les six critères précédents (décisions structurelles et/ou infra-structurelles selon la terminologie de Hayes & Wheelwright) conduit à l'établissement de la Cible, c'est-à-dire, ce que devra être le système de production à l'issue de l'horizon stratégique considéré. Les facteurs clés du succès sont donc les critères de base d'un plan Stratégique Industriel.

C'est donc l'interprétation des performances visées par la stratégie industrielle qui permettra aux décideurs de fixer les objectifs d'évolution du système de production vers la Cible envisagée. La première étape de la démarche de déploiement de la performance est donc la traduction du plan stratégique (plan Cible) en objectifs de conception atteignables.

La deuxième étape consiste en l'identification des critères de référence associés aux objectifs de conception définis. Comme ces objectifs sont ; soient des objectifs de conception directe, soient des objectifs de conception indirecte, la détermination des critères de référence n'est pas toujours aisée. La démarche que nous présentons vise à faciliter cette identification (figure 3.7).

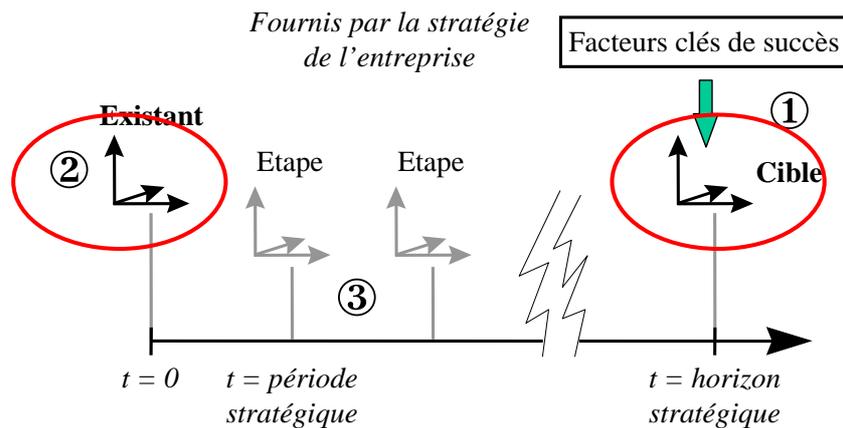


Figure 3.7 : Niveau de gestion Cible

### III.4.2.2. Identification des critères de référence

L'interprétation de la Cible est très importante dans la démarche de gestion de l'évolution. Dans GEM, la Cible est théoriquement référencée dans un espace de performances de référence. Or comme le montrent les typologies sur des décisions stratégiques, la quantification dans des espaces de performance n'est pas toujours aisée.

Il est possible de réaliser des classements de décisions en les séparant suivant leur nature. Quoiqu'il arrive, ces classements se basent sur des séparations arbitraires dans la mesure où il existe une certaine continuité entre les différentes catégories de décisions possibles. De chacune des décisions répertoriées, il est possible de déduire des critères de référence. Toutefois, on note que globalement, les décisions à caractères structurels (capacité, intégration...) auront un impact souvent immédiat sur des critères identifiés. A l'inverse, les décisions infra-structurelles auront souvent des impacts diffus sur les critères de référence.

Ultérieurement, et pour des raisons de clarté, nous parlerons de **décisions stratégiques à impacts directs** en référence aux décisions de type structurelles, et de **décisions à impacts indirects** en référence aux décisions infra-structurelles. Cette sémantique permet, en outre, de rester cohérent vis-à-vis des définitions des performances. Cette séparation n'a rien de définitif, et il est très probable que de nombreux contre-exemples existent.

Pour chaque type de décisions, il faut donc envisager les axes de développement les mieux à même de les générer. L'objectif est d'identifier le plus finement possible les liens qui unissent des considérations stratégiques au sens large aux critères de référence pour l'expression des performances de la cible. Il sera également possible de s'inspirer des quatre perspectives pour l'expression des objectifs stratégiques, proposées par Kaplan et rappelé par [Ahn, 2001] :

1. Perspective financière,
2. Perspective client,
3. Perspective processus,

#### 4. Perspective « potentiel ».

##### III.4.2.2.1. Les axes de développement

Les axes de développement s'expriment par le biais des objectifs stratégiques. Ils peuvent se résumer par la question suivante :

*Souhaitons nous développer nos produits, nos marchés, ou encore les deux simultanément ?*

[Gervais, 1995] présente les implications de tel ou tel axe de développement pour le reste de la structure de production. Ces implications sont résumées sur la table suivante tableau 3.3 :

	Même technologie		Technologie différente	
	Même usage	Usage différent	Même usage	Usage différent
Même marché	Spécialisation	Extension production	Extension technologique	Extension hétérogène
Marché différent	Diversification clientèle	Diversification de produit	Diversification technologique	Diversification hétérogène conglomérale

Tableau 3.3 : Classification des décisions stratégiques

La **spécialisation** vise à recentrer l'entreprise sur ses meilleurs atouts, les implications directes étant un accroissement de la productivité, ou encore des parts de marché. Les objectifs de la spécialisation rejoignent en tout ceux de l'externalisation, à savoir un recentrage de l'activité sur le métier-cœur : le core business.

La **diversification de clientèle** (par le jeu des exportations, ou de la conquête de nouveaux marchés régionaux...) induit des baisses significatives des coûts de production. Ces baisses sont la conséquence des surplus de production, ou de la standardisation des produits.

L'**extension de production** vise à augmenter la quantité de produits fabriqués tout en amortissant les unités de fabrication habituelles. Toutefois, la diversification des produits conduit généralement à une diversification de la clientèle. Les deux sont donc liées. L'extension de production peut revêtir différents aspects : augmentation de capacité, sous traitance...

La **diversification Produit** vise essentiellement à élargir les marchés de l'entreprise. Lorsqu'elle est réalisée sur la base des technologies existantes, elle entraînera des augmentations de production (stocks, coûts...) et nécessitera donc des augmentations de capacités. Par ailleurs, il faudra également améliorer la polyvalence des personnels. L'objectif majeur visé par ce type de décisions est l'augmentation des parts de marchés.

De même, l'**extension** et la **diversification technologique** permettent de proposer des produits de substitution et donc de fournir à l'entreprise une force concurrentielle

supplémentaire. Les critères de performance concernés sont liés à la compétitivité, à l'augmentation des parts de marché, flexibilité...

Enfin, les **extensions** et **diversifications hétérogènes** qui reposent essentiellement sur le savoir faire et les compétences des acteurs de l'entreprise permettent l'augmentation des plus values liées aux restructurations économiques ou aux fusions entres groupes industriels.

Les huit axes de développement précédents vont se traduire par un ensemble de décisions à prendre sur le plan stratégique. Ainsi, une Extension technologique aura pour conséquence d'induire des décisions sur les domaines des Processus, du « Faire ou Acheter », ainsi que sur les Infrastructures.

Globalement, une volonté d'extension technologique générera donc des décisions à caractère infra-structurelle et donc à impact indirect. Au contraire, les extensions de marché sur des technologies identiques entraîneront plutôt des décisions de type structurel et donc à impact direct. Sur la base de cet exemple, il est tout à fait possible de regrouper les décisions stratégiques en fonction des axes de développement stratégiques envisagés (tableau 3.4) :

	Même technologie		Technologie différente	
	Même usage	Usage différent	Même usage	Usage différent
Même marché	Spécialisation	Extension	Extension	Extension
Marché différent	Extension clientèle	Extension de production	Extension technologique	Extension hétérogène conglomérales

Tableau 3.4 : Décisions à impacts directs et décisions à impacts indirects

Cette classification n'a pas vocation de référence dans la mesure où, comme nous l'avons souligné, les frontières ne sont pas parfaitement nettes, ainsi, la spécialisation, outre des impacts directs sur la productivité, les capacités de stockage... aura également des impacts indirects sur la formation des ressources humaines par exemple.

Toutefois, nous apportons une certaine clarification afin d'établir ultérieurement les critères de performance de référence et les vecteurs de performance associés aux différents objectifs de conception.

#### III.4.2.2.2. Les critères de performance de référence

Dans le tableau ci-dessous, nous avons listé les critères de performance associés aux Facteurs Clés de Succès, et plus généralement aux performances stratégiques de référence, ainsi que leurs liens éventuels avec les principales décisions stratégiques développées dans la cible. Encore une fois, la liste n'est pas exhaustive, mais elle montre bien les relations entre la vision stratégique et les futurs objectifs de conception du

système. En fonction de la cible, il faudra alors orienter les étapes vers tels ou tels projets.

Le raisonnement peut être le suivant : la volonté stratégique initiale est un recentrage sur le core-business. Ceci va se traduire par un axe de développement lié à la spécialisation et à l'externalisation. Pour ce qui concerne la spécialisation, il s'agit principalement de décisions à impacts directs. Elles auront, selon la typologie de Hayes et Weelwhrite, des conséquences sur les capacités (de production et de stockage) ainsi que sur les installations (machines, outillage...).

Les sous critères stratégiques sont alors liés à des décisions d'intégration (verticale ou horizontale) et à des décisions technologiques. Les critères de performance impactés, si l'on se réfère alors à la typologie de Hill, peuvent être, en fonction des sous critères, le coût, les délais, la flexibilité, la compétitivité... Ainsi, si l'on s'oriente vers des décisions d'intégration, les critères de performance touchés seront au choix : la Flexibilité, la Qualité, les Parts de Marchés, le Service, ou la compétitivité (tableaux 3.5).

Type de décisions	Impacts directs			
Critères	Capacité		Installations	
Sous-critères	Intégr	Techn	Intégr	Techn
Coûts		Oui		Oui
Délais		Oui		Oui
Flexibilité	Oui			Oui
Qualité			Oui	
Environnement				Oui
Part de marché		Oui		
Service			Oui	
Compétitivité	Oui	Oui	Oui	

Type de décisions	Impacts indirects											
Critères	Faire/Acheter			Res. Humaines			Infrastructure			Processus		
Sous-critères	Qual	GP	Orga	Qual	GP	Orga	Qual	GP	Orga	Qual	GP	Orga
Coûts	Oui	Oui	Oui		Oui			Oui			Oui	Oui
Délais		Oui	Oui		Oui			Oui			Oui	
Flexibilité					Oui	Oui		Oui	Oui		Oui	
Qualité	Oui	Non	Non	Oui			Oui			Oui		
Environnement	Non	Non	Non						Oui	Oui		
Part de marché		Oui	Oui					Oui			Oui	Oui
Service	Oui				Oui		Oui		Oui	Oui		Oui
Compétitivité	Oui	Oui	Oui		Oui		Oui			Oui		

Tableaux 3.5 : Corrélation Décisions stratégiques/Critères de Performance de référence

Le tableau précédent permet de définir les composantes de la base des performances de référence en interprétant les décisions stratégiques de la cible. Les liaisons présentes dans les deux tableaux sont des propositions, on pourra donc les valider ou les invalider. Par exemple, les managers décident de procéder à des extensions technologiques. Les décisions considérées sont donc globalement des décisions à impacts indirects. Dès lors, les décideurs ont toute liberté d'agir sur le Faire/Acheter, les ressources humaines, les infrastructures, ou les processus. Pour chacun de ces critères, on identifie trois sous-critères d'action qui sont la Qualité, la gestion de production ou l'organisation. En fonction du sous-critère d'action, il est possible de définir les critères de référence : au sous-domaine Gestion de Production des ressources Humaines, nous associons les performances de référence Coûts, Délais, Flexibilité, Service, Compétitivité.

Il offre également une lecture verticale (duale de la précédente) qui permet d'identifier des objectifs stratégiques majeurs en fonction de desiderata d'amélioration sur des Facteurs Clés de Succès particuliers. Cette deuxième lecture est très intéressante pour notre étude car, en cas d'incohérences majeures entre les objectifs stratégiques souhaités, et les possibilités réelles d'évolution du système, il faut procéder à l'ajustement des objectifs stratégiques en fonction des critères de performance à modifier. En outre, dans le cas de GEM, la cible est généralement définie au travers de niveaux de performance plus que par des objectifs stratégiques particuliers ou des décisions à mettre en œuvre.

Il faut noter qu'à ce stade de l'analyse, les critères de performance de référence sont des critères globaux. Ainsi, le critère Délai fait-il référence aussi bien aux Délais de livraison qu'aux Délais de fabrication, de même, les Coûts sont-ils une vision agrégée des coûts comptables, cachés, par activité... Par ailleurs, nous pouvons également noter que le critère Compétitivité, qui est typiquement un critère de nature commerciale, est représentatif d'un niveau de détail beaucoup plus fin que les autres.

Considérant toutes ces remarques, nous pouvons affirmer qu'il sera nécessaire, lors de l'établissement de l'Etape (sur la trajectoire d'évolution du système de production) d'affiner la base de critères de référence, c'est-à-dire de les décomposer. Cette décomposition doit également tenir compte des différences de dynamique entre les niveaux de gestion considérés.

#### III.4.2.3. Expression de la performance

Une fois la base de référence établie, il convient d'interpréter les données stratégiques dans cette base. ce point permet d'obtenir un positionnement de l'axe stratégique considéré.

### III.4.3. Expression de la performance au niveau Planning d'Actions

#### III.4.3.1. Principes généraux

L'établissement de l'Etape qui définit le planning des actions, se déroule différemment de l'établissement de la cible. Ainsi, généralement, l'Etape est définie au travers d'un ensemble de modèles qui représente ce que devrait être le système, d'un point de vue conceptuel, à l'issue de la période stratégique.

Connaissant le modèle du système existant, ainsi que les niveaux de performance associés, il faut s'assurer que le modèle du système étape permettra effectivement de remplir les exigences de performance définies par la cible. Dans cette vision, le modèle Etape correspond au premier des choix de conception à mettre en œuvre (figure 3.8). La question qui se pose est alors de savoir dans quelles mesures il répond aux attentes.

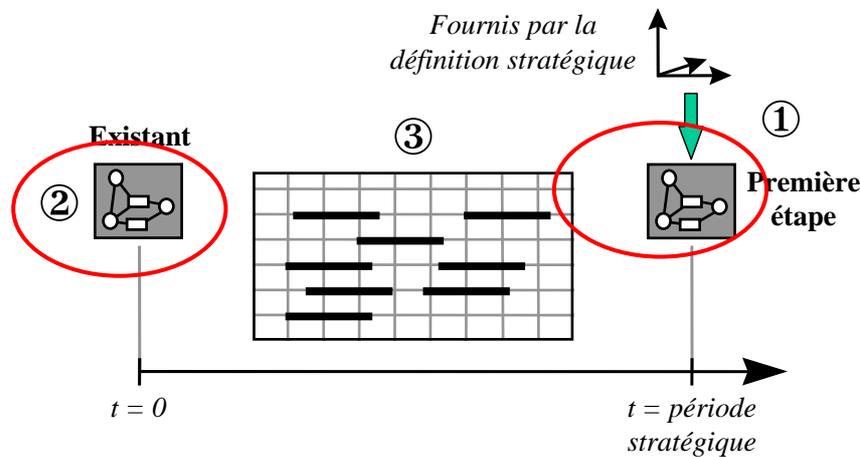


Figure 3.8 : Niveau de gestion étape

#### III.4.3.2. Identification des critères de référence

Considérant l'ensemble du système de production, il est normal à ce stade de la méthode de considérer que le référentiel pour l'expression des performances de l'existant est identique à celui de l'expression de la cible. Dès lors que les critères de référence sont identifiés au niveau stratégique, la base des critères de référence pour l'existant est également définie.

#### III.4.3.3. Expression de la performance

Comme nous venons de le voir, la cible exprime les niveaux de performance visés sur des critères identifiés. Dans le cas de l'étape, il faut procéder à l'interprétation du potentiel conceptuel du modèle en termes de performance. Dans ce dernier cas, il convient d'offrir au décideur la possibilité d'évaluer les performances induites par le choix de conception étape.

Or à ce stade, la connaissance du modèle n'est pas toujours suffisamment fine pour autoriser de telles projections. Pour cette raison, nous proposerons au cours du chapitre suivant un modèle précis permettant l'évaluation des performances par niveaux de

détails successifs. Du fait du manque probable de connaissance sur le comportement du système cible, les performances associées aux modèles de l'étape seront exprimées dans la même base de performances que celle définie par la cible. D'un point de vue dynamique, les niveaux de performance induits par la mise en œuvre des modèles de l'étape seront atteints à l'issue de la période stratégique. Leur évolution pendant cette période dépendra donc des projets implantés et de leur dynamique propre.

### III.4.4. Expression de la performance au niveau Gestion de Projets

#### III.4.4.1. Principes généraux

Le principe d'expression de la performance est exactement le même que dans le cas de l'étape. La différence majeure avec l'étape repose sur des considérations dynamiques. La fin de chaque projet marque une modification de l'état du système en termes de niveau de performance (figure 3.9) alors que la mise en œuvre de l'étape marque un état unique du système.

La succession des états intermédiaires doit assurer de maintenir le système sur la trajectoire d'évolution durant toute la période stratégique.

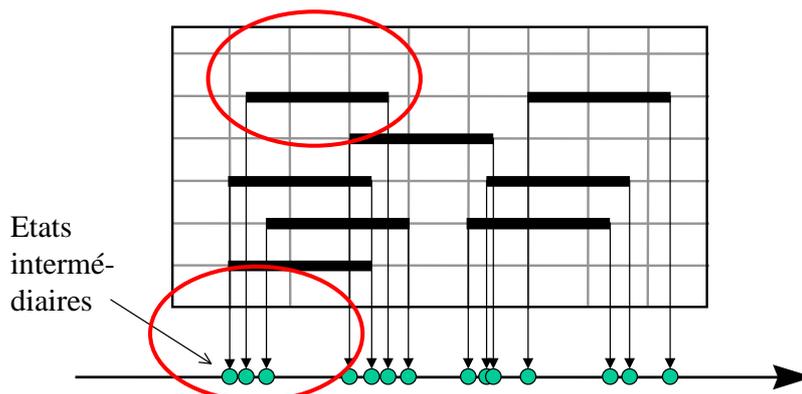


Figure 3.9 : expression de la performance au niveau gestion de projets

#### III.4.4.2. Identification des critères de référence

L'une des difficultés émergentes est donc de pouvoir interpréter les performances induites par chaque projet. Il s'avère alors que la base de référence est généralement trop réductrice car la connaissance s'affinant, les critères de performance de la base se trouvent être trop globaux pour décrire correctement les performances induites. Il convient alors de détailler la base de référence de la performance de façon à pouvoir particulariser les performances des projets. On peut construire une base détaillée en caractérisant les critères de performance, par exemple en séparant les performances liées aux processus, des performances liées aux produits (tableau 3.6):

Base Cible	Coûts		Délais		Flexibilité		Qualité		Environ <sup>†</sup>		Part de marché	Service		Compétitivité	
	critères	<i>Prod</i>	<i>Proc</i>	<i>Prod</i>	<i>Proc</i>	<i>Prod</i>	<i>Proc</i>	<i>Prod</i>	<i>Proc</i>	<i>Prod</i>		<i>Proc</i>	<i>Prod</i>	<i>Proc</i>	<i>Prod</i>
Base détaillée	$C_{prod}$	$C_{proc}$	$D_{prod}$	$D_{proc}$	$F_{prod}$	$F_{proc}$	$Q_{prod}$	$Q_{proc}$	$E_{prod}$	$E_{proc}$	Part de Marché	$S_{prod}$	$S_{proc}$	$C_{p_{pro}}$	$C_{p_{proc}}$

Tableau 3.6 : Identification de la base détaillée

Dans notre démarche d'analyse de la cohérence dans le déploiement de la performance en conception, il conviendra donc en plus de proposer une démarche d'agrégation des bases de référence des performances.

Enfin, il nous faut noter que l'état du système à l'issue de la réalisation d'un projet est donc liée au comportement dynamique des performances induites par le dit projet. Nous avons précédemment parlé de « profil » d'évolution, nous proposons d'affiner cette notion en décrivant deux types de projets en fonction de l'évolution des performances induites.

### III.4.4.3. Expression de la performance

#### III.4.4.3.1. Projet à effet final

Ce type de projet ne modifie le domaine de performance concerné que lorsqu'il a été intégralement achevé. C'est par exemple le cas d'une machine outil dont l'efficacité ne sera ressentie qu'à sa première utilisation (si tant est que l'on ne tienne pas compte du comportement au démarrage que l'on peut considérer négligeable au regard de la dynamique d'ensemble du système).

L'évolution dynamique de la performance résultant d'un tel projet peut être modélisée tel que sur la figure 3.9 ou finalement la dynamique globale peut être simulée par un échelon à effet retard, le retard correspond à la durée de réalisation du projet.

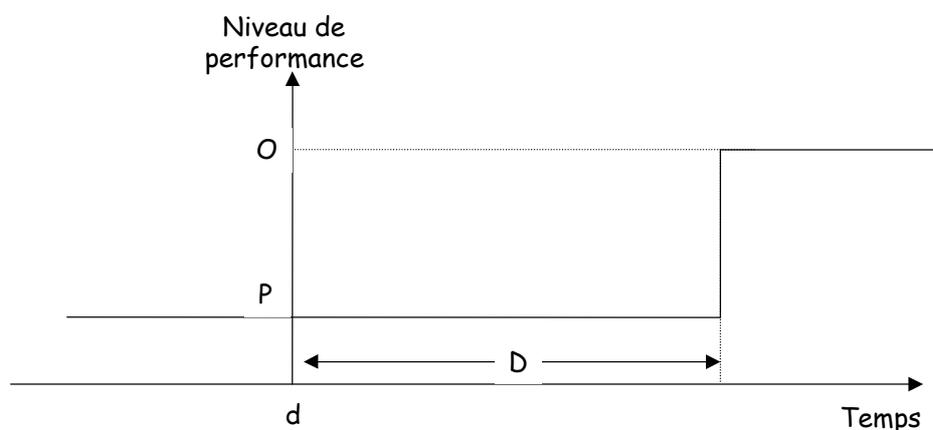


Figure 3.10 : Dynamique d'évolution de la performance résultant d'un projet à effet final

où :

P est le niveau de performance initial,  
 O est l'objectif (niveau de performance attendu),  
 D est la durée du projet,  
 d est la date de lancement du projet.

L'expression littérale de l'évolution de la performance est :

$$F_{D,d}^{P,O}(t) = P + (O - P).u(t - D - d)$$

où  $u(t)$  est la fonction échelon, elle participe de la partie dynamique de la fonction d'évolution.

#### III.4.4.3.2. Projet à effet progressif

Pour ce type de projet, la valeur de la performance est modifiée de façon continue jusqu'à son achèvement. L'évolution dynamique de la performance résultant d'un tel projet peut être modélisée telle que sur la figure 3.10 où l'évolution globale de la performance est schématisée par une rampe contrainte par un plafond à l'issue de la durée de réalisation du projet. Ce comportement est typiquement celui d'un projet de formation, où les acteurs sont formés et « progressent » en termes de compétences sur toute la durée du projet.

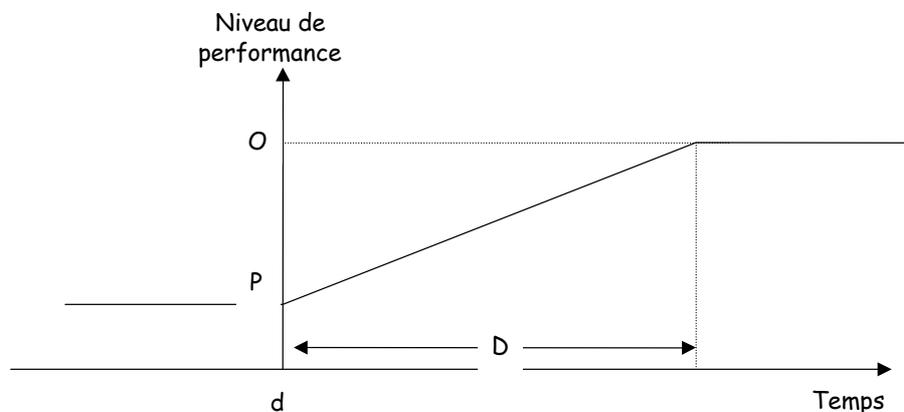


Figure 3.11 : Dynamique d'évolution de la performance résultant d'un projet à effet progressif où :

P est le niveau de performance initial (performance),  
 O est l'objectif (niveau de performance attendu),  
 D est la durée du projet,  
 d est la date de lancement du projet.

L'expression littérale de l'évolution de la performance est :

$$P_{D,d}^{P,O}(t) = P + \frac{O}{D}t.[u(t-d) - u(t-D-d)]$$

où  $u(t)$  est la fonction échelon. Dans le cas du projet à effet progressif, la partie dynamique de la fonction d'évolution est liée à une équation de droite de pente  $O/D$ .

#### III.4.4.4. Equation d'état

Dès lors que l'on peut répertorier tout type de projet en fonction du profil de performance qu'il génère, la succession des états de performance du système durant la période stratégique se trouve identifiée. On considère par exemple cinq projets menés simultanément. Ils génèrent des profils d'évolution de performance tels que représentés sur le schéma suivant (figure 3.11) :

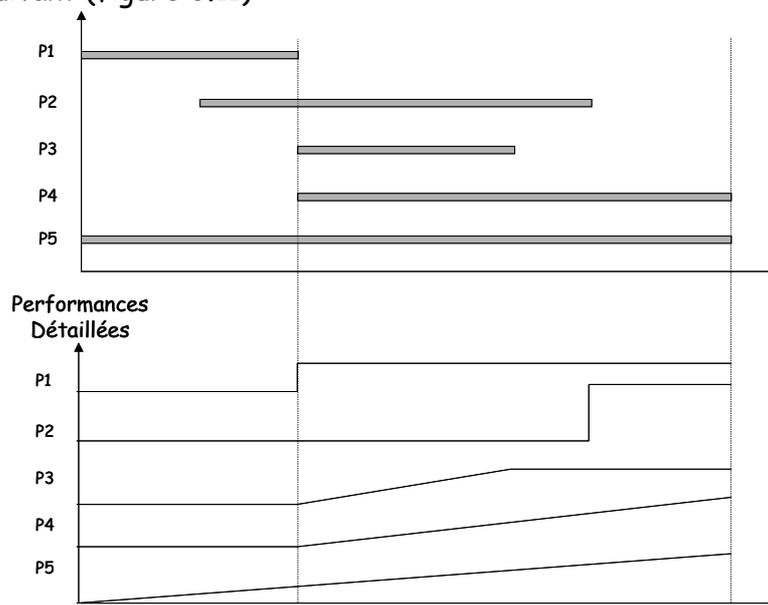


Figure 3.12 : Profil d'évolution des performances

Dans ce cas de figure, il est possible de déterminer l'évolution globale du niveau de performance du critère proposé :

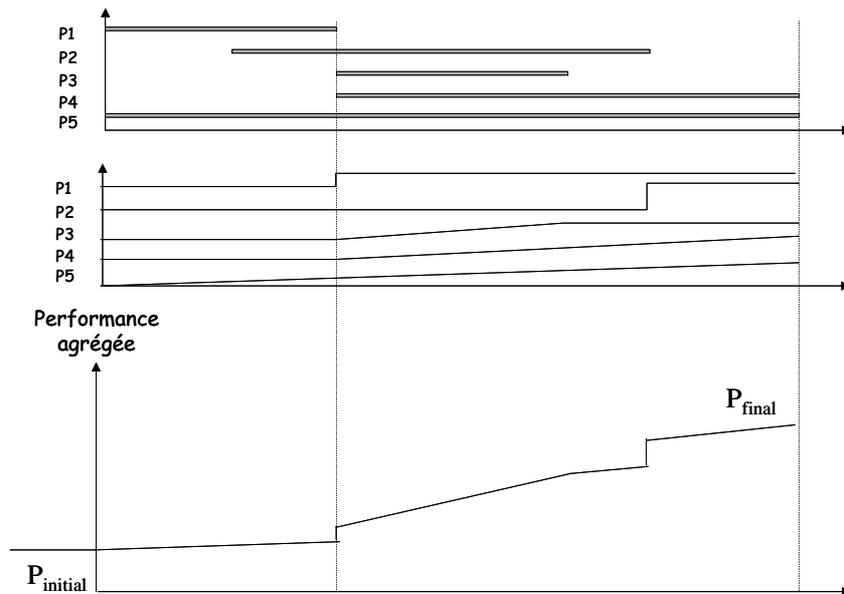


Figure 3.13 : Profil d'évolution globale

Mathématiquement, l'évolution de la performance agrégée du critère considéré sera égale à la somme des évolutions des performances détaillées. Ce profil fournit donc l'état du système aux points clés de gestion des projets au cours de la période stratégique. Nous pouvons qualifier cette équation d'**équation d'état** du système en évolution. Si  $X(t)$  est l'état du système sur un domaine de performance particulier, alors :

$$X(t) = P + \sum_i F_{i,D,d}^{P,O}(t) + \sum_j P_{j,D,d}^{P,O}(t)$$

ou  $F_i$  est le  $i^{\text{ème}}$  projet à effet final et  $P_j$  est le  $j^{\text{ème}}$  projet à effet progressif.

Si on considère le projet  $P_1$  à effet progressif déduit de la volonté de réaliser l'objectifs  $O_1$ , la durée de réalisation est de  $D_1$ , le retard  $d_1$ . Soit le projet  $F_1$  à effet final déduit de l'objectif  $O_2$ , de durée d'implantation  $D_2$ , et de retard  $d_2$ . L'équation d'état du système sera :

$$X(t) = P + F_{D_2,d_2}^{P,O_2}(t) + P_{D_1,d_1}^{P,O_1}(t)$$

soit encore :

$$X(t) = P + (P - O_2)[U(t - D_2 - d_2)] + \frac{O_1}{D_1} t [U(t - d_1) - U(t - D_1 - d_1)]$$

$P_i$  correspond à l'état initial en termes de performance sur le domaine  $i$ . Les autres membres de l'équation d'état représentent les termes dynamiques.

### III.4.5. Vecteur de performance et matrice de conception

#### III.4.5.1. Hypothèses de base

Nous venons de présenter les principes de déploiement de la performance en gestion de l'évolution. Ce déploiement procède de trois phases :

- 1- Identification de la base de référence pour l'expression de la performance (niveau de gestion Cible,
- 2- Identification des niveaux de performances attendus définis par les modèles de l'étape
- 3- Caractérisation des niveaux de performances induits par les différents projets d'évolution sur chaque critère de performance de la base de référence.

#### III.4.5.2. Vecteur de performance de conception

Sur cette base, nous pouvons donc construire le **Vecteur de Performance de Conception**, dual du vecteur de performance présenté en exploitation. Ce vecteur traduit les niveaux de performances induits par les choix de conception (projets d'évolution) sur la base de référence :

$$P = \begin{bmatrix} X_1(t) \\ \vdots \\ X_n(t) \end{bmatrix} [n_1 \dots n_n]$$

ou  $X_i(t)$  est l'équation d'évolution qui traduit les variations du niveau de performance considéré au regard de la nature du choix de conception considéré. Le Vecteur de performance de conception est donc dépendant de « t » (temporalité), ce qui traduit le mode de diffusion de la performance considérée (projet à effet final ou projet à effet progressif).

Si l'objectif de conception exprime des niveaux de performance, généralement, il n'impactera qu'un domaine de performance bien défini. Typiquement, la machine qui permettra de compresser les délais de production. Par contre, il est tout à fait envisageable de trouver des cas d'impacts multiples. Le projet de ré-organisation décisionnelle d'une structure de pilotage permettra par exemple de générer un accroissement de la flexibilité, mais pourra également réduire dans le temps les niveaux de stocks de composants du système. Dans ce cas, les critères de performance affectés par le choix de conception peuvent être nombreux.

L'objectif visé induit donc un ou plusieurs choix de conception possibles. Pour chacun des choix de conception, il faut proposer un vecteur de performance.

L'ensemble des objectifs d'un projet ou d'une étape permettent donc de construire la **matrice des performances de conception**. Nous disposerons ainsi d'une matrice par niveau de gestion :

$M_{Cible} = [C_{ij}(t)] \times [D_j]$  pour la cible,

$M_{Etape} = [E_{ii}(t)] \times [D_j]$  pour l'étape,

et  $M_{planning} = [P_{ij}(t)] \times [T_j]$  pour le niveau planning des actions.

$M_{Cible}$  est la Matrice des Performances de Conception traduisant les performances décrites par la stratégie d'évolution au niveau de la cible. La base de référence est décrite par la matrice  $[D_j]$ , ou  $D_j$  est le  $J^{ième}$  critère de référence.

$M_{Etape}$  est la Matrice des Performances de Conception traduisant les performances décrites par les projets d'évolution au niveau de l'Etape. La base de référence, décrite par la matrice  $[D_j]$ , est la même que la base de référence pour l'expression de ma Matrice  $M_{Cible}$ .

$M_{planning}$  est la Matrice des Performances de Conception traduisant les performances décrites par les sous-projets d'évolution au niveau de la cible. La base de référence est décrite par la matrice  $[T_j]$ , ou  $T_j$  est le  $J^{ième}$  sous-critère de référence.

De la sorte, si l'on considère un projet, mené pour réaliser deux objectifs de conception, et que pour chacun de ces deux objectifs, nous avons deux choix de conception possibles, alors il existe 4 matrices de conception possibles... le procédé est explosif d'un point de vue strictement combinatoire, mais, finalement, l'expérience montre que pour chaque objectif, le nombre de choix de conception est relativement restreint. En outre, le nombre de critères de performance impactés peut être réduit à 1 par objectif. Dans ce cas, les matrices de conception obtenues sont des matrices diagonales.

Ainsi, chaque objectif peut être exprimé, dans la base de performance considéré au travers d'un vecteur de performance dynamique. L'ensemble des vecteurs de performance d'un niveau permettent de construire les matrices de conception associées.

### III.5. Conclusions

L'ensemble de ce chapitre a posé les premières pierres de la démarche d'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation.

S'appuyant sur une définition précise de la notion de performance en conception, ainsi que sur la dynamique de variation de ces performances, nous avons proposé un modèle de référence pour l'expression des objectifs de conception et le déploiement de la performance dans le cadre de la gestion de l'évolution. Ce modèle de référence, construit autour d'une définition précise de la performance de conception, distingue clairement deux types de performances : les performances de Conception Directe et les performances de Conception Indirecte.

Sur la base de ces définitions, nous avons adapté les opérateurs d'agrégations proposés par [Ducq, 1999] dans le cadre de l'exploitation du système de production au contexte particulier de la gestion de l'évolution (et donc de la conception) du système de production.

L'analyse des dynamiques d'évolution des performances en fonction du choix de conception proposé a permis d'asseoir les principes d'expression de la performance au travers des vecteurs de performance de conception ainsi que des matrices de conception.

Par la suite, la deuxième étape de notre travail peut débuter. Comme nous venons de le voir, le comportement dynamique de la performance est étroitement lié au choix de conception à mettre en œuvre. Or il n'est pas toujours aisé d'évaluer précisément l'impact d'un tel choix. Les outils manquent, qui offrent une vue suffisamment générique pour exprimer le potentiel d'un choix de conception quelle que soit la nature de ce choix et surtout quel que soit le degré de connaissance que l'on peut avoir de ce choix. Nous proposons donc ci-après une extension de la notion de processeur et de processus en vue de faciliter l'évaluation des performances a priori.

Le dernier chapitre de ce mémoire permettra d'intégrer l'ensemble des concepts et outils que nous aurons définis en vue de proposer une démarche complète pour l'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation.



## Chapitre IV Modélisation des choix de conception : concepts et démarche

### IV.1. Introduction

Le Chapitre précédent développe le modèle de référence pour l'expression de la performance en conception. S'appuyant sur la démarche de gestion de l'évolution GEM, ce modèle de référence intègre les comportements dynamiques liés au déploiement de la performance dans ce cadre-là.

Dans la dernière partie du chapitre III, nous avons notamment présenté les principes d'évolution dynamique de la performance relativement à la nature du choix de conception mis en œuvre. Le problème posé est alors d'avoir une connaissance suffisamment complète du choix de conception afin d'anticiper de son impact sur les niveaux de performance existants. Or, la connaissance du choix de conception (résultat du projet) s'affinant au fur et à mesure de l'évolution des projets, il est nécessaire de disposer d'un modèle générique assurant une évaluation des performances quel que soit le niveau de décomposition du modèle et sa nature.

La première partie du quatrième chapitre traite de la définition des modèles conceptuels susceptibles de supporter la démarche d'analyse de la cohérence. Nous définirons complètement la notion de Processus Générique, ainsi que ses instances possibles. Par la suite, nous définirons la notion de réseaux de processus (réseaux intégrés et réseaux séquentiels) qui correspond à une vision étendue de la vision processus classique.

La deuxième partie établit l'ensemble des procédures d'agrégation qui permettent de passer d'un niveau de décomposition des modèles au niveau de détail supérieur. Sur cette base, les algorithmes d'évaluation des performances se déduisent naturellement.

## IV.2. Modélisation par processus

### IV.2.1. Généralité

Dans cette première partie nous proposons une extension de la notion de processus. Nous développons le concept de processus générique, qui offre un point de vue unifié de référence pour le modèle GRAI. L'idée qui sous-tend l'approche est de faciliter l'évaluation des performances induites par des choix de conception dès lors que ceux-ci entraînent simultanément la mise en œuvre de solutions organisationnelles (aspects décisionnels) et de solutions techniques (aspects métier).

En effet, ces différents types de solutions sont représentés différemment, au niveau conceptuel ainsi qu'au niveau des formalismes. Or le choix de conception ne peut pas toujours être traduit par l'un ou l'autre de ces modèles conceptuels. Le processus générique correspond alors à un niveau d'abstraction supplémentaire facilitant la définition des solutions et l'évaluation des performances induites.

Le processus générique doit assurer de pouvoir rattacher un état du système au niveau de performance qu'il est supposé atteindre et ceci quel que soit le niveau de détail dans la définition du choix de conception

Pour ce faire, nous décrirons dans un premier temps le concept de processus générique. Par la suite nous proposons deux instances de ce modèle : le processus décisionnel et le processus physique qui assurent la cohérence entre le niveau conceptuel de modélisation GRAI et le niveau conceptuel du processus générique.

### IV.2.2. Définitions du concept de processus

#### IV.2.2.1. Définition générale

Pour atteindre un objectif de conception, nous mettons en œuvre des choix de conception. L'hypothèse de base est que tout choix de conception peut être modélisé par un **Processus**. Il s'agit alors d'activités de transformations de flux réalisées par des entités, appelées processeurs [Le Moigne, 1977], et qui vont s'insérer dans la structure, modifiant son comportement et ses performances. Les transformations de bases sur les flux sont les suivantes :

1. la transformation de temps (un lieu de stockage) affectera au flux transformé un retard équivalent à la durée du stockage.
2. la transformation d'espace (un transporteur) permettra de mettre en évidence le transit de flux matériels ou immatériels.
3. la transformation de forme (un usinage) aura un impact sur la nature du flux traversant le processus.

Il faut noter que la transformation de base n'existe pas en tant que telle, elle est généralement couplée à une ou plusieurs autres transformations de base : un centre de décision, ou une activité physique agrégée modifie les flux aussi bien sur leur forme (information agrégée par exemple), que dans le temps ou l'espace.

Le processeur va agir sur l'objet « traité », objet qui peut aussi bien être une information qu'un objet physique. Ceci permet de prendre en considération l'ensemble des entités du système de production, y compris les systèmes informationnels.

Le processeur est un concept propre à la modélisation des **processus**. Or dans le cadre de la modélisation du système de production, la seule notion de processus est trop restrictive dans la mesure où il faut également tenir compte des concepts de « vues » physique ou décisionnelle, de fonctions, d'intégration... Nous proposons donc d'étendre cette vision en allouant au processeur la capacité de modéliser toute entité réalisant une activité (aussi bien décisionnelle que physique) au sein de la structure de production.

#### IV.2.2.2. Contexte de l'approche: Intégration au modèle GRAI

Le modèle GRAI distingue trois systèmes : le système de décision, le système physique et le système d'information. La modélisation récursive globale offre la possibilité de décomposer le système selon des niveaux de plus en plus détaillés. Le niveau de détail le plus fin correspondant à une structure élémentaire comprenant une activité, son élément de pilotage et un ensemble d'information.

La formalisation des concepts propres à chaque vue s'appuie sur des approches globales et locales. On retrouve les actigrammes pour la modélisation du système physique, les actigrammes étendus pour les processus, la grille GRAI pour la vue décisionnelle globale et enfin les réseaux GRAI pour la vue décisionnelle locale. La liaison entre ces différentes représentations n'est pas toujours évidente, aussi proposons-nous d'identifier chaque élément de la structure de production (modélisé à l'aide du modèle GRAI) au moyen d'un modèle conceptuel générique : le Processus Générique. Ceci assure la possibilité d'appréhender l'ensemble des états possibles d'un système par le biais d'un modèle unique intégrant les trois vues offertes par les concepts de base du modèle GRAI.

Le modèle du système de production au sens GRAI est le suivant (figure 4.1) :

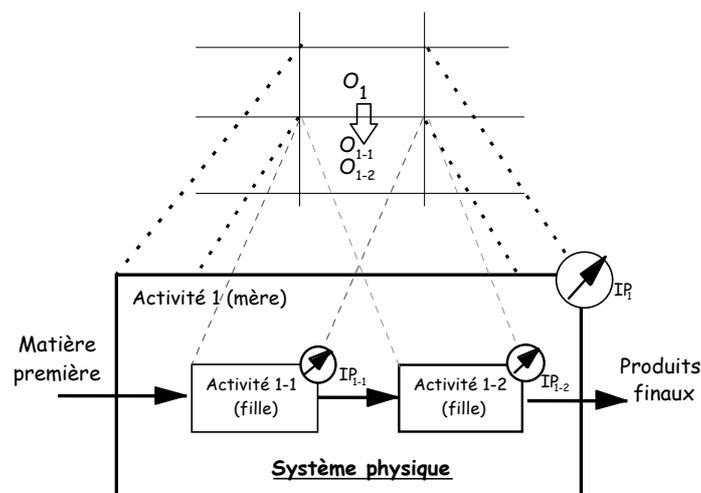


Figure 4.1 : le modèle GRAI pour le pilotage du système physique

Le centre de décision pilote un certain domaine du système physique. La transmission des cadres de décision et des différents flux d'information se fait par le biais du système d'information. Nous identifions deux instances principales pour le processus Étendu :

1. l'instance Décisionnelle représentant le centre de décision,
2. l'instance Physique représentant l'activité physique,

Ces deux instances correspondent à des instanciations spécifiques des attributs de la classe Objet Processus Générique. Conceptuellement, le Processus Générique traduit l'état du système modélisé par exemple par la figure 4.1. Nous décrivons ci-après la classe Processus Générique, qui correspond à une traduction particulière des modèles GRAI (figure 4.2).

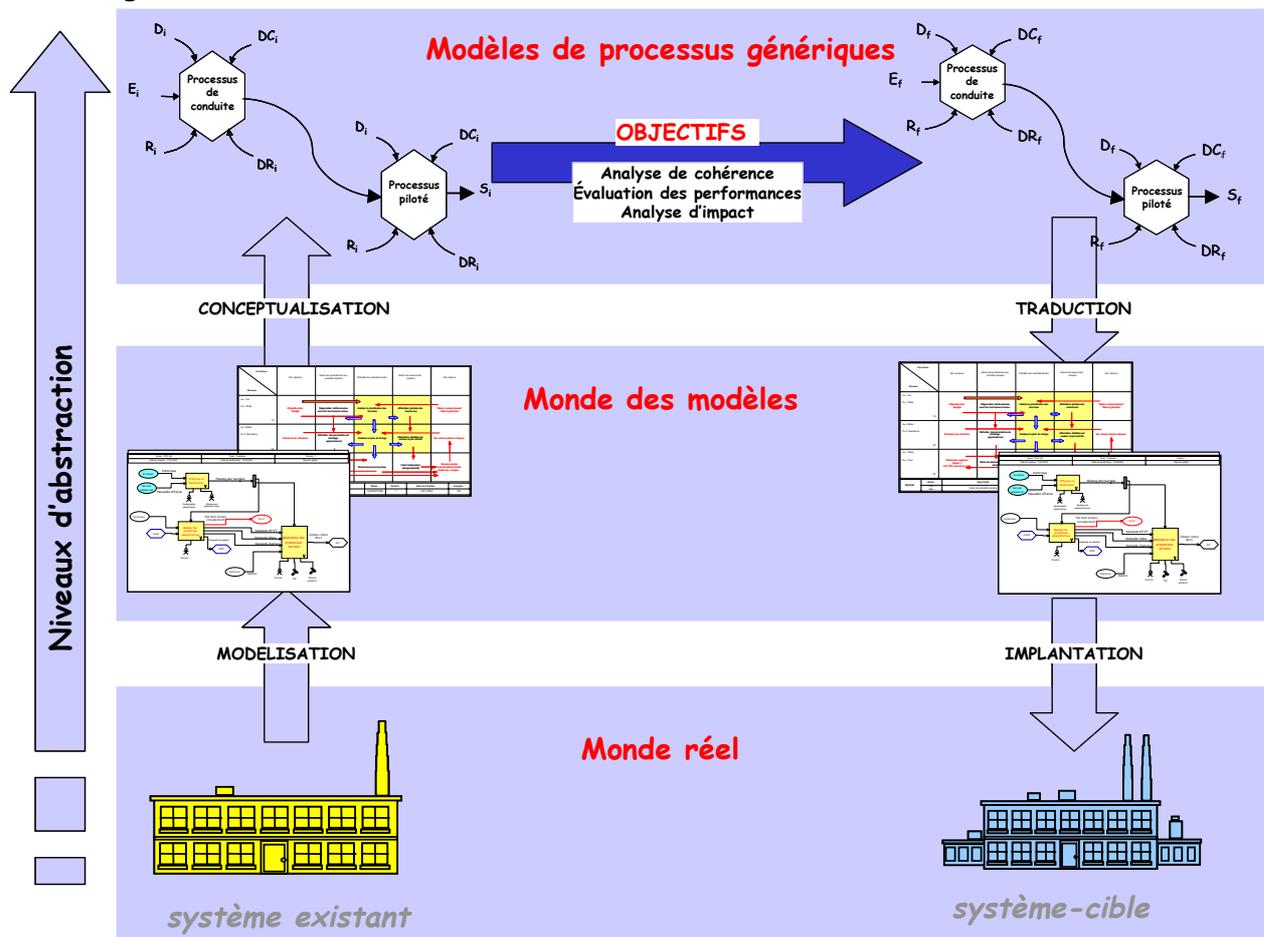


Figure 4.2 : Niveaux de Conceptualisation de la démarche

#### IV.2.2.3. Approche par le processus de conduite

[Kleinhans, 1999] propose le modèle générique d'un processus de conduite. Ce processus vise à la transformation de l'objet processé remplissant ainsi la finalité qui lui est assignée. Pour réaliser la transformation, le processus s'appuie sur des ressources (permanentes ou consommables) qui sont les processeurs définis par Le Moigne. Ce modèle de processus est caractérisé par 6 flux :

1. Un flux entrant de demande qui déclenche la réalisation du processus,

2. Le flux entrant des objets à traiter qui sont des plans ou des ordres à préparer pour être utilisables par des niveaux de conduite inférieurs ou par des processus opérants,
3. Le flux sortant des objets traités,
4. Un flux entrant des données de conduites : elles participent au contrôle du déroulement de l'activité en vue d'atteindre les niveaux de performance souhaités,
5. Un flux entrant des données de réalisation : les données de réalisation sont attachées aux objets traités ; gammes, nomenclatures...
6. Un flux entrant des ressources : les ressources correspondent aux processus définis par Le Moigne,

Le modèle formel est le suivant (figure 4.3):

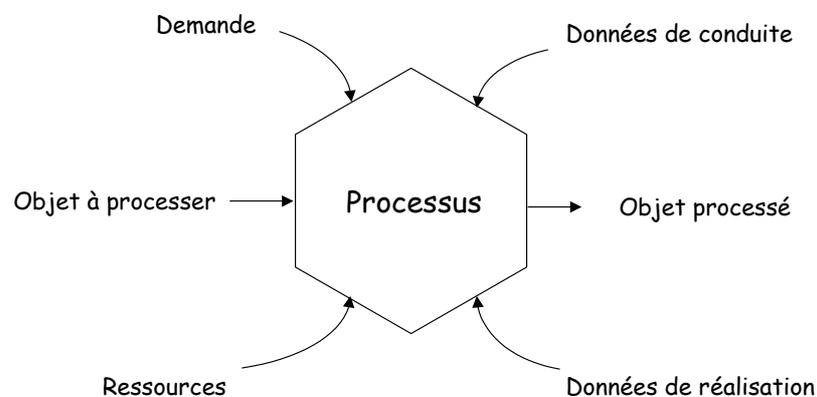


Figure 4.3 : Modèle du processus de conduite [Kleinhans, 1999]

Le processus de conduite contrôle un processus opérant qui lui-même réalise l'activité du système de production. C'est donc le processus opérant qui transforme le flux physique des produits. A ce stade de la conceptualisation, Kleinhans fait une séparation entre la partie conduite du système et sa partie opérative. L'interfaçage entre les deux processus est opéré par un processeur particulier appelé Processeur N (pour *Changement de Nature*) dont la finalité est d'expliquer les changements de nature d'un flux avant son utilisation par le processus suivant.

Finalement, le modèle de l'activité de production pilotée par un processus de conduite est proposé sur la figure 4.4. Ce modèle aboutit, dans sa vue agrégée, au modèle générique du processus conduit. Ce dernier intègre alors les points de vue conduite et piloté, qui sont généralement séparés dans les méthodes de modélisation classiques.

En première instance, il est tout à fait concevable d'identifier des processeurs décisionnels et des processeurs physiques, et par extension des processus décisionnels et des processus physiques. Toutefois, lors de la conception d'un processus de production, il n'est pas souhaitable d'effectuer cette distinction.

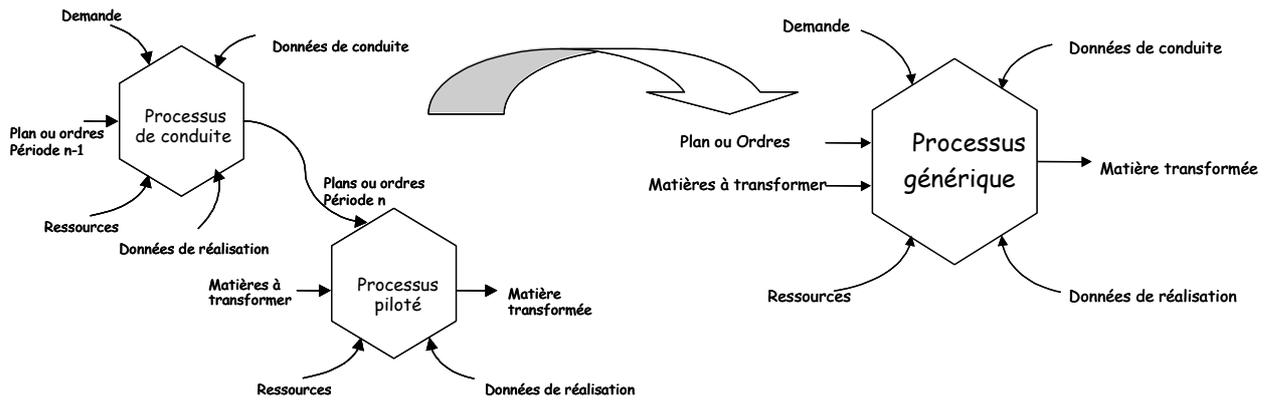


Figure 4.4 : Modèle générique du processus de production

### IV.2.3. Le Processus Générique

#### IV.2.3.1. Modèle du Processus Générique

Lors de la restructuration du processus de conception, la connaissance de l'artefact s'affine au fur et à mesure de l'avancement du projet. Pour cette raison principale, il n'est pas possible de différencier les aspects décisionnels des aspects opérationnels à proprement parler. Le processus générique que nous proposons est donc une classe d'objet (figure 4.5) pour laquelle il sera nécessaire d'instancier les attributs au fur et à mesure de l'avancement du projet de conception.

Le Processus générique est caractérisé par les six attributs qui correspondent aux flux proposés par Kleinhans ainsi qu'un attribut supplémentaire que nous appellerons Flexibilité Décisionnelle, associés au choix de conception. In fine, cette instanciation des attributs assure d'identifier la nature réelle de l'activité modélisée : activité de conduite ou pilotée...

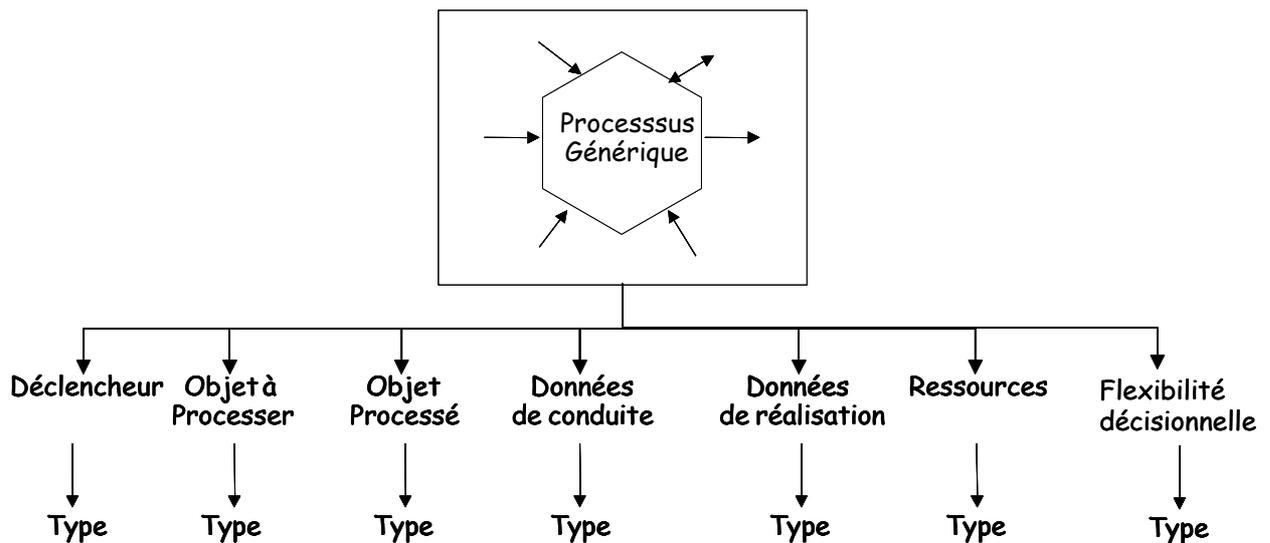


Figure 4.5 : Processus générique de Production

Le Type correspond à la caractérisation de l'attribut : une ressource pourra par exemple être partagée, à capacité limitée, polyvalente..., l'objet traité pourra être un objet informationnel tel un plan de production, ou un objet physique comme un produit.

La notion de processeur est rattachée à la classe Ressource.

Les processus génériques tels que proposés fournissent peu d'outils pour identifier la nature du processus mis en jeu (décisionnel, physique, informationnel). Or, évaluer de l'impact d'un choix de conception sur les niveaux de performance de l'entreprise impose de connaître la nature du processus. Cette dernière est liée à une performance particulière que nous appellerons Flexibilité Décisionnelle.

#### IV.2.3.2. L'attribut Flexibilité Décisionnelle

Nous retiendrons principalement que **les Données de Conduite justifient de la nature d'un processus ou tout du moins de la nature de l'activité qu'il réalise**. On part du principe que les Données de Conduite incluent le Cadre de Décision (au sens GRAI : Objectifs, Variable de Décision, Critères, Contraintes) et/ou les ordres directement exécutable par le processus. Dans cette optique, plus le décideur concerné aura une faible latitude décisionnelle, plus l'activité pilotée sera de niveau bas (activité purement « métier » ou procédurale). Cette particularité de l'attribut « Données de Conduite » est la base d'une performance intrinsèque du processus générique que nous appellerons : la flexibilité décisionnelle : Fd.

*La Flexibilité Décisionnelle (Fd) est l'aptitude du processeur support du processus générique à modifier les valeurs des attributs du cadre de décision qu'il reçoit. La flexibilité décisionnelle se mesure donc au travers du nombre d'états que le cadre de décision reçu par le processus, est susceptible de prendre.*

Ainsi, une Fd nulle implique une activité purement opérationnelle, une Fd élevée caractérise une activité intégrant part de décision. La flexibilité décisionnelle préfigure donc le futur potentiel d'exploitation du choix de conception. Dans un espace de performances induit par les caractéristiques structurelles de l'artefact, le décideur aura, ou non, la possibilité d'optimiser le fonctionnement du système piloté.

Sur cette base, il est possible de caractériser précisément les attributs du processus. Cette instanciation du processus générique est à l'origine de deux processus fondamentaux : le Processus Générique de conduite et le Processus Générique piloté.

#### IV.2.3.3. Le Processus Générique de conduite

Le centre de décision est le cœur du système décisionnel. Il génère les décisions pour piloter, dans le cadre des objectifs assignés, un certain domaine du système physique. Sur la grille décisionnelle GRAI, par définition, le centre de décision est l'intersection entre un niveau décisionnel et une fonction identifiée de l'entreprise. Cette intersection définit la finalité du centre dans l'organisation : un niveau intermédiaire de prise de décision et une fonction de planification vont naturellement structurer des centres de décision de planification moyen terme (Plan directeur de Production, Plan de Charges »).

Les caractéristiques dynamiques du processus générique sont déduites de sa position relativement aux niveaux décisionnels de l'organisation. Ainsi, les Horizon et Période du niveau Décisionnel rythment naturellement les évolutions du centre de décision.

Les objets processés sont des informations (cadre de décision) qui vont subir principalement des transformations de temps (principe des changements de niveaux décisionnels), de forme (par agrégation ou décomposition).

Le Centre de Décision peut être modélisé par un processus générique, et caractérisé par des paramètres dynamiques (Horizon/Période) et des paramètres structurels (données de conduite, flexibilité décisionnelle, déclencheur...) comme sur la figure 4.6 ci-après. Nous conservons le formalisme proposé par Kleinhans, avec cependant quelques adaptations relatives aux performances du processus :

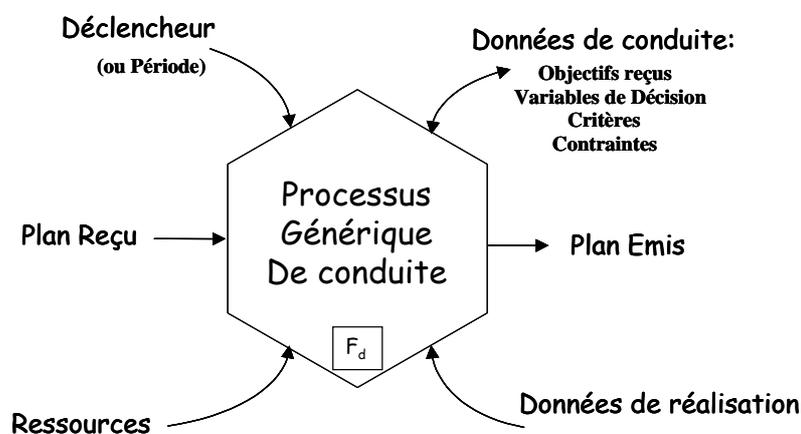


Figure 4.6 : Processus Décisionnel

Les paramètres structurels inclus dans les Données de conduite sont au nombre de quatre :

1. les objectifs qui traduisent l'état, en termes de performance, vers lequel les décideurs souhaitent tendre, leur typologie a été abordé dans le cadre des précédents chapitres,
2. les variables de décision sont les leviers permettant d'atteindre les résultats escomptés,
3. les contraintes fixent les limites d'action des variables de décision,
4. les critères permettent de choisir parmi les différentes variables de décision celles qui satisferont au mieux la stratégie et les objectifs.

Les Données de conduite induisent, pour le processus générique de conduite, une flexibilité décisionnelle  $F_d$ . On peut également proposer d'autres types de performance, et par exemple : la réactivité décisionnelle ou encore la fiabilité décisionnelle. Elles pourraient être caractérisées comme suit :

1. La Réactivité Décisionnelle ( $R_d$ ) correspond au délai entre l'occurrence d'une perturbation sur le système piloté, et la date de génération de la Donnée de

Conduite en réponse à cette perturbation. La réactivité décisionnelle dépend essentiellement de l'inertie des variables de décision à mettre en œuvre pour déclencher les décisions.

2. La Fiabilité Décisionnelle ( $F_{id}$ ) est le rapport du nombre des objectifs atteints sur la nombre total des objectifs. Ce ratio peut être pondéré par une évaluation du degré moyen de réalisation si l'on part du principe qu'un objectif peut être atteint à 10%, 50% ou 95%...

Les informations utiles ne font pas partie des paramètres structurels car elles ne sont pas (a priori) indispensables au processus décisionnel, quoiqu'elles en soient un support indéniable. Ces informations sont incluses dans les Données de Réalisation : on retrouve des informations procédurales dépendant du système d'information, et des informations plus informelles. Il faut noter que le Processus Décisionnel émettant également des Informations, vers d'autres processus, le flux des Données de Réalisation est bi-directionnel.

Le Cadre de Décision émis au travers des Données de Conduite de retour est composé des paramètres structurels des processus fils. Ils sont émis à chaque début de période pour la mise en oeuvre des activités périodiques, et de façon plus spontanée pour la mise en oeuvre de procédures déclenchées sur évènement.

Ci-dessous (figure 4.7), nous modélisons le processus générique de conduite lié au centre de décision : « faire le plan de charge ».

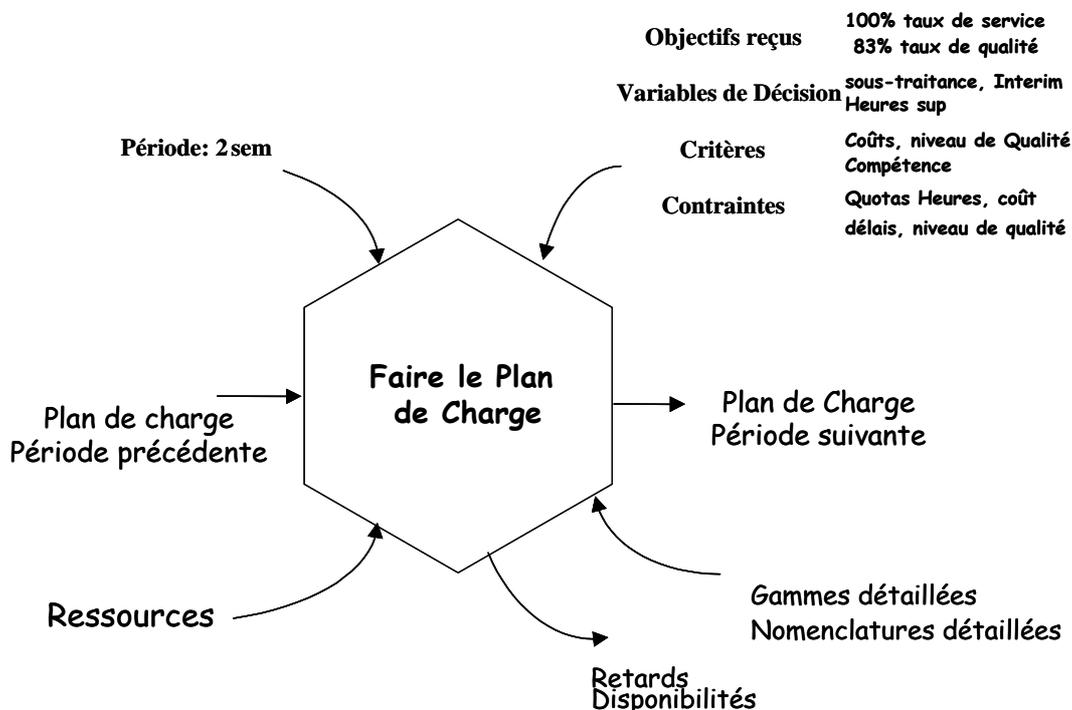


Figure 4.7 : Exemple de Processus Décisionnel « faire le plan de Charge »

Le programme directeur de production est décomposé en données de réalisation pour les objectifs de production et données de conduite pour les aspects décisionnels :

objectifs reçus, Variables de décision, critères et contraintes. Le (ou les) décideur(s) adapte(nt) alors le plan de charge de la période précédente afin de générer le plan de charge de la période suivante.

#### IV.2.3.4. Le Processus Générique piloté

Le Processus Générique piloté réalise la transformation physique d'un flux de matière. Le processus piloté met en œuvre des contraintes supplémentaires par rapport au processus de conduite : contraintes technologiques, contraintes liées aux ressources, aux produits transformés... Le processus piloté présente une Flexibilité décisionnelle réduite comparativement à la Flexibilité Décisionnelle du processus de conduite. L'Activité Physique est conduite par un Centre de Décision, et peut regrouper les différents types de transformations. Elle peut être plus ou moins agrégée et sera donc modélisée par un processus générique comme le montre la figure 4.8.

Le cycle dynamique de l'activité physique dépend du niveau décisionnel du centre de décision pilotant et de la durée de la transformation réalisée. Cela implique donc que l'activité physique soit réalisable sur la durée de l'horizon considéré, faute de quoi, l'évaluation des performances de l'activité n'aura pas de signification.

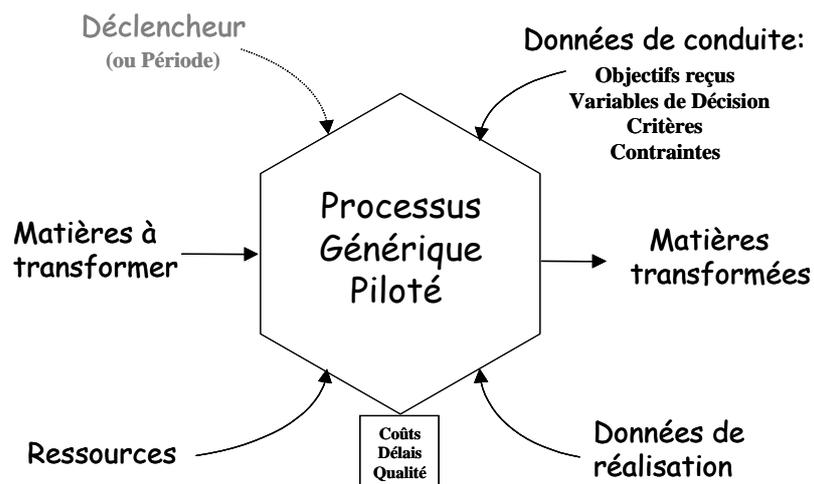


Figure 4.8 : Processus physique

Les paramètres structurels du processus physique sont multiples :

1. les Données de Conduite conditionnent la réalisation de l'activité. Elles sont généralement périodiques mais peuvent être également événementielles comme nous l'avons précisé auparavant. Ces données seront donc analysées simultanément lors de la définition des procédures d'agrégation des paramètres structurels. Il faut noter que dans le cas du Processus Générique piloté, il n'y a pas de Donnée de Conduite émise, le flux est donc unidirectionnel.
2. la capacité de l'activité, représente la charge qu'elle est capable d'assumer en régime nominal. Cette capacité est liée aux ressources utilisées. Or ces ressources peuvent différer suivant les contraintes du moment, on pourra donc

être amené à définir des capacités par type de ressources (ressources partagées, contraintes calendaires, ressources mono-capacitaires, multi-tâches...).

3. les niveaux de performance nominal, maximal et minimal (souvent en termes de Coût, Qualité et Délai) exprimés dans les critères de performance de référence sont définis par la stratégie industrielle. Ces niveaux de performance dépendent fortement de la nature des ressources utilisées. Il sera donc nécessaire de différencier les niveaux de performances propres à l'activité et les niveaux de performance relatifs aux types de ressources.

Les paramètres dynamiques (Période et Horizon) sont liés à ceux du Processus Générique de conduite.

Un certain nombre d'autres paramètres peuvent être encore définis afin d'affiner la représentation du processus physique : on peut citer par exemple, les ressources utilisées, les fréquences de traitement des intrants, les fréquences de mise à disposition des extrants...

Toutefois, nous pensons que la Capacité, les niveaux de performances nominal, minimal et maximal ainsi que les ordres reçus sont des paramètres structurels qui suffisent à caractériser l'activité physique. L'Horizon et la Période (on peut également rajouter le cycle de réalisation) caractérisent complètement les paramètres dynamiques.

#### IV.2.3.5. Performances structurelles et performances d'exploitation

Comme nous l'avons vu précédemment, la Flexibilité Décisionnelle permet dans tous les cas de déterminer la nature du processus générique considéré (Figure 4.9). Le modèle GRAI distingue des activités physiques et décisionnelles. Parmi les activités décisionnelles, on distingue à nouveau des activités de conduite de type décisionnelle (flexibilité décisionnelle non nulle) et des activités de conduite de type exécution (flexibilité décisionnelle nulle). Les activités de décision visent à optimiser des choix de pilotage comptes tenus du cadre de décision reçu. Les activités d'exécution visent à formater des informations en vue de leur utilisation par une activité de décision.

Pour les activités physiques, les principes de décomposition appliqués induisent qu'elles intègrent en leur sein une composante « pilotage ».

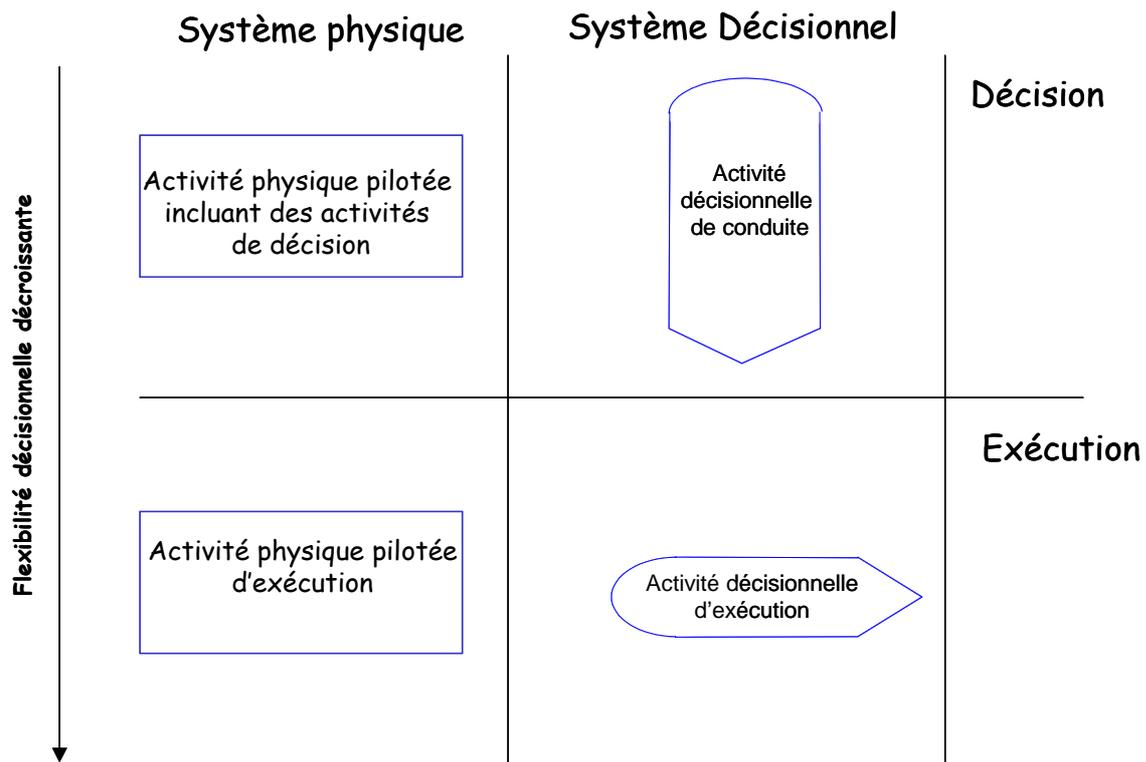


Figure 4.9 : Type d'activité en fonction de la flexibilité décisionnelle

Lors de la conception du système, le cadre de décision structurel fige la future flexibilité décisionnelle. Dès lors, il est possible de positionner le choix de conception dans l'un ou l'autre des quatre cadrans identifiés ci-dessus.

Si l'on considère d'autres types de performances, le Coût ou le Délai classiquement, on constate que la conception définira des valeurs minimums d'exploitation, seules les décisions de pilotage ultérieures permettront de réaliser ou non les performances attendues (en l'occurrence les valeurs minimums prédéfinies).

Une troisième performance classique est la Qualité (au sens large). Dans notre cas, la qualité correspond au niveau d'exigence souhaité pour l'objet traité au regard des données de réalisation reçues par le processus : il s'agit donc d'un niveau de conformité ( nous parlerons de Taux de Qualité (Tq) dans les exemples repris au chapitre V). La conception du processus générique permettra aux ressources engagées d'atteindre le niveau de conformité exigé, qui est alors un niveau maximum.

Si l'on se situe dans le cas d'un référentiel de performance de type Coût, Délai, Qualité, la structure du choix de conception détermine un espace tridimensionnel au sein duquel le système évoluera en fonction des décisions d'exploitation futures (le débit d'une machine est identifié dans une plage allant de 0 produit/h à 1800 produits/h par exemple). La flexibilité Décisionnelle intervient alors en tant que paramètre en dimensionnant le volume des performances possibles. Le décideur qui possède une certaine latitude décisionnelle pourra librement évoluer dans l'espace défini (il peut augmenter ou réduire le débit dans la plage [0, 1800]). Au contraire, en l'absence de flexibilité décisionnelle, la performance réalisée en exploitation sera directement liée à

la structure même du choix de conception : une fois la flexibilité d'une machine figée, l'opérateur ne peut plus intervenir sur ce paramètre.

Les schémas suivants (figure 4.10) proposent deux types d'espace : l'un pour une flexibilité décisionnelle non nulle, l'autre pour une flexibilité décisionnelle nulle.

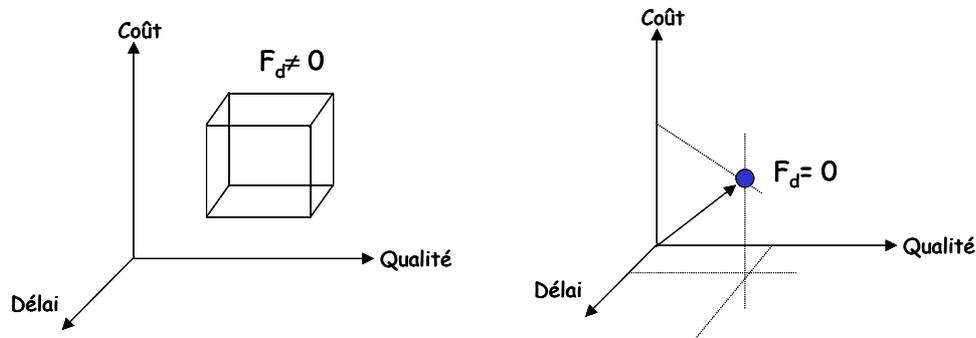


Figure 4.10 : espaces des performances possibles en fonction de la flexibilité décisionnelle

Dans le cas de la conception d'un système de production, deux cas se présentent :

1. le processus générique n'offre aucune alternative de pilotage : il s'agit d'un processus déterministe dont la flexibilité décisionnelle est nulle,
2. le processus générique permet différentes alternatives : il intègre donc une part de pilotage. Sa décomposition offre deux possibilités :
  - a. la flexibilité décisionnelle est répartie sur le processus de conduite et le processus piloté : le système est un système décentralisé,
  - b. la flexibilité décisionnelle est intégralement reportée sur le processus de conduite : le système est un système centralisé.

L'élaboration du choix de conception définit donc l'espace des performances possibles dans le référentiel stratégique pré-défini. Il faut toutefois vérifier la contribution réelle des performances possibles relativement aux futures performances attendues en exploitation. Pour ce faire, il faut être en mesure d'agrèger les choix de conception, c'est-à-dire, non seulement l'ensemble de leurs caractéristiques structurelles, mais également les performances qu'ils induisent.

Les paragraphes suivants décrivent donc la notion de réseaux de processus ainsi que les procédures d'agrégation que nous mettrons en œuvre lors de l'application de la démarche d'analyse de la cohérence.

#### IV.2.4. Réseaux de processus

Du fait de l'affinement de la connaissance que l'on a des artefacts à implanter, la modélisation initiale des choix de conception s'effectue sur la base de Processus Génériques. Or, considéré isolément, le processus n'apporte pas suffisamment d'information. Il faut le considérer dans un environnement particulier résultant de l'agencement d'un ensemble de processus génériques dont les inter-relations vont générer un état spécifique du système.

Nous appellerons cette organisation de processus génériques **Réseau de Processus**. Le réseau de processus n'assure par le suivi de la transformation d'un flux particulier (contrairement au processus simple) mais d'un ensemble de flux concourant à la réalisation d'une finalité commune. Ainsi, sur des niveaux d'agrégation élevés, le réseau de processus est assimilable à la vue fonctionnelle déclinée dans le modèle GRAI.

L'état du système définit à l'instant  $t$ , est également caractérisé par des niveaux de performance qui font de cet état un état unique vis-à-vis de l'ensemble des états possibles.

Le modèle d'un centre de décision pilotant une activité physique est représenté comme sur la figure 4.11 : le processus piloté transmet sa sortie au processus piloté 2 qui est lui même piloté par le processus de conduite 2, image d'un centre de décision de la Grille décisionnelle GRAI. Cette représentation correspond à la vision d'un certain niveau de décomposition du système de production, et chaque niveau est étroitement lié aux niveaux supérieurs et inférieurs par le biais de relations que nous appellerons relations d'intégration. Un réseau et son réseau parent sont considérés globalement comme un **réseau intégré**. Deux réseaux d'un même niveau de décomposition, forment un **réseau séquentiel** (ou macro réseau de processus).

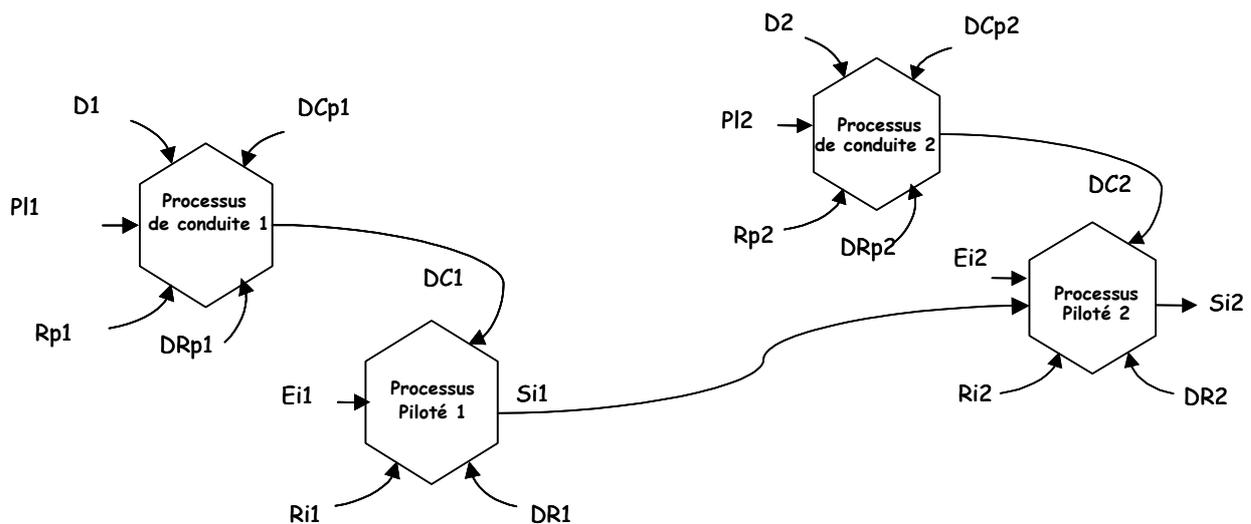


Figure 4.11 : Processus et modèle GRAI

#### IV.2.4.1. Réseaux intégrés de processus

Conceptuellement, le centre de décision GRAI pilote un certain domaine du système physique. Il transmet un cadre de décision au centre de décision inférieur qui pilote une activité décomposée du même système physique. Cela implique que les processus décisionnels et physiques ne soient pas liés entre eux seulement par des relations simples de types séquentiels, mais bien par des relations d'intégration. Les processus présentent une certaine flexibilité décisionnelle qui leur assurent d'être perçus comme Processus Générique piloté, ou comme Processus Générique de conduite. L'utilisation de Processus Génériques simplifie la modélisation puisque passant outre ces principes de séparation.

La démarche d'évaluation des performances permet de mesurer la contribution de chaque réseau de Processus Génériques (processus modélisés) au Processus Générique parent. Sur un même niveau de décomposition, le centre de décision assure l'atteinte de ses objectifs par l'intermédiaire de l'activité pilotée. Il doit également contrôler la cohérence dans la transmission du cadre de décision au centre de décision fils. La modélisation via le processus générique prend en compte, dans l'évaluation des performances, les aspects décisionnels, ce qui n'est pas le cas dans les approches classiques.

Notre propos est, dans la suite de ce chapitre, de comprendre notamment comment la flexibilité décisionnelle s'agrège et se décompose selon les processus considérés.

#### IV.2.4.2. Réseaux séquentiels de processus

Le réseau séquentiel est la représentation la plus naturelle (voir figure 4.11). Elle traduit les approches classiques de type processus utilisées en modélisation d'entreprise. Par la suite nous parlerons exclusivement de processus en référence aux réseaux séquentiels de Processus.

Quel que soit le point de vue, tout processus d'un niveau de décomposition est lié par des relations flux aux autres processus du niveau considéré: on retrouve des échanges d'informations, des échanges de matières, la mise en commun de ressources, des transferts d'énergie...

D'un point de vue dynamique, le modèle GRAI du couple Centre de Décision / Activité Physique pilotée est actif sur l'horizon du Centre de Décision pilotant. Les valeurs associées aux attributs émis et reçus sont susceptibles d'être modifiées à chaque fin de période de ce même horizon. Au contraire, les attributs eux-mêmes sont susceptibles d'être modifiés à l'issue de l'horizon de pilotage.

Dès lors, les performances liées aux valeurs des attributs du processus évoluent à chaque période, alors que les performances liées aux aspects d'intégration des processus (modification des attributs eux-mêmes) évoluent plus rarement et essentiellement lors de restructurations.

Les approches classiques, imposant d'effectuer des mesures concrètes sur les performances réalisées, poussent à la modélisation exclusive des activités physiques. La prise en compte des aspects décisionnels se limite alors souvent à des règles de priorités. Or, lorsque l'on souhaite modifier la structure du système (et pas seulement la structure physique), il devient impossible d'évaluer les conséquences induites par les choix sans considérer le couple centre de décision/activité pilotée dans son intégralité.

Il nous faut être capable d'associer à ce couple, des caractéristiques (dédites de l'ensemble des paramètres déjà étudiés) permettant de calculer un niveau de performance dans la base de référence pré-définie. Ces caractéristiques dépendent à la fois des paramètres structuraux et des paramètres dynamiques du triplet considéré.

#### **IV.2.5. Conclusions**

Dans ce deuxième paragraphe, nous avons défini le concept de Processus Générique en décrivant notamment les Processus Décisionnel et Physique, ainsi que l'ensemble des attributs qui leur sont associés. Nous retiendrons que tout état du système de production se caractérise par les performances liées aux réseaux des processus considérés. Les performances d'exploitation sont pré-définies lors de la conception du processus générique. La flexibilité décisionnelle allouée au processus offre un volume (en termes de performances possibles) plus ou moins important.

Les réseaux sont pris, ici, tout à la fois dans leurs aspects séquentiels et dans leurs aspects d'intégration.

Sur la base de ces définitions, nous avons étendu les concepts aux notions de réseaux. Afin d'être cohérent avec le cadre global de modélisation, nous avons donc décrit les deux types de réseaux identifiables par la méthode GRAI : les réseaux intégrés, et les réseaux séquentiels.

Ces concepts étant maintenant identifiés, il est nécessaire de proposer un ensemble de procédures d'agrégation afin de représenter un état du système à n'importe quel niveau de décomposition sur la base d'une modélisation détaillée. L'objectif est de compléter les démarches d'analyse de cohérence des objectifs, et plus largement les démarches d'évaluation de performances.

### **IV.3. Principes d'agrégation et de décomposition des processus**

L'évaluation des performances nécessite de comparer les performances sur différents niveaux de décomposition : il faut donc être en mesure d'agréger ou décomposer les performances sur chaque niveau. Or, le préalable indispensable à l'agrégation ou la décomposition des performances (évaluées par anticipation avec le support des modèles) est l'agrégation ou la décomposition des modèles eux-mêmes. Agrégation et décomposition s'effectuent sur toutes les données de la modélisation de chaque processus : informations ou flux physiques, continus ou discrets. Nous verrons dans ce paragraphe comment procéder à l'agrégation ou la décomposition de réseaux de processus compte tenu notamment des performances portées par les ressources. Principalement, nous nous attacherons à préciser le comportement de la flexibilité décisionnelle.

#### **IV.3.1. Démarche d'agrégation et de décomposition**

##### **IV.3.1.1. Contexte**

Nous considérons le cas d'un centre de décision pilotant une activité agrégée. Les sous-activités détaillées sont pilotées par des centres de décisions différents (dans le cas général les sous-activités pilotées ne sont pas sur les mêmes niveaux de décomposition). Les modèles conceptuels GRAI peuvent être traduits à l'aide des processus génériques de la façon suivante (figure 4.12).

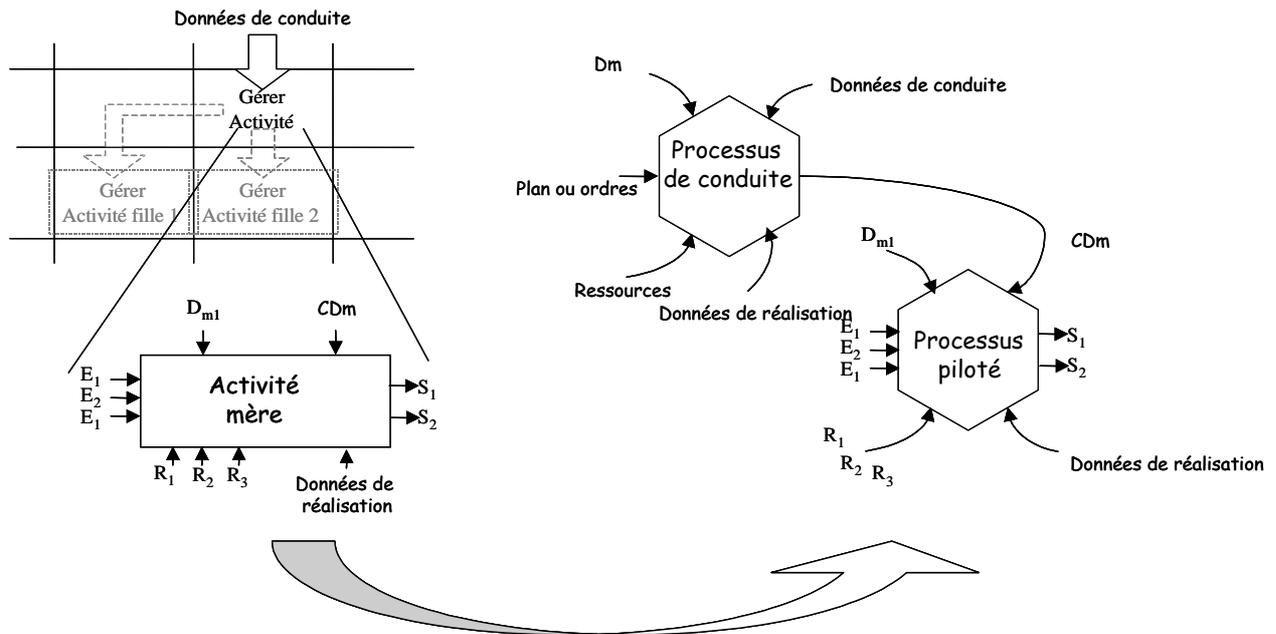


Figure 4.12 : Activité mère ; modélisation GRAI et processus associés

Une fois les modèles réalisés, il faut pouvoir se « déplacer » le long des niveaux de décomposition, et pour ce faire, il faut donc définir les procédures d'agrégation correspondantes.

Le modèle conceptuel d'agrégation des processus génériques est représenté ci-dessous (figure 4.13):

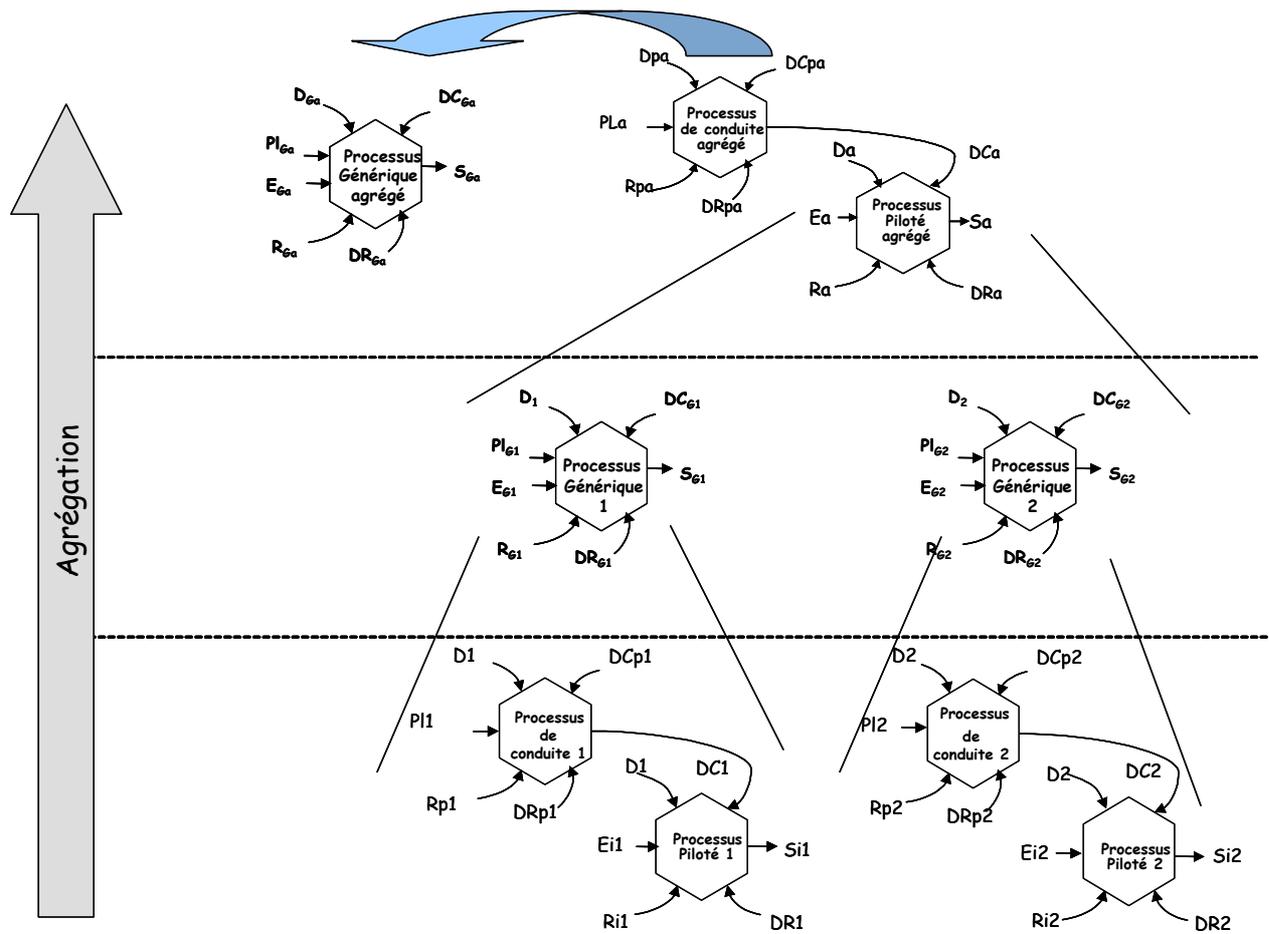


Figure 4.13 : Principe d'agrégation des processus génériques

Dans le modèle ci-dessus (figure 4.13), on agrège les processus d'un niveau en un processus générique. Les processus génériques du niveau considéré correspondent à la décomposition d'un processus piloté (ceci est cohérent avec les principes de décomposition des activités physiques). Une difficulté est alors de déterminer les attributs agrégés afin d'évaluer les performances induites par les choix de conception initiaux. Notamment, **quel est le comportement de la flexibilité décisionnelle** en termes de répartition Processus de conduite/processus piloté.

Dans la suite de ce paragraphe, nous définissons les principes d'agrégation d'un processus de conduite et du processus piloté associé en un processus générique agrégé en nous focalisant essentiellement sur les ressources et les données de conduite.

En effet :

1. les ressources préfigurent de l'espace des performances possibles du choix conception,
2. les données de conduite induisent la flexibilité décisionnelle des ressources et restreignent l'espace des performances possibles.

Les autres attributs sont agrégés de façon structurelle.

La démarche d'agrégation que nous appliquerons pour les réseaux de processus est la démarche développée par [Zolghadri, 1998]. Relativement à cette démarche, nous n'utiliserons pas l'ensemble des opérateurs d'agrégation pour la raison suivante : les agrégateurs sont utilisés pour l'agrégation de données formelles d'un **même niveau de décomposition**. Dans notre cas, il est tout à fait envisageable de devoir agréger des attributs associés à des processus de **différents niveaux de décomposition**.

#### IV.3.1.2. Démarche générale d'agrégation

L'opération d'agrégation consiste en un regroupement d'entités suivant des critères pré-définis afin de faciliter compréhension et interprétation.

[Zolghadri, 1998] définit une démarche logique d'agrégation sous forme d'un processus en trois étapes : la partition, le renseignement puis la réduction.

La **partition** correspond au regroupement des entités suivant des critères de regroupement homogènes ou hétérogènes. Les critères de regroupement sont homogènes si seules quelques caractéristiques (jugées secondaires) différencient les critères, sinon, les critères sont hétérogènes.

Ce principe de différenciation des critères permet d'identifier des **classes d'information** parmi les entités à agréger (ici des processus) : un regroupement homogène s'effectuera sur des objets différents d'une même classe d'information. Le regroupement hétérogène concernera, au contraire, des objets différents de classes différentes. Comme le regroupement des attributs des processus se fait pour des classes d'information identiques (entrées avec entrées, déclencheurs avec déclencheurs...) nous ne considérerons pas les principes de regroupement hétérogène.

Le **renseignement** est l'instanciation des objets à agréger. Il s'agit donc d'associer à l'objet un ou plusieurs paramètres : par exemple, l'objet *opérateur humain*, instance de l'attribut ressources humaines, peut être renseigné par sa capacité, sa polyvalence, sa compétence, son coût, ...

La **réduction** est l'étape de génération des entités agrégées à partir des entités détaillées : chaque niveau de décomposition propose alors des entités qui sont des classes d'informations vis-à-vis des entités manipulées sur les niveaux de décomposition inférieurs. La réduction est un schéma d'inférence particulier qui peut relever de la sélection, de la comparaison, de la moyenne... plus généralement de toute forme d'opérations nécessaires au regroupement des paramètres associés aux objets considérés.

Les paramètres structurels caractérisant les processus doivent donc tenir compte du niveau d'agrégation considéré. Nous citions précédemment le cas des ressources, qui nécessiteront d'être agrégées, mais le problème se pose également pour ce qui concerne les niveaux de performance évalués ou encore les déclencheurs des activités : chaque niveau de décomposition doit participer complètement à l'atteinte des performances du niveau supérieur.

Les procédures d'agrégation à mettre en œuvre suivent la démarche précédemment décrite. Elles s'appliquent aussi bien aux processus pilotés qu'aux processus de conduite.

La démarche étant posée, nous présentons ci-après la démarche spécifique d'agrégation des processus.

Dans l'application de la démarche, l'identification des flux de chaque processus relève de l'étape de Partition de la démarche d'agrégation. Il faut noter que l'agrégation est générique en ce sens que les algorithmes proposés ci-après permettent d'agréger aussi bien les processus de conduite que les processus pilotés.

### IV.3.2. Procédures d'agrégation des attributs d'un processus

#### IV.3.2.1. Partition généralisée

La Partition permet d'identifier les attributs des entités à agréger. Nous retrouvons les déclencheurs (ou demande), les entrées et les sorties, les ressources humaines et techniques, les Données de Conduites et les Données de Réalisation.

Le principe de notation est le suivant : pour un attribut A, on note que  $A_{ij}$  est le  $j^{\text{ème}}$  attribut associé au  $i^{\text{ème}}$  processus. Il en est de même pour les entrées et sorties.

Objet	$i^{\text{ème}}$ Processus détaillé		Processus générique agrégé
	de conduite	Piloté	
Déclencheur	D <sub>pi</sub>	D <sub>i</sub>	D <sub>pa</sub>
Données de Conduite	DC <sub>pi</sub>	DC <sub>i</sub>	DC <sub>pa</sub>
Entrées	P <sub>li</sub>	E <sub>ij</sub>	P <sub>la</sub>
Ressources	R <sub>ij</sub>	R <sub>i</sub>	R <sub>pa</sub>
Sorties	DC <sub>i</sub>	S <sub>ij</sub>	DC <sub>a</sub>
Données de Réalisation	DR <sub>pi</sub>	DR <sub>i</sub>	DR <sub>pa</sub>

Tableau 4.1 : Liste des Objets référencés

Pour chaque attribut, il faut alors à renseigner les différents objets (référencés sur le même principe que les actigrammes), puis à réduire ces objets en vue d'obtenir l'objet agrégé résultant. Dans la partition réalisée précédemment, la seule distinction entre processus de conduite et processus piloté concerne les entrées et sorties du processus de conduite, qui sont particularisées puisque s'agissant d'un plan ou d'un ordre : il s'agit donc d'une sortie de type information qui induit la **flexibilité décisionnelle associée au processus piloté** : la sortie du processus de conduite constitue les données de conduite pour le processus piloté. La difficulté principale réside dans l'identification des critères de renseignement affectés à chaque attribut.

Dans ce schéma de décomposition, le processus de conduite se voit affecté d'une certaine flexibilité décisionnelle, liée au cadre de décision reçu. Il transmet au processus piloté une partie de cette flexibilité décisionnelle. De la sorte, la flexibilité décisionnelle diminue au fur et à mesure que l'on décompose le système de production.

Dans les paragraphes suivants, nous proposons une agrégation structurelle pour les déclencheurs, les entrées, les sorties et les données de réalisation. Nous proposerons des alternatives différentes pour les ressources et données de conduite.

#### IV.3.2.2. Agrégation des déclencheurs

Les déclencheurs n'influencent pas le résultat de l'activité. Leur disponibilité, ou leur non-disponibilité affecteront, **en exploitation**, la date de disponibilité des sorties du processus considéré.

L'exemple typique du déclencheur est l'Ordre de Fabrication (OF) qui déclenche l'activité de fabrication (indépendamment des informations qu'il véhicule). Son absence empêche la réalisation de la fabrication. Il faut noter que les informations de l'OF servent également de données de conduite pour la réalisation de l'activité.

Dans le cas de la conception du processus, le **Renseignement** des déclencheurs passe par l'identification de l'émetteur du déclencheur, et l'identification des contraintes de précédence qui pèsent sur la mise en œuvre du processus.

Comme nous l'avons précisé, si les déclencheurs sont émis par des processus différents, il ne sera pas possible de les agréger. Dans ce cas, le principe de **Réduction** retourne le déclencheur dont la disponibilité conditionne le déclenchement des processus du réseau, compte tenu de contraintes de précédence qui unissent les dits processus.

#### IV.3.2.3. Agrégation des Données de Réalisation

Les Données de Réalisation sont l'ensemble des informations utilisées par les processus qui vont servir à la réalisation des différentes activités de production. Ces informations sont caractérisées par leur disponibilité, leur fiabilité...

De la même manière que pour les déclencheurs, les données de réalisation sont agrégées de façon globale. La Réduction retourne un attribut Donnée de Réalisation agrégée qui intègre l'ensemble des données de réalisation détaillées : macro gammes, macro nomenclatures par exemple...

#### IV.3.2.4. Agrégation des entrées/Sorties

Les entrées d'un même processus peuvent être de nature différente, en ce sens qu'elles correspondent aussi bien à des entrées matérielles qu'immatérielles, physiques ou informationnelles. Or, afin de conserver une certaine cohérence dans les résultats de l'agrégation, il convient de distinguer les entrées en fonction de leur nature. Le premier des renseignements à fournir concerne donc la nature de l'entrée : Information I, Physique P.

Les performances portées par les flux sont efficaces lors de l'exploitation du système. Ainsi, de la même manière que précédemment, l'agrégation reste structurelle.

La Réduction des entrées retourne :

- ✓ une entrée agrégée globale pour les matières et informations transformées,
- ✓ une entrée agrégée globale pour les plans et ordres reçus par le processus de conduite.

De la même manière, la Réduction des sorties détaillées retourne une sortie agrégée globale.

#### IV.3.2.5. Agrégation des ressources

##### IV.3.2.5.1. renseignement

Dans le cas de l'agrégation des ressources, nous partons du principe qu'elles définissent les performances minimales et maximales associées au processus considéré sur l'ensemble des critères de référence.

Le renseignement des ressources nécessite donc d'associer des niveaux de performance aux critères de performance retenus par la stratégie industrielle.

On retrouve classiquement le coût (horaire...), le niveau de qualité pour l'activité requise, le niveau de flexibilité de la ressource, mais également la capacité, la polyvalence... Dans tous les cas, les critères de performance sont déduits des critères de performance de référence du système de production.

De nombreux travaux ont abordé la problématique de l'agrégation des ressources en production. Dans notre cas, nous aborderons le problème sous un angle différent. Nous pouvons distinguer deux types de ressources : les ressources de gestion qui sont associées au processus de conduite, et les ressources de réalisation associées au processus piloté. Les ressources peuvent être agrégées quelle que soit leur nature : le processus générique agrégé inclut alors une partie gestion dédiée au pilotage. Ceci peut se représenter de la façon suivante :

$$R_a = \{R_g ; R_{\text{réal}}\}$$

Où  $R_a$  est la ressource agrégée,  $R_g$  est la ressource de gestion et  $R_{\text{réal}}$  la ressource de réalisation :  $R_a$  correspond alors à l'ensemble des ressources mis en œuvre dans le processus agrégé.

Il faut noter que les ressources de réalisation d'un niveau sont elles-mêmes composées des ressources de gestion et des ressources de réalisation du processus piloté détaillé du niveau de décomposition inférieur.

Le renseignement d'une ressource est donc réalisé au travers d'un ensemble que nous appellerons *Ensemble Ressources*.

L'idée qui sous tend cette proposition est d'observer le comportement de la flexibilité décisionnelle au travers de l'agrégation ou de la décomposition des ressources, sachant que la flexibilité décisionnelle préfigure le volume des performances possibles pour le futur système. Notre proposition prend donc en compte l'influence de la ressource sur la réalisation de l'activité, cette influence étant

prépondérante. Notamment, on constate que les ressources associées au processus piloté apportent des contraintes d'exploitation qui réduisent les possibilités de pilotage : la flexibilité décisionnelle induite est donc également réduite.

#### IV.3.2.5.2. Réduction

On considère maintenant les  $n$  ressources du processus de conduite et du processus piloté, représentées par leur Ensemble Ressources.

Les hypothèses de réduction sont donc les suivantes :

- ✓ les ressources sont non partagées (cet aspect est lié à l'exploitation du processus et non à sa conception),
- ✓ on considère indifféremment des ressources humaines ou techniques.

Soit  $V_{Rij}$  le  $j^{\text{ème}}$  Vecteur Ressource pris dans les  $n$  Vecteurs Ressources à réduire.

La réduction dans le cas présent consiste donc à l'identification de l'Ensemble Ressource agrégé. Cet ensemble assure une agrégation structurelle des ressources.

**Cette agrégation des ressources définit l'espace des performances admissibles, pour le choix de conception, induits par les ressources associées.**

#### IV.3.2.6. Agrégation des Données de Conduite

##### IV.3.2.6.1. Renseignement

Les Données de Conduite portent la Flexibilité décisionnelle ( $F_d$ ). Elles portent également des performances qui peuvent être associées aux critères de référence: Réactivité décisionnelle ( $R_d$ ), fiabilité décisionnelle, délai... sont autant de critères de renseignement possibles.

Dans un premiers temps, les Données de Conduite sont renseignées par un **Vecteur Donnée de Conduite**, noté  $V_{dc}$ , à 1 composante : la flexibilité décisionnelle:

$$V_{dc}(i) = F_{di}$$

ou  $F_{di}$  est la flexibilité décisionnelle du  $i^{\text{ème}}$  processus.

Si l'on se réfère à la définition donnée au paragraphe IV.2.3.2, la flexibilité décisionnelle retourne un nombre d'état possibles pour les valeurs associées aux attributs du cadre de décision reçu. En d'autres termes, pour un cadre de décision donné, incluant  $n$  objectifs à atteindre et différentes variables de décision pour les atteindre, il existe plusieurs combinaisons possibles des variables de décision : les critères qui sont prédéfinis par les orientations stratégiques permettent le choix dans les variables. L'utilisation des variables est alors contrainte par les ressources de réalisation.

On peut proposer pour la flexibilité décisionnelle le mode de calcul suivant :

$$F_d = \frac{\text{Nbr-combinaisons-possibles}}{\text{Nbr-combinaisons-totales}}$$

ou les combinaisons sont les jeux de valeurs associés aux différentes variables de décision en vue d'atteindre les objectifs. Les combinaisons possibles sont les jeux de valeurs qui répondent aux contraintes posées.

La flexibilité décisionnelle est alors un taux variable entre 0 et 1.

#### IV.3.2.6.2. Réduction

Comme nous l'avons précisé, les données de conduite émises par le processus de conduite vers le processus piloté porte un tout ou partie de la flexibilité décisionnelle que le processus de conduite reçoit de son processus père. Ceci implique donc que le processus piloté ne peut pas présenter une flexibilité décisionnelle supérieure à celle de son processus de conduite associé.

Dès lors, **les Données de Conduite du processus générique agrégé ne peuvent pas être moins flexibles que les plus flexibles des Données de Conduite des processus détaillés**. Ceci est cohérent avec ce qui précède compte tenu du fait que la flexibilité décisionnelle doit augmenter lorsqu'on s'élève dans les niveaux décisionnels.

Finalement, le résultat de la réduction est le suivant :

$$\text{Min}Vdca = \text{Max}_i[Fd_i]$$

ou Min (Vdca) est le vecteur Donnée de Conduite agrégé du processus générique agrégé qui renvoie la flexibilité décisionnelle minimale affectée au processus agrégé.

### IV.3.3. Agrégation des processus génériques

Le paragraphe précédent nous a permis de définir les procédures d'agrégation structurelle d'un processus de conduite et du processus piloté associé en un processus générique agrégé. Afin d'être complet dans la démarche d'agrégation, il faut maintenant identifier les procédures d'agrégation de n processus génériques agrégés en un processus piloté.

#### IV.3.3.1. Principes de la démarche

Nous considérons le réseau de processus génériques suivant (figure 4.14).

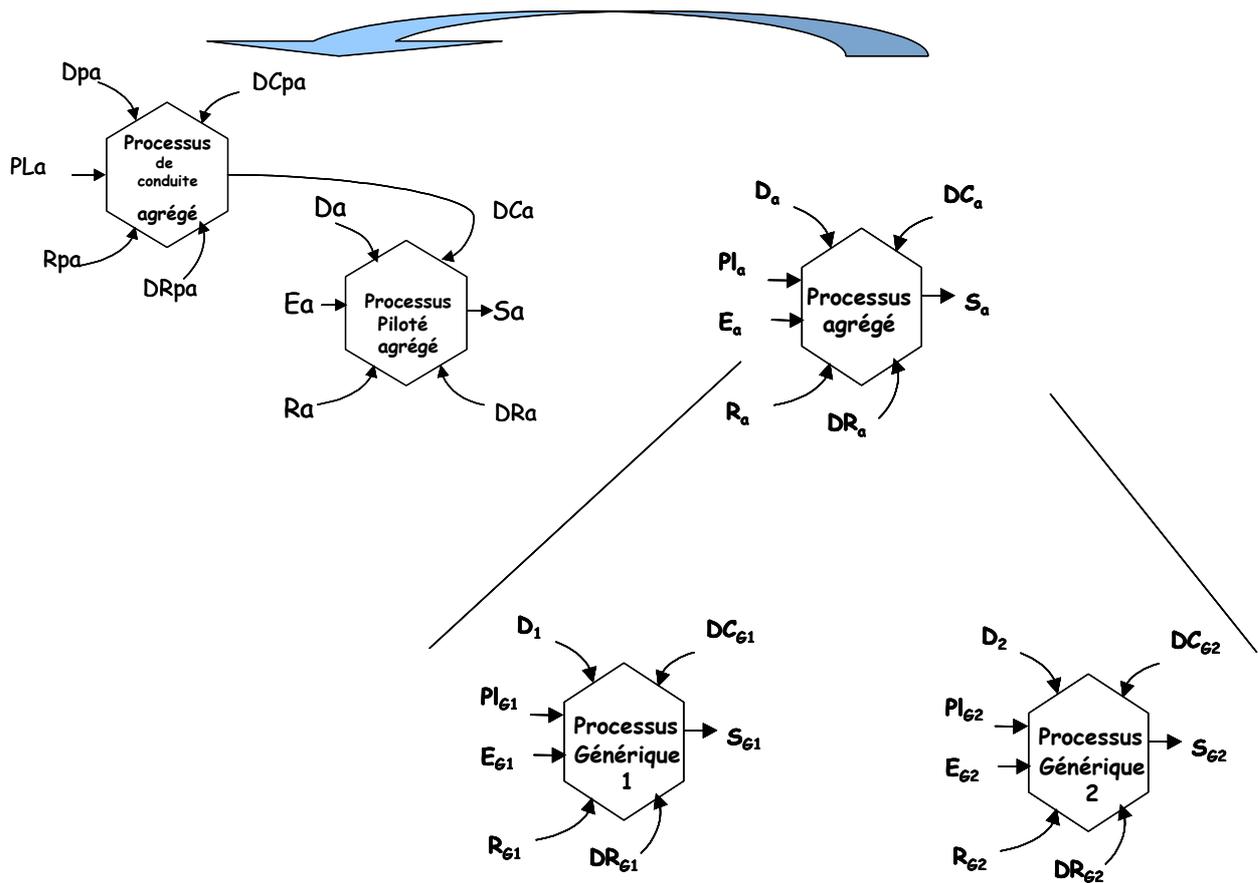


Figure 4.14 : Exemple de processus génériques à agréger

Les processus génériques 1 et 2 composent un réseau de processus qui constitue le processus piloté agrégé.

Les plans génériques  $Pl_{g1}$  et  $Pl_{g2}$  sont la décomposition du plan agrégé  $Pl_{Ga}$ .

$E_{Ga}$  et  $S_{Ga}$ , respectivement entrées et sorties agrégées du processus agrégé, sont déterminées de la même manière que précédemment : toutefois, il faut tenir compte des relations de séquentialité qui peuvent unir les processus génériques considérés. De la même manière, nous pouvons agréger les déclencheurs, les ressources ainsi que les données de réalisation.

Le processus agrégé est lui-même piloté par un processus de conduite que l'on peut déduire des modèles GRAI du système de production. Dès lors, nous retrouvons une configuration classique : processus piloté (agrégé) et son processus de conduite (agrégé) associé (voir figure 4.14).

Dans ce cas, les ressources du processus agrégé deviennent ressources de réalisation du processus piloté agrégé.

Le processus piloté agrégé porte alors la flexibilité décisionnelle agrégée qui correspond à la flexibilité décisionnelle maximale des processus génériques détaillés. Le processus de conduite porte une flexibilité décisionnelle propre, déduite des données de conduite qu'il reçoit.

#### IV.3.3.2. Principe d'agrégation des performances

Les principes d'agrégation structurelle des processus génériques étant posés, nous pouvons maintenant revenir sur les principes d'agrégation des performances associées aux dits processus.

Nous avons vu précédemment que la Flexibilité décisionnelle permet de définir le volume des futures performances possibles en exploitation. La phase de conception permet, quant à elle, d'établir les performances que le processus générique sera à même de réaliser:

- ✓ minimales réalisables en termes de coût, de délai,
- ✓ maximales en termes de qualité,
- ✓ plus généralement : minimale ou maximale en fonction de la nature des critères considérés pour les autres critères de performance de référence,

Le responsable du processus, en fonction du cadre de décision reçu (et donc de sa flexibilité décisionnelle), évoluera dans l'espace des performances pré-définies.

Ainsi, le résultat de l'agrégation dépend alors de la nature des critères de référence (critères absolus ou relatifs) ainsi que de la topologie des processus à agréger : on met alors en œuvre les opérateurs d'agrégation proposés au cours du chapitre III.

Dans le cadre du déploiement de la performance en gestion de l'évolution, **la nature du choix de conception permet d'établir le type d'évolution de performance :**

- ✓ **Progressive** si les choix de conception développent leur potentiel sur toute la durée de la période d'évolution,
- ✓ ou à **effet final** si les valeurs induites par l'objectif de conception prennent effet immédiatement à l'issue de l'implantation.

Dans tous les cas, nous pouvons reprendre les équations d'état proposées au chapitre III.

Typiquement, un processus décisionnel, par exemple un centre de décision de type « faire le Programme Directeur de Production », générera une évolution progressive. Un choix de conception portant sur une ressource (modification de la capacité de traitement d'un processus physique) correspondra plutôt à un projet à effet final.

#### IV.3.4. Déploiement de la flexibilité décisionnelle

Le dernier point que nous présentons ici concerne le déploiement de la Flexibilité décisionnelle dans le cas de la décomposition d'un processus générique.

Le principe est décrit que la figure 4.15 ci après :

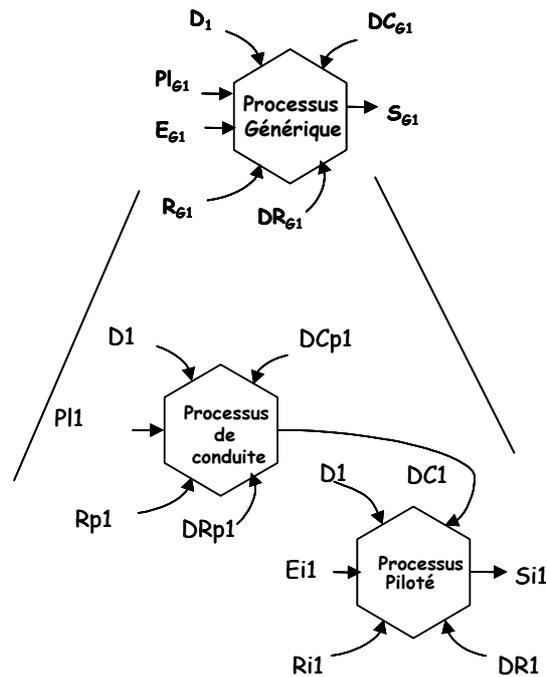


Figure 4.15 : Décomposition d'un processus générique

La question qui se pose concerne le mode de déploiement de la flexibilité décisionnelle, compte tenu de la décomposition proposée.

Dans le cas présent, la flexibilité décisionnelle agrégée est intégralement associée aux données de du processus de conduite détaillé. En effet, les données de conduite du processus piloté détaillé sont fournies par le processus de conduite détaillé. Ceci induit donc que **toute la flexibilité décisionnelle est reportée sur le processus de conduite détaillé.**

Dès lors, nous ne pouvons définir la flexibilité décisionnelle du processus piloté détaillé qu'en connaissance des contraintes associées aux ressources de réalisation du processus considéré.

Il faut noter de plus que le plan ( $pl_1$  sur la figure précédente) retourné au processus piloté ne peut pas être moins détaillé que le plan reçu par le processus agrégé. Dès lors, et compte tenu des contraintes supplémentaires apportées par les ressources de réalisation, la flexibilité décisionnelle associée au processus piloté sera nécessairement inférieure à la flexibilité décisionnelle du processus de conduite.

#### IV.4. Conclusions

L'ensemble de ce quatrième chapitre a permis de développer le concept de processus, initialement proposé dans le cadre du pilotage de cycle stratégique, et étendu ici à la modélisation de tout type de processus industriels. Le modèle décrit est générique : il assure de modéliser aussi bien le processus existant que le processus à concevoir.

Sur cette base, nous avons proposé des démarches d'agrégation structurelle permettant de changer de niveau de décomposition dans la modélisation des processus.

De la sorte, il est possible de décomposer ou d'agréger des processus, et par extension d'évaluer les performances globales ou détaillées. Cette démarche d'agrégation générique sera ré-utilisée au cours du chapitre V.

Tous les concepts définis jusqu'à présent servent de base à l'identification de la démarche d'analyse de la cohérence des objectifs de conception et des objectifs d'exploitation du système de production. Cette démarche d'analyse se déroule en deux étapes .

- ✓ Une démarche d'**analyse de la cohérence « intra-niveau de gestion »** : entre un ensemble d'objectifs de conception et l'ensemble des variables de conception associées. Pour ce faire, il faudra intégrer les aspects dynamiques liés à la mise en œuvre d'un choix de conception.
- ✓ Une démarche d'**analyse inter-niveaux de gestion** où l'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs de conception sera étudiée.





## Chapitre V Démarche d'analyse de cohérence pour la gestion de l'évolution

### V.1. Introduction

Le dernier chapitre de ce mémoire porte donc sur la proposition d'une démarche complète d'analyse de la cohérence. La méthode GEM, décrite au chapitre II et enrichie par nos propositions au cours des chapitres précédents, doit intégrer cette démarche complète. Elle se déroule en deux étapes : une étape d'analyse dite inter niveaux de gestion et une étape d'analyse dite intra niveau de gestion.

Nous décrivons dans un premier temps les principes généraux de la démarche d'analyse.

Dans un deuxième temps, nous décrivons la démarche d'analyse de cohérence inter-niveaux de gestion. Cette première étape prend en compte les difficultés liées au déploiement des objectifs d'évolution lors de la mise en œuvre des différents niveaux de gestion.

Enfin, la dernière partie de ce chapitre présente l'analyse intra-niveau de gestion où, partant de l'expression d'objectifs de conception identifiés, il faudra s'assurer de la bonne cohérence des choix de conception à implanter relativement aux performances attendues pré-fixées par les objectifs de conception.

## V.2. Présentation de la démarche globale d'analyse de la cohérence

Parmi les pistes de recherche que nous avons identifiées dans l'état de l'art, nous avons mis en évidence deux orientations à suivre afin d'analyser concrètement la cohérence entre les objectifs de conception et les objectifs d'exploitation. Nous rappelons ci-après la démarche générale sur la figure 5.1.

La définition de la vision contribue à l'identification des objectifs d'évolution du système. Ces objectifs sont liés à la Cible. Afin d'atteindre la cible, une trajectoire d'évolution passant par différentes Etapes est définie. On identifie les objectifs les mieux à même de réaliser chaque étape. Enfin, on identifie les projets à mettre en œuvre, et donc les objectifs que chaque projet doit atteindre. Le déploiement de ces objectifs d'évolution doit être cohérent, c'est-à-dire qu'à chaque niveau de gestion, les objectifs à atteindre doivent contribuer effectivement à l'atteinte des objectifs du niveau supérieur : c'est l'analyse de la cohérence inter niveaux de gestion. Par la suite, il faut également s'assurer que les décideurs disposent de moyens nécessaires à l'atteinte des objectifs considérés pour un niveau de gestion donné. Les objectifs sont traduits en niveaux de performance. Ils représentent alors les performances attendues pour le futur système. Les choix de conception proposés permettent d'identifier les niveaux de performance possibles. En comparant les performances attendues et les performances possibles, on déduit la cohérence ou l'incohérence des choix de conception vis-à-vis des objectifs qu'ils contribuent à réaliser : c'est l'analyse de cohérence intra-niveau de gestion.

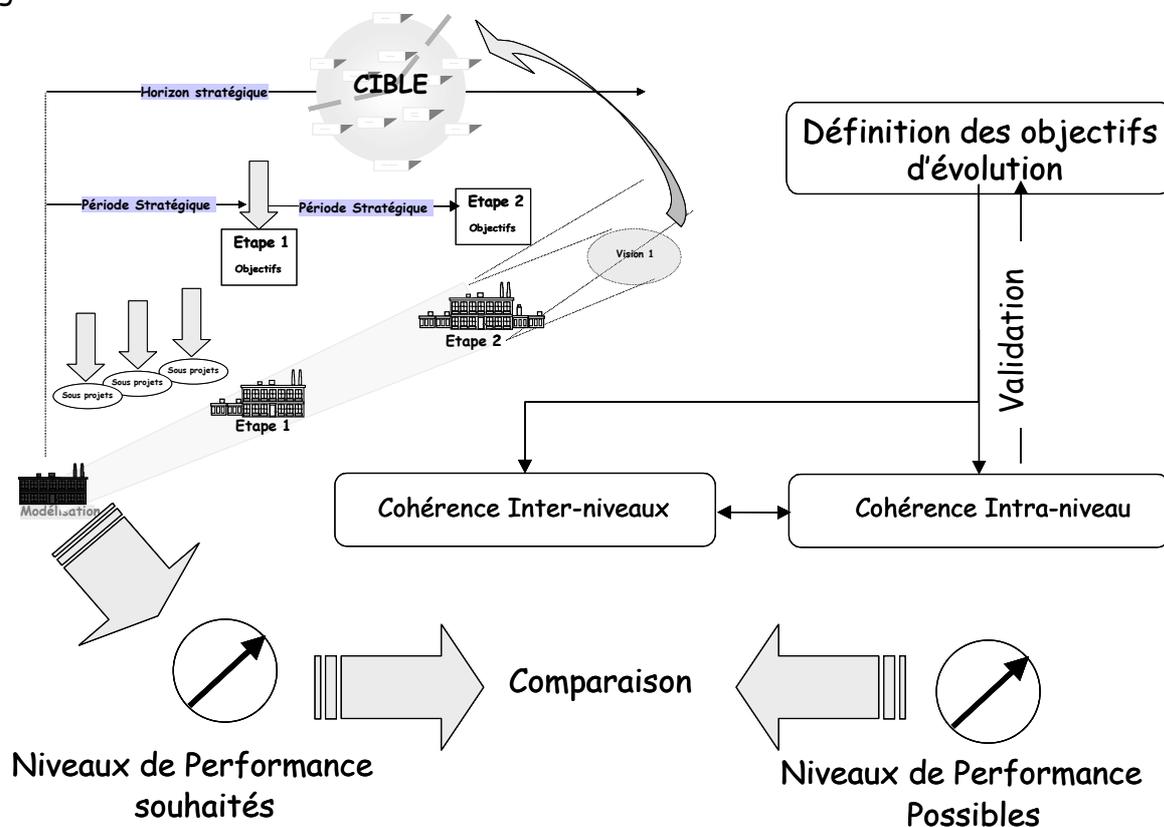


Figure 5.1 : Démarche globale d'analyse de la cohérence

In fine, les objectifs de conception retenus ainsi que les variables associées doivent enrichir le potentiel réel du système de production.

### V.3. Analyse de Cohérence inter niveaux de gestion

#### V.3.1. Introduction

La démarche d'analyse inter-niveaux se déroule en deux étapes.

Dans un premier temps, il s'agit de vérifier que les objectifs de conception d'un niveau  $n$  se décomposent en, au moins, un objectif au niveau de gestion  $n-1$ . De la sorte, on s'assure que l'ensemble des objectifs stratégiques d'évolution déclenchera au moins une décision visant à les réaliser sur le niveau de gestion inférieur.

La deuxième étape concerne l'analyse ascendante de la cohérence : il faut s'assurer qu'à chaque niveau de gestion, les objectifs de conception que l'on se fixe, visent à atteindre effectivement les objectifs des niveaux de gestion supérieurs. Pour cela, on évalue l'impact a priori de l'atteinte de chaque objectif afin d'en déduire leur contribution à l'atteinte des objectifs globaux. Cette évaluation repose en premier lieu sur l'expression, dans un référentiel commun, de l'ensemble des objectifs. Nous utiliserons donc le modèle de référence des objectifs de conception, développé au cours des chapitres précédents.

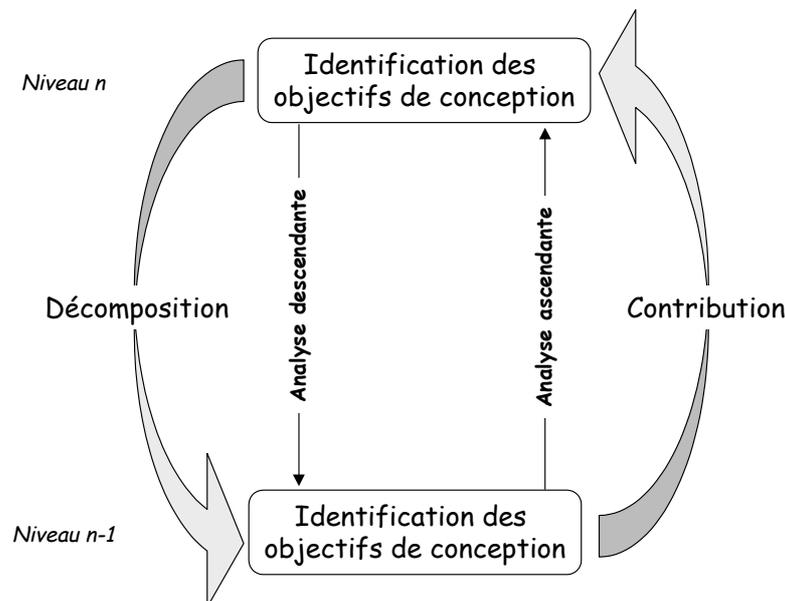


Figure 5.2 : Démarche d'analyse de cohérence inter niveaux

Par souci d'harmonisation, cette démarche (schéma 5.2) reproduit le schéma de la démarche d'analyse de cohérence dans la décomposition des objectifs en exploitation proposé par [Ducq, 1999]. Il faut noter également qu'elle s'effectue sans considération des variables de conception ultérieures. En effet, l'évaluation est faite par anticipation, il ne s'agit pas alors de vérifier la validité d'un choix de conception, mais seulement du système des objectifs de conception. Lorsque cette validité sera avérée, nous pourrons analyser la cohérence entre les objectifs et les variables de conception.

### V.3.2. Analyse de cohérence descendante

La première question est: *comment peut-on s'assurer que les objectifs de conception d'un niveau « n-1 » sont cohérents a priori, en termes d'impact sur les critères de performance, avec les objectifs de conception du niveau supérieur « n » ?*

Pour répondre à cette problématique, il faut être en mesure de comparer les variations induites (que nous appelons également impacts) par l'atteinte des différents objectifs sur les niveaux de performance de référence. Il faut noter que cette comparaison ne s'appuie pas sur les valeurs absolues ou relatives des dites variations ; mais sur leur sens d'évolution. En effet, l'analyse de la cohérence entre les impacts suppose que l'on connaisse les variables de conception et que l'on soit en mesure d'évaluer chacun des impacts et par extension la contribution à l'atteinte des objectifs supérieurs. Ceci relève de l'analyse de cohérence intra niveau de gestion qui fait l'objet du paragraphe suivant.

Dans le cas de l'analyse de cohérence inter-niveaux, nous utiliserons les Matrices de Performance de conception propres aux deux niveaux considérés et exprimées dans la base correspondante au niveau de gestion considéré, soit par exemple :

$$M_{n-1}=[a_{ij}(t)] \times [D_j] \text{ et } M_n=[b_{ij}(t)] \times [D_j]$$

ou  $[a_{ij}(t)]$  est une matrice à n lignes m colonnes, et  $[b_{ij}(t)]$  est une matrice à n lignes et p colonnes. Ces matrices ont été définies au paragraphe III.4.5.

Il faut noter que les coefficients des matrices n'intègrent les aspects dynamiques développés au cours du chapitre III que dans la mesure où l'on tient compte de la nature des choix de conception : dans ce cas, il est possible de déterminer le type de projet à mettre en œuvre. Dans le cas de l'analyse de cohérence inter-niveaux de gestion, nous ne tenons pas compte du choix de conception a priori. Dès lors, les variations induites considérées ne comportent pas de paramètres temporels.

Comme un objectif peut contribuer naturellement à la réalisation de l'objectif supérieur, il peut également dans le même temps améliorer ou dégrader les performances liées à l'atteinte d'un ou plusieurs autres objectifs. Un exemple pourrait être celui de l'externalisation d'un service, par exemple le bureau d'étude, qui verrait les compétences de la société s'appauvrir sur la maîtrise de ces processus de conception. Deux objectifs antagonistes pourraient être :

1. « Externaliser les services connexes au métier de cœur de l'entreprise »,
2. « Développer et implanter le concept de Supply Chain Management ».

Ce deuxième objectif implique en effet de partager un ensemble d'informations lié au produit et de développer la co-conception et la co-industrialisation. Ceci suppose donc que l'entreprise maîtrise la conception de ces produits, et par là-même le service connexe au métier de cœur.

Afin d'identifier ce genre d'incohérence, il convient donc de comparer chaque vecteur de performance fils à l'ensemble des vecteurs de performance père. De la sorte, on

s'assurera d'évaluer l'effet de la réalisation d'un objectif donné au regard de l'intégralité des objectifs du niveau de gestion supérieur.

Cette comparaison est effectuée par le biais du rapport de la variation de performance du vecteur fils à la variation de performance de chaque vecteur père et ceci pour chacune des composantes du vecteur. Un résultat positif ou nul ou indéterminé (pour le cas d'un rapport où une variation induite de valeur nulle intervient en dénominateur) indique qu'il n'y a pas d'incohérence a priori ; un résultat négatif indique au contraire qu'il y a incohérence. Le résultat de cette comparaison est noté  $R_{ij}$  :

$$R_{11} = X_{11} / Y_{11}$$

$$R_{12} = X_{11} / Y_{21}$$

$$\dots R_{1p} = X_{11} / Y_{p1}$$

Ceci permet donc de construire une **Matrice de Cohérence** (n lignes et m\*p colonnes) entre les performances attendues au niveau n et celles attendues au niveau n-1.

Elle s'interprète de la façon suivante :

- ✓ Si  $R_{ij}$  est positif, nul ou indéterminé alors la variation de performance induite est cohérente (ou du moins sans influence) avec la variation attendue par l'atteinte de l'objectif « j »,
- ✓ Si  $R_{ij}$  est négatif alors il existe une incohérence forte entre l'objectif de conception fils et l'objectif de conception père.

Nous proposons par exemple les matrices de niveau n et n-1 suivantes :

$$M_n = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ -0,25 & +2 \end{bmatrix} \text{ et } M_{n-1} = \begin{bmatrix} 0 & +0,5 \\ +2 & +0,4 \end{bmatrix}$$

La mise en œuvre du calcul précédent permet d'obtenir la matrice suivante :

$$M_{cohérence} = \begin{bmatrix} \frac{0}{-1} & \frac{0}{0} & \frac{+0,5}{-1} & \frac{+0,5}{0} \\ \frac{+2}{-0,25} & \frac{+2}{+1} & \frac{+0,4}{-0,25} & \frac{+0,4}{+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & . & -0,5 & \infty \\ -8 & +2 & -1,6 & +0,4 \end{bmatrix}$$

Cette matrice révèle deux incohérences (coefficients -8 et -0,5).

Le but de cette analyse est d'arriver à une formulation du système des objectifs pour laquelle la matrice cohérence ne renvoie que des coefficients positifs, nuls ou indéterminés. Cette démarche peut être utilisée pour assurer par exemple un déploiement cohérent de la stratégie industrielle, déploiement qui n'est pas toujours assuré du fait même du manque d'outils pour le faire. Nous traitons ci-après deux exemples qui aboutissent à des conclusions différentes au seul changement d'un objectif.

### V.3.3. Exemple d'analyse de cohérence descendante

Dans le premier exemple, nous considérons deux niveaux de gestion n et n-1. Le niveau n pourrait être un niveau de gestion stratégique, le niveau n-1 un niveau de gestion Etape.

Sur le niveau  $n$ , les décideurs fournissent les objectifs suivants:

### **Cible**

1. Sous-traiter la fabrication de la famille des produits X,
2. Implanter une gestion par Kanban sur 3 des chaînes de fabrication,
3. Mettre en place des procédures de veilles technologiques,

Sur le niveau  $n-1$ , les décideurs ont établi une liste d'objectifs d'évolution ayant pour finalité de faire tendre vers l'état défini au niveau  $n$ . Cette première liste est répartie en deux étapes dont les durées (durées appelées Horizon Etape) correspondent aux périodes du niveau  $n$ .

### **Etape 1**

1. Assurer la formation des opérateurs aux méthodes de gestion en kanban,
2. Négocier des accords logistiques pour des approvisionnements spécifiques afin de mettre en place le Kanban sur trois chaînes de fabrication,
3. Analyser le besoin en termes de veille technologique,
4. Rédiger et Lancer un appel d'offre pour la fabrication de la famille des produits X (appel à la sous traitance).

### **Etape 2**

1. Négocier le contrat de sous-traitance sur la meilleure offre,
2. Mettre en place la gestion par kanban sur les trois chaînes identifiées,
3. Rédiger les procédures de veille technologique, définir les missions et attribuer les rôles,

### *La cible*

Les Objectifs Cible vont servir par défaut à l'établissement de la base de référence. Il faut noter que dans le cas de notre exemple, de tels objectifs peuvent s'envisager en phase d'exploitation : la « frontière » entre objectifs d'exploitation et objectifs de conception n'est pas nécessairement stricte, notamment lorsque qu'il s'agit Objectifs de Conception Direct, c'est à dire d'objectifs impactant directement des critères de performance de référence. C'est par exemple le cas de l'objectif lié à la gestion en Kanban qui affecte directement les critères Délai et Coût.

L'objectif 1 concernant la sous-traitance d'une partie de la charge entre dans le cadre des décisions stratégiques de type « faire ou acheter ». Elle contribue à recentrer l'entreprise sur son cœur de métier, assurant notamment une spécialisation du travail, une minimisation des coûts et des délais de production sur les produits les moins rentables. Les deux critères de performance concernés en priorité par une telle décision sont donc le Coût, et le Délai. Les estimations faites par les décideurs sont les suivantes : en sous-traitant 15% de la charge (externalisation d'une chaîne de production), le gain estimé en termes de coûts est 8%, et 4% en termes de délais (du temps de mise à disposition moyen). En outre, ils estiment également que la spécialisation des tâches générera une amélioration de la qualité générale des produits de l'ordre de 2 ou 3% (on tablera sur 2.5%).

L'objectif 2, relatif à la mise en place du kanban sur trois chaînes préalablement identifiées, doit contribuer à une nette diminution des stocks de composants (baisse estimée à 18% pour les trois chaînes concernées) et par suite une baisse des coûts associés de l'ordre de 6%, compte tenu des frais de possession et des frais de gestion qui pèsent sur ces stocks. Enfin, la mise en œuvre d'une telle méthode de gestion permettrait d'accélérer l'écoulement du flux des produits et d'obtenir ainsi un gain de l'ordre de 15% sur les délais de production.

L'objectif 3, pour la veille technologique, vise en premier lieu à surveiller la concurrence (« si nous, nous savons ce que nous allons faire... nos concurrents aussi ») tout en maintenant un haut niveau de compétitivité des produits. Le critère de performance lié à ce type de décisions stratégiques est la position concurrentielle de l'entreprise évaluée par ses Parts de Marché. Les managers estiment que ce genre de veille pourrait, à terme, assurer la conquête de 5% de parts de marché par une simple anticipation des évolutions technologiques : en fait, ils estiment qu'ainsi, ils gagneraient environ 8% de flexibilité sur les demandes innovantes annuelles.

Finalement, la base de référence de critères de performance est {Coût Qualité Délai, Parts de Marché} symbolisés par {C, Tq, D, Pm}. Les vecteurs de performance des niveaux suivants devront être référencés dans la même base. S'il n'était pas possible d'exprimer un ou plusieurs des objectifs de conception suivants dans la dite base, il y aurait alors incohérence forte, et nécessité de revoir le système des objectifs.

Quoiqu'il en soit, la matrice des variations des performances cible est la suivante :

$$M_c = \begin{bmatrix} -\frac{15}{8} & -\frac{18}{6} & 0 \\ -\frac{15}{4} & -\frac{18}{15} & 0 \\ +\frac{15}{2.5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +\frac{8}{5} \end{bmatrix} \times [C \quad D \quad Tq \quad Pm]$$

$$\text{soit : } M_c = \begin{bmatrix} -1.875 & -3 & 0 \\ -3.75 & -1.5 & 0 \\ +6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +1.6 \end{bmatrix} \times [C \quad D \quad Tq \quad Pm]$$

### L'étape 1

L'objectif 1 de cette étape doit assurer que la mise en place du kanban dans l'entreprise sera comprise et admise par les futurs utilisateurs. Ainsi, la réalisation de cet objectif passe nécessairement par la mise en œuvre de formations dédiées. Les décideurs sont sûrs que de telles formations permettront une utilisation optimale de la nouvelle méthode.

Le plan de formation n'assure aucune variation directe des niveaux de performance de la base de référence. La réalisation de cet objectif n'ayant aucune influence sur l'atteinte de performance globale, le vecteur de performance associé est donc nul. Il faut noter toutefois que si la base de référence avait inclut un critère de référence de

type compétence, ou polyvalence du personnel, alors le vecteur de performance aurait présenté une composante non nulle sur ce critère là.

L'analyse des trois objectifs suivants montre que l'étape 1 est en fait une étape préparatoire à la mise en œuvre des solutions de conception. Chacun des vecteurs de performance associés est nul pour les mêmes raisons que pour l'objectif 1.

Par contre, si l'impact direct sur les performances de référence est nul, il est important de noter que la réalisation de cette étape préliminaire est indispensable à la mise en place des futures solutions et donc à l'atteinte des objectifs globaux. De plus, chaque objectif nécessite la mise à disposition d'un certain nombre de ressources qui modifieront peut-être le fonctionnement courant du système de production exploité. Ces deux remarques montrent toute la rigueur nécessaire pour mener à bien cette phase de la démarche.

$$M_{E1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times [C \quad D \quad Tq \quad Pm]$$

Dans ce cas, l'analyse de la matrice de cohérence est très rapide (matrice nulle) il n'y a donc pas d'incohérence entre les objectifs de l'étape 1 et les objectifs cible.

## L'étape 2

L'objectif 1 correspond à la réalisation du contrat de sous-traitance. En termes de durée, c'est certainement le plus rapide des objectifs à atteindre, si tant est que la phase de négociation est étai correctement menée. Toutefois, il conditionnera les performances futures du système. Ici, la problématique de la cohérence ne se pose pas puisque le but même du contrat est de sous-traiter les 15% de charge. De plus, suivant les conditions financières négociées, la diminution des coûts sera effectivement de l'ordre de 8%. On peut supposer que le service commercial est à même de réaliser cet objectif.

Par contre, le gain en termes de délais pourra être variable, car la gestion de production devra, quoiqu'il arrive, s'adapter à cette baisse de charge. Le gain estimé est maintenu à 4%. Là encore, la mise en œuvre des solutions finales devra tenir compte de l'état actuel du système de production.

Les objectifs 2 et 3 doivent assurer également l'atteinte des performances définies par le niveau de gestion supérieur. La mise en place de solution Kanban est toujours délicate, car elle entraîne une rupture avec la culture de l'entreprise, et son acceptation par les utilisateurs peut s'avérer problématique. C'est d'ailleurs à ce stade que l'on peut mesurer l'efficacité de la formation.

La construction de la matrice des performances dépend alors entièrement des choix de conception ultérieurs. A ce stade de l'analyse, il n'est possible de faire que de la prospective. La matrice est donc la même que celle du niveau de gestion supérieur :

$$M_{E2} = \begin{bmatrix} -1.875 & -3 & 0 \\ -3.75 & -1.5 & 0 \\ +6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +1.6 \end{bmatrix} \times [C \ D \ Tq \ Pm]$$

et par suite, la matrice de cohérence ne met pas en évidence d'incohérences majeures dans la décomposition des objectifs.

Finalement dans le cas de cet exemple, il est clair que la mise en évidence d'incohérences entraînera immédiatement une rectification du système objectif. Et par suite, une élimination rapide des incohérences. Cette phase d'analyse de la cohérence est donc rapide et relativement simple. Par contre, la phase suivante demande plus de temps et de rigueur, notamment dans la construction des modèles en vue de l'évaluation réelle des performances associées aux choix de conception.

#### V.3.4. Mise en évidence d'une incohérence

On ajoute maintenant l'objectif suivant au niveau de la cible:

« assurer la mise en œuvre de plans de formations ciblées »

Sur le niveau de gestion étape, on reprend les objectifs proposés pour les étapes 1 et 2 dans l'exemple précédent.

L'objectif que nous venons de proposer a clairement pour mission d'impacter le critère de performance **polyvalence** du personnel. La direction pense que de tels plans peuvent générer une hausse moyenne de 10% de la compétence du personnel (mesurer par rapport au nombre des opérations réalisées par l'opérateur). De fait, le critère de référence Cp (niveau de Compétence) fait partie intégrante des critères de performance de référence de la société. On ajoute donc ce critère à la base initiale pour obtenir la nouvelle base de référence : Coût, Délai, Taux de qualité (ou niveau de conformité), Part de Marché et enfin Niveau de compétence soit encore :

[C, D, Tq, Pm, Cp]

Pour obtenir le résultat souhaité, la direction pense devoir augmenter le nombre des formations de 5%. Par contre, du fait de l'augmentation des formations, la capacité disponible se verra réduite d'autant ce qui pourrait occasionner des retards supplémentaires : on table sur 2% maximum de retards supplémentaires imputables aux formations. La matrice de conception cible devient :

$$M_C = \begin{bmatrix} -1.875 & -3 & 0 & 0 \\ -3.75 & -1.5 & 0 & +2.5 \\ +6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +1.6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & +0.5 \end{bmatrix} \times [C \ D \ Tq \ Pm \ Cp]$$

Or, au regard des objectifs de l'étape, nous pouvons constater que l'externalisation d'une chaîne de fabrication entraîne nécessairement une perte de savoir faire sur le produit concerné. En fait, s'agissant d'un produit très technique demandant plusieurs

compétences différentes, on suppose que la sous-traitance de la chaîne entraînera une baisse du niveau de compétence de l'ordre de 15% .

La matrice pour l'étape 2 devient alors :

$$M_{E2} = \begin{bmatrix} -1.875 & -3 & 0 \\ -3.75 & -1.5 & 0 \\ +6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +1.6 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \times [C \ D \ Tq \ Pm \ Cp]$$

Dès lors, la matrice de cohérence permet de mettre en évidence une incohérence au niveau de la cohérence des objectifs de l'étape vis-à-vis des objectifs de la cible.

$$M_{cohérence} = \begin{bmatrix} -1,875 & -1,875 & I & I & \frac{-3}{-1,875} & \frac{-3}{-3} & I & I & I & I & I & I \\ -1,875 & -3 & I & I & \frac{-3,75}{-1,875} & \frac{-3}{-3} & I & I & I & I & I & I \\ \frac{-3,75}{-3,75} & \frac{-3,75}{-1,5} & I & \frac{-3,75}{+2,5} & \frac{-1,5}{-3,75} & \frac{-1,5}{-1,5} & I & \frac{-1,5}{+2,5} & I & I & I & I \\ \frac{+6}{+6} & I & I & I & I & I & I & I & I & I & I & I \\ I & I & I & I & I & I & I & I & I & I & \frac{+1,6}{+1,6} & I \\ I & I & I & I & I & I & I & I & I & I & I & \frac{-1}{0,5} \end{bmatrix} \times [C \ D \ Tq \ Pm \ Cp]$$

où les « I » indiquent des indéterminations liées à des rapports à 0 que nous remplacerons, pour plus de clarté, par des « . » dans la matrice suivante.

$$M_{cohérence} = \begin{bmatrix} 1 & 0.625 & . & . & 1.6 & 1 & . & . & . & . & . & . \\ 1 & 2.5 & . & -1.5 & 0.4 & 1 & . & -0.6 & . & . & . & . \\ 1 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & 1 & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & -2 \end{bmatrix} \times [C \ D \ Tq \ Pm \ Cp]$$

Ici, on peut noter que les variations induites a priori par des objectifs d'externalisation et de formation sont incohérents au regard des variations induites sur les critères de performance Délais et Compétence. La valeur de la variation n'est pas significative, seul le signe négatif traduit un antagonisme. Les décideurs peuvent, soit reconsidérer les objectifs de conception à mettre en œuvre, soit pousser plus avant la modélisation des choix de conception afin d'évaluer complètement l'impact induit.

### V.3.5. Analyse de cohérence dans la contribution

#### V.3.5.1. Principes de la démarche

L'analyse de cohérence dans la contribution consiste à vérifier que l'atteinte de chaque objectif de conception d'un niveau contribue effectivement à l'atteinte des objectifs supérieurs. Cette étude pose le problème de la différence de dynamique entre les niveaux de gestion considérés. En effet, si l'on considère un niveau de gestion dont les objectifs sont réalisés par le biais de projets à effet final, on se heurte à la difficulté d'évaluer les performances induites sur le niveau de gestion supérieur du fait

qu'à l'issue de la période du niveau, les performances induites par la réalisation des projets ne sont pas encore perceptibles.

Cette analyse s'appuie sur les matrices de performance de conception élaborées et prend donc en compte les horizons de mise en œuvre des Etapes, Projets, Cible... La difficulté est de fournir un opérateur d'agrégation robuste et fiable des matrices de performance de conception d'un niveau de gestion particulier. En effet, il n'est pas possible au demeurant de se contenter d'une sommation des matrices si l'on considère que la performance globale n'est pas toujours égale à la somme des performances locales. On s'appuiera donc sur les opérateurs d'agrégation définis au cours du chapitre III.

Les hypothèses de départ sont les suivantes :

- ✓ Soit un niveau de gestion  $n$  dont les objectifs de conception sont modélisés par une matrice de performance de conception  $M_n$ . Les composantes de la matrice  $M_n$  sont des variations sur les niveaux de performance de référence à réaliser sur l'horizon de conception  $H_n$ .
- ✓ Soit un niveau de gestion  $n-1$  dont les objectifs sont modélisés par un nombre  $x$  de matrices notées  $M_i$  ( $i$  variant de 0 à  $x$ ) réalisables, chacune, sur un horizon propre de durée  $H_i$  ou  $\sum H_i = H_n$

Chaque matrice  $M_i$  du niveau  $n-1$  correspond à une étape de la mise en œuvre du projet global du niveau supérieur  $n$ . Toutefois, les durées  $H_i$  ne sont pas forcément égales, ceci s'expliquant par le fait que les différentes étapes ne peuvent pas être réalisées sur la même durée. Nous représentons les deux niveaux considérés sur le schéma suivant (figure 5.3) :

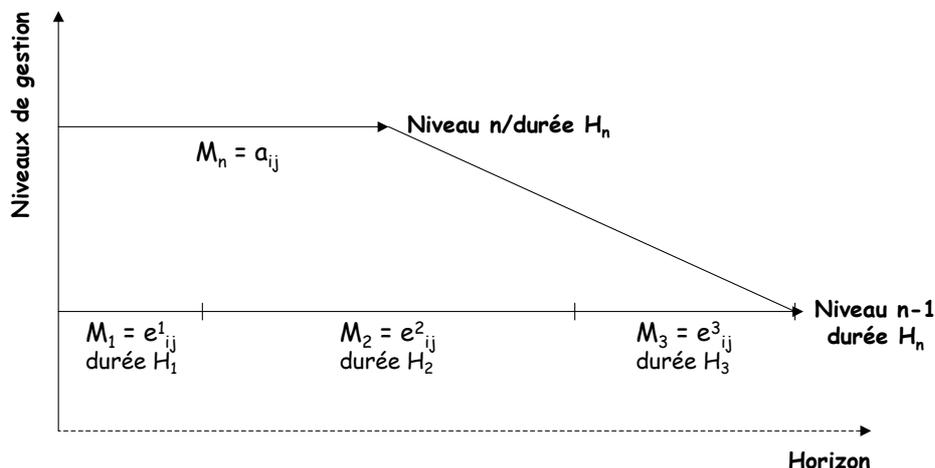


Figure 5.3 : Contribution et cohérence

Sur cet exemple :  $H_1 + H_2 + H_3 = H_{n-1} = H_n$  et  $H_1 \neq H_2 \neq H_3$ . D'autre part, il faut maintenant déterminer la procédure d'agrégation des matrices filles afin de vérifier leur contribution à la réalisation de la matrice mère. Les trois matrices  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$  doivent être cohérentes avec la matrice de performance de conception du niveau  $n$  :  $M_n$ , et ceci compte tenu des durées de chacune des matrices. L'analyse de la cohérence impose donc d'agréger les trois matrices de performance de conception  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$ .

La démarche logique d'agrégation présentée au paragraphe IV.3.1.2 est composée des étapes de : Partition, Renseignement, puis Réduction. Chacune de ces étapes, appliquées aux  $x$  matrices du niveau  $n-1$  doit aboutir à un résultat agrégé (matrice ou vecteur) à comparer à la matrice  $M_n$  ou un vecteur représentatif de la matrice  $M_n$ . Le principe est donc le suivant (figure 5.4) :

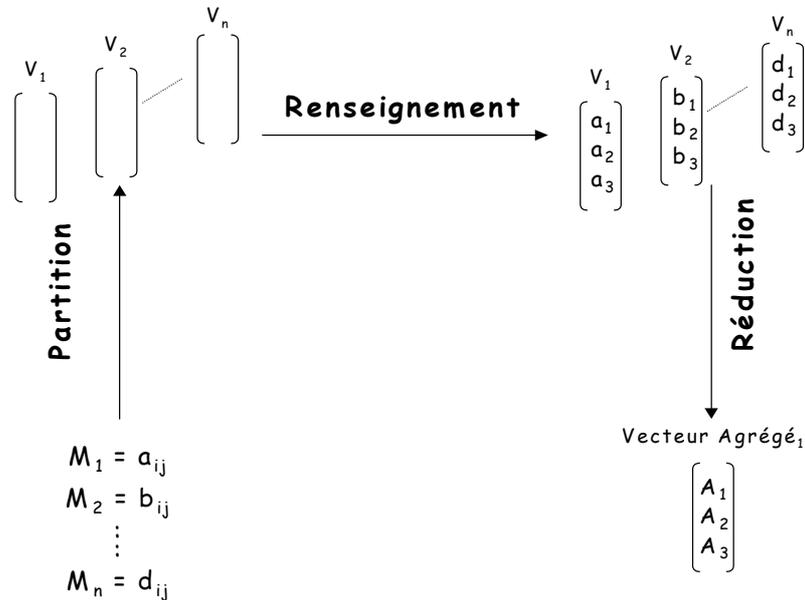


Figure 5.4 : Démarche formelle d'agrégation des performances

### Partition des matrices filles

Les  $x$  matrices présentent un nombre de colonnes différent et un nombre de lignes identique. La question qui se pose est : quelles sont les colonnes à regrouper ? Afin de répondre à la question et, sachant que chaque vecteur de chaque étape du niveau  $n-1$  peut amener des variations plus ou moins importantes sur les niveaux de performance référence, nous partons de l'hypothèse que la partition aboutit à un vecteur représentatif de l'ensemble des variations de performance : c'est le *Vecteur Partitionné*.

On considère la matrice suivante :

$$M_i = \begin{bmatrix} a_{11}(t) & a_{21}(t) & a_{31}(t) \\ a_{12}(t) & a_{22}(t) & a_{32}(t) \\ a_{13}(t) & a_{23}(t) & a_{33}(t) \end{bmatrix}$$

où  $a_{ij}$  représente le rapport de la variation de performance  $j$  relativement à la variation induite sur le critère de référence  $i$ .

$$\text{Soit encore : } M_i = \begin{bmatrix} a_{11}(t) & a_{21}(t) & a_{31}(t) \\ a_{12}(t) & a_{22}(t) & a_{32}(t) \\ a_{13}(t) & a_{23}(t) & a_{33}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta R(t)}{\Delta D_1(t)} & \frac{\Delta P_2(t)}{\Delta D_1(t)} & \frac{\Delta P_3(t)}{\Delta D_1(t)} \\ \frac{\Delta R(t)}{\Delta D_2(t)} & \frac{\Delta R(t)}{\Delta D_2(t)} & \frac{\Delta P_3(t)}{\Delta D_2(t)} \\ \frac{\Delta R(t)}{\Delta D_3(t)} & \frac{\Delta P_2(t)}{\Delta D_3(t)} & \frac{\Delta P_3(t)}{\Delta D_3(t)} \end{bmatrix} \times [D_1 \quad D_2 \quad D_3]$$

Sur une matrice, la partition s'effectue sans considération des durées de réalisation des objectifs (puisque l'on se situe sur une seule étape du niveau de gestion). Cette partition doit aboutir donc à un vecteur unique dont les composantes représentent chacune des composantes de la matrice initiale. Il faut donc trouver un opérateur d'agrégation  $\delta$  permettant l'obtention du vecteur réduit suivant :

$$V_{\text{Partitionnés}} = \delta \begin{bmatrix} \frac{\Delta R(t)}{\Delta D_1(t)} & \frac{\Delta P_2(t)}{\Delta D_1(t)} & \frac{\Delta P_3(t)}{\Delta D_1(t)} \\ \frac{\Delta R(t)}{\Delta D_2(t)} & \frac{\Delta R(t)}{\Delta D_2(t)} & \frac{\Delta P_3(t)}{\Delta D_2(t)} \\ \frac{\Delta R(t)}{\Delta D_3(t)} & \frac{\Delta P_2(t)}{\Delta D_3(t)} & \frac{\Delta P_3(t)}{\Delta D_3(t)} \end{bmatrix} \times [D_1 \quad D_2 \quad D_3] = \begin{bmatrix} \frac{\Delta P_{\text{Part-1}}(t)}{\Delta D_{\text{Part-1}}(t)} \\ \frac{\Delta P_{\text{Part-2}}(t)}{\Delta D_{\text{Part-2}}(t)} \\ \frac{\Delta P_{\text{Part-3}}(t)}{\Delta D_{\text{Part-3}}(t)} \end{bmatrix} \times [D_1 \quad D_2 \quad D_3]$$

Le choix de l'opérateur d'agrégation dépend de la nature de la performance concernée (critère absolu ou relatif) : les opérateurs d'agrégation seront les opérateurs « multiplication », et « addition ».

Dans le cas de deux objectifs entraînant des variations de performance sur le critère de référence délais, l'opérateur d'agrégation sera un opérateur de sommation.

### Renseignement des partitions

Suite à la partition des matrices de conception filles, il faut renseigner précisément chaque Vecteur Partitionné et donc prendre en compte les aspects temporels liés notamment aux durées propres à la réalisation de chaque étape.

Afin de tenir compte des horizons de réalisation de chaque niveau, nous affectons à chaque vecteur réduit un coefficient  $C_i$ . Ainsi, nous souhaitons, à l'issue de la réduction des vecteurs renseignés, pouvoir comparer le vecteur de variation de performance agrégé au vecteur réduit associé à la matrice de conception mère. Or, si l'on considère que cette dernière (et par extension son vecteur réduit) est valide sur l'horizon H, alors les coefficients  $C_i$  sont tels que :

$$C_i = \frac{H_i}{H} \text{ ou } \sum_{i=1}^{i=x} C_i = 1 \text{ pour } x \text{ vecteurs réduits}$$

Ainsi, le renseignement des Vecteurs Partitionnés est effectué de la façon suivante :

$$V_{i\text{-renseigné}} = C_i \times \begin{bmatrix} \frac{\Delta P_{\text{Part-1}}(t)}{\Delta D_{\text{Part-1}}(t)} \\ \frac{\Delta P_{\text{Part-2}}(t)}{\Delta D_{\text{Part-2}}(t)} \\ \frac{\Delta P_{\text{Part-3}}(t)}{\Delta D_{\text{Part-3}}(t)} \end{bmatrix} \times [D_1 \quad D_2 \quad D_3]$$

## Réduction des partitions

Suite à l'obtention des  $x$  vecteurs renseignés relatifs aux  $x$  matrices de conception, il faut réduire cet ensemble de vecteurs à un seul et unique vecteur agrégé, dans le but de le comparer au vecteur renseigné de la matrice de conception du niveau supérieur.

Il s'agit donc de déterminer l'opérateur d'agrégation le plus à même de fournir un résultat robuste et fiable.

$$V_n = \delta \left( \begin{bmatrix} \frac{\Delta P_{agrég-11}(t)}{\Delta D_{agrég-1}(t)} \\ \frac{\Delta P_{agrég-12}(t)}{\Delta D_{agrég-2}(t)} \\ \frac{\Delta P_{agrég-13}(t)}{\Delta D_{agrég-3}(t)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \frac{\Delta P_{agrég-21}(t)}{\Delta D_{agrég-1}(t)} \\ \frac{\Delta P_{agrég-22}(t)}{\Delta D_{agrég-2}(t)} \\ \frac{\Delta P_{agrég-23}(t)}{\Delta D_{agrég-3}(t)} \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} \frac{\Delta P_{agrég-n1}(t)}{\Delta D_{agrég-1}(t)} \\ \frac{\Delta P_{agrég-n2}(t)}{\Delta D_{agrég-2}(t)} \\ \frac{\Delta P_{agrég-n3}(t)}{\Delta D_{agrég-3}(t)} \end{bmatrix} \right) \times [D_1 \quad D_2 \quad D_3]$$

Le choix de l'opérateur dépend, là encore, de la nature des critères de performance de référence.

Dans un premier temps, il convient d'agréger les vecteurs correspondant aux solutions de conception d'un même niveau de détail, pour ensuite procéder à l'agrégation des vecteurs sur tous les niveaux de détail (figure 5.5).

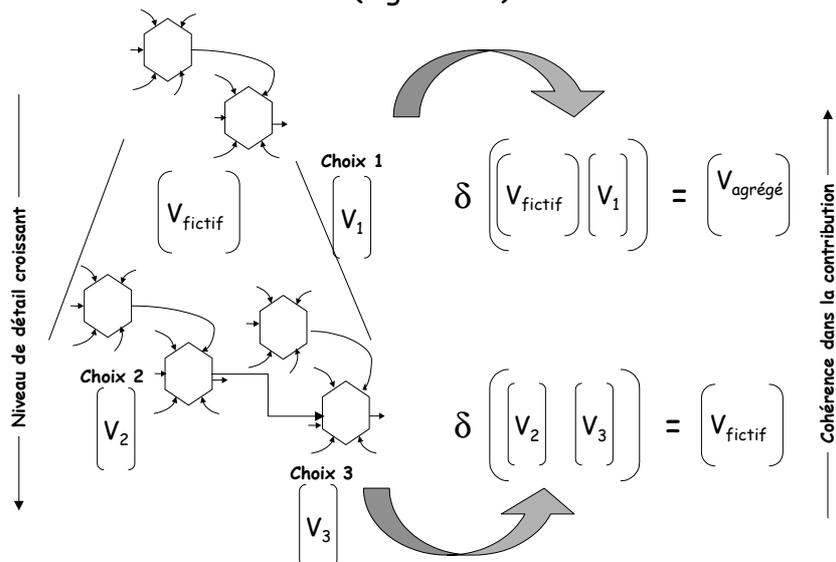


Figure 5.5 : Principes de réduction des vecteurs renseignés

Finalement, nous obtenons les résultats suivants :

- ✓ La matrice de conception du niveau de gestion  $n$  fournit un vecteur réduit  $V_{n-1}$
- ✓ Les  $x$  matrices de conception du niveau de gestion  $n-1$  fournissent  $x$  vecteurs réduits. L'agrégation de ces  $x$  vecteurs aboutit à l'obtention d'un vecteur agrégé  $V_{ag\_n-1}$ .

La comparaison repose alors sur l'écart existant entre les variations induites par les différentes solutions de conception et les variations attendues par le niveau de gestion supérieur.

Il faut noter toutefois que le domaine de validité de cette comparaison est largement dépendant de la qualité de la modélisation ainsi que de la précision des objectifs

d'évolution et de leurs implications éventuelles. Pour pallier d'éventuelles erreurs d'interprétations, il convient donc de mettre en place à chaque étape du processus d'analyse un ensemble de contraintes précises.

### V.3.5.2. Exemple théorique d'analyse de cohérence dans la contribution

Dans l'exemple proposé ici, nous considérons un niveau  $n$  de gestion de l'évolution dont l'unique objectif  $O_1$  doit être réalisé à l'issue d'un horizon de durée  $H_n$ .

Sur le niveau  $n-1$ , deux étapes sont envisagées. La première étape doit permettre d'atteindre deux objectifs ( $O_{a1}$  et  $O_{a2}$ ) au bout d'un horizon d'une durée  $H_1$ . La deuxième étape doit permettre de réaliser trois objectifs ( $O_{b1}$ ,  $O_{b2}$ ,  $O_{b3}$ ) au bout d'un horizon d'une durée  $H_2$ .

Les critères de référence sont au nombre de 4 :  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  et  $C_4$ .

Les matrices associées à chaque étape de chaque niveau sont fournies ci après : Matrice  $M_n$  pour le niveau  $n$ , matrice  $M_a$  pour la première étape, et  $M_b$  pour la deuxième étape.

$$M_n = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4],$$

$$M_a = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \\ a_{13} & a_{23} \\ a_{14} & a_{24} \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4]$$

$$\text{et } M_b = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{21} & b_{31} \\ b_{12} & b_{22} & b_{32} \\ b_{13} & b_{23} & b_{33} \\ b_{14} & b_{24} & b_{34} \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4]$$

Dans le principe de la démarche, il nous faut d'abord réaliser la partition des matrices du niveau détaillé. Pour ce faire nous partons de l'hypothèse que  $C_1$  et  $C_2$  sont des critères absolus,  $C_3$  et  $C_4$  des critères relatifs.

Soit  $V_a$  le vecteur résultant de la partition de la matrice  $M_a$  et  $V_b$  le vecteur résultant de la partition de la matrice  $M_b$ .

$$Va = \begin{bmatrix} a_{11}+a_{21} \\ a_{12}+a_{22} \\ a_{13} \times a_{23} \\ a_{14} \times a_{24} \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4] \text{ et } Vb = \begin{bmatrix} b_{11}+b_{21}+b_{31} \\ b_{12}+b_{22}+b_{32} \\ b_{13} \times b_{23} \times b_{33} \\ b_{14} \times b_{24} \times b_{34} \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4]$$

La deuxième phase de la démarche consiste à renseigner les vecteurs précédents compte tenu des durées des horizons associés à chacune des étapes.

$$V_{rens-a} = \frac{H_1}{H_n} Va \text{ et } V_{rens-b} = \frac{H_2}{H_n} Vb$$

De ces deux vecteurs partitionnés et renseignés, nous pouvons déduire le vecteur agrégé résultant de la réalisation des deux étapes.

$$V_{agrégé} = \begin{bmatrix} \frac{H_1}{H_n}(a_{11}+a_{21}) + \frac{H_2}{H_n}(b_{11}+b_{21}+b_{31}) \\ \frac{H_1}{H_n}(a_{12}+a_{22}) + \frac{H_2}{H_n}(b_{12}+b_{22}+b_{32}) \\ \frac{H_1}{H_n}(a_{13}+a_{23}) \times \frac{H_2}{H_n}(b_{13} \times b_{23} \times b_{33}) \\ \frac{H_1}{H_n}(a_{14}+a_{24}) \times \frac{H_2}{H_n}(b_{14} \times b_{24} \times b_{34}) \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4]$$

Il est alors possible de comparer chaque coefficient du vecteur agrégé au vecteur agrégé résultant de la procédure d'agrégation de la matrice du niveau de gestion supérieur, en l'occurrence, il s'agit déjà d'un vecteur étant donné que le niveau de gestion n ne propose qu'un seul objectif.

#### V.3.5.3. Exemple pratique d'analyse de cohérence dans la contribution

Considérons l'objectif de conception de niveau n suivant :

« Améliorer globalement la flexibilité de l'outil de production »

Cet objectif, d'un niveau plutôt stratégique, peut être réalisé en modifiant la structure du système physique (machine, flux de produits..), en augmentant la polyvalence des ressources humaines,

Le niveau de gestion n-1 est constitué de deux objectifs : le premier consiste en l'amélioration de la polyvalence des ressources ainsi que leurs compétences. Le deuxième objectif vise à mettre en place deux nouvelles machines dont les performances doivent améliorer la flexibilité du système.

##### Niveau n

Objectif : « Améliorer globalement la flexibilité de l'outil de production »

La réalisation de cet Objectif doit apporter une augmentation de 22% de la flexibilité du système, mesurer par le nombre de variantes admissibles par unité de temps.

Cet objectif doit être réalisé sur un horizon de 12 mois.

### Niveau n-1

Objectif 1 : « Assurer la formation ciblée des ressources humaines »

La réalisation de cet objectif qui couvre une durée de 6 mois doit apporter une augmentation globale de flexibilité de 7%.

Objectif 2 : « Mettre en place une machine à découpe Laser »

La réalisation de cet objectif couvre une durée de 6 mois (en début d'horizon de niveau n) et doit apporter une augmentation globale de flexibilité de 12%. Compte tenu de la nature du projet (à effet final), la flexibilité apportée sera mesurer à compter de la fin de l'étape 2.

La base des performances de référence est constituée des critères : Flexibilité et Coût. Les matrices de chaque niveau sont fournies ci après.

$$M_n = \begin{bmatrix} +0,22 \\ -0,015 \end{bmatrix} \times [F \quad C],$$

$$M_E = \begin{bmatrix} +0,07 & +0,12 \\ +0,03 & -0,020 \end{bmatrix} \times [F \quad C],$$

(La formation du personnel entraîne, de fait, une augmentation de la qualification, ce qui impacte les salaires et les charges associées : ceci explique l'augmentation globale des coûts de production).

Nous appliquons maintenant les principes d'agrégation que nous venons de proposer. Nous posons comme hypothèses que les plans de formation sont à effet progressif et linéaire, la mise en œuvre des machines est à effet final.

La matrice réduite de l'étape est la suivante :

$$M_E = \begin{bmatrix} (+0,07) \times (+0,12) \\ (+0,03) + (-0,020) \end{bmatrix} \times [F \quad C] = \begin{bmatrix} +0,084 \\ +0,01 \end{bmatrix} \times [F \quad C]$$

Les résultats ci dessus sont obtenus à 6 mois. La matrice des performances de conception du niveau n à 6 mois est la suivante :

$$M_n = \frac{6}{12} \begin{bmatrix} +0,22 \\ -0,015 \end{bmatrix} \times [F \quad C] = \begin{bmatrix} +0,11 \\ -0,0075 \end{bmatrix} \times [F \quad C]$$

Il est alors possible de comparer les performances attendues à 6 mois et les performances induites par l'atteinte des objectifs de l'étape. On constate, que la contribution, en termes de flexibilité, est insuffisante (écart de  $0,11 - 0,084 = 0,026$ ). En

outre, il semble, a priori, que les solutions envisagées vont générer un sur-coût de production préjudiciable.

#### **V.4. Analyse de cohérence intra-niveau de gestion**

##### **V.4.1. Principes de base**

Jusqu'à présent, nous avons défini des matrices de performance de conception associées à chaque niveau de gestion.

Pour réaliser les objectifs d'un niveau, les variables de conception à mettre en œuvre, modélisées spécifiquement par les Modèles associés, offrent une vision agrégée de ce que doit être le futur système. Les performances des modèles de conception doivent être cohérentes avec les performances proposées par la matrice associée mais également avec les performances réellement atteignables.

Ainsi, la réalisation des objectifs des Etapes passent par la mise en œuvre des Modèles Etapes. De même que pour les objectifs Projets, il faudra mettre en œuvre les Modèles Projets. Fondamentalement, l'évaluation des performances doit absolument tenir compte des bases respectives de chaque niveau de gestion. En effet, afin de comparer les performances attendues avec les performances existantes, il est nécessaire d'utiliser des bases de référence communes. Ainsi, les Matrices cibles et Etapes seront établies dans la base cible, les matrices Projet seront exprimées dans les bases détaillées telles que définies au cours du chapitre III.

Enfin, il faut tenir compte de la nature de l'objectif à réaliser : objectifs de conception direct ou indirect. En fonction, le choix de conception sera différent.

La figure 5.6 décrit la démarche générale [Kromm, 2000], où chaque niveau de gestion fournit une vue du système de production. Les modèles traduisent, par le biais des processus génériques les états possibles pour chaque vue. Ces états assurent l'évaluation des performances d'exploitation futures. La comparaison entre les performances futures et les performances en cours permettent de valider les matrices de conception considérées, et donc de déduire, ou non, la cohérence entre les moyens et les objectifs.

Du fait de la récursivité de l'ensemble des modèles GRAI, ainsi que du modèle de référence construit pour l'expression de la performance, la démarche que nous détaillons ci-après est reproductible pour chaque niveau de gestion. Elle se déroule en quatre phases :

1. Modélisation de l'existant,
2. Calcul des matrices de conception associées au niveau de gestion considéré,
3. Modélisation des variables de conception possibles,
4. Evaluation des performances induites.

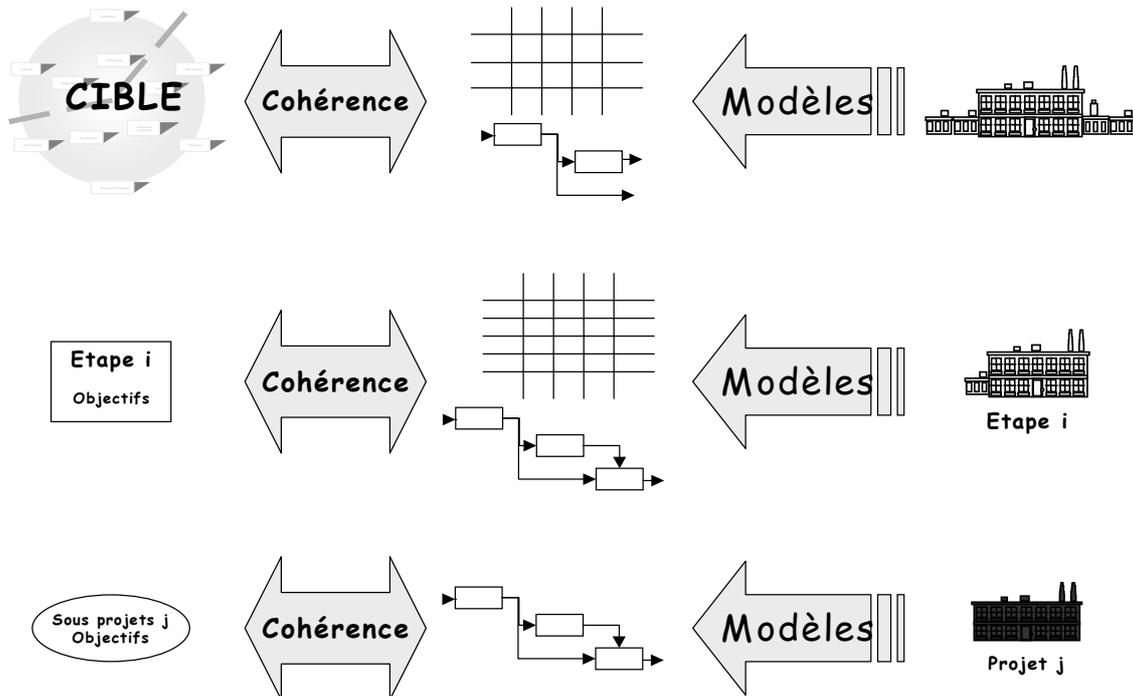


Figure 5.6 : Principes d'analyse de cohérence intra niveau de gestion

#### V.4.2. Modélisation de l'existant

Cette étape consiste en la modélisation du système de production (dans une représentation globale long terme). L'application de GRAI Integrated Method assure d'obtenir dans un premier temps l'ensemble des modèles nécessaires à la compréhension du système en vue de sa traduction sous forme de processus. Les premiers niveaux de la vue fonctionnelle sont l'assurance d'identifier précisément le domaine couvert, ainsi que les fonctions principales de la structure de pilotage (Grille décisionnelle). La modélisation par les réseaux GRAI complète les modèles en décrivant précisément les processus décisionnels cibles. Une fois obtenu l'ensemble des modèles GRAI, il nous faut les « traduire » à l'aide du concept de processus générique en vue d'obtenir une modélisation unifiée des différentes vues. On génère ainsi le processus générique cible.

Il faut alors identifier les performances du réseau obtenu. Pour ce faire, l'utilisation des tableaux de bords de l'entreprise « hôte » est recommandée, ils permettront ultérieurement de confirmer la validité des propositions de conception en prouvant l'amélioration du système modifié.

#### V.4.3. Calcul des matrices de conception

La cible est modélisée par sa matrice de performance de conception. D'un autre coté, les décideurs disposent du modèle de la Vision qu'ils souhaitent atteindre. La matrice traduisant les objectifs stratégiques à atteindre, exprimés dans la base cible, est :

$$M_{Cible} = [A_{ij}(t)] \times [C_j]$$

de même on obtient pour les niveaux de gestion Etapes et projets :

$$M_{\text{Etape}} = [B_{ij}(t)] \times [C_j] \text{ et } M_{\text{Projets}} = [E_{ij}(t)] \times [D_j]$$

où  $A_{ij}$ ,  $B_{ij}$  et  $E_{ij}$  traduisent les variations de performance induites sur les critères de performance respectifs  $C_j$ ,  $D_j$  et  $E_j$ . Chacun de ces critères fait bien entendu référence à la base du niveau de gestion considéré.

A ce stade, la vision stratégique permet de construire un modèle très agrégé du système physique. Relativement au modèle GRAI, on se situe en fait sur les niveaux hauts de la grille décisionnelle, et sur les premiers niveaux de modélisation du système physique.

## Modélisation GRAI

## Réseaux de Processus associés

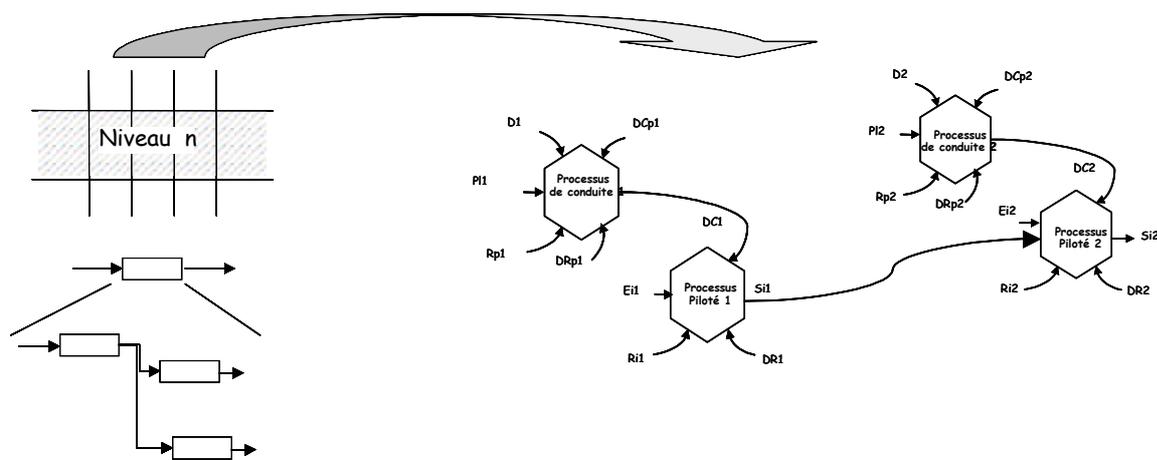


Figure 5.7 : Passage au réseaux de processus

La démarche consiste en la traduction de la cible sous forme d'un réseau de processus (figure 5.7). pour ce faire, il faut établir la correspondance entre les concepts de base du modèle GRAI et ceux du modèle de processus générique. Le concept de cadre de décision est identique à celui de Données de conduite. Les ressources du système physique sont les ressources des processus génériques pilotés...

Le réseau obtenu tient compte des grandes orientations spécifiées au travers des objectifs de conception. Il est évident que ces propositions doivent également tenir compte de la topologie actuelle du système de production. En effet, des « écarts » trop importants supposeraient des ruptures brutales avec le système actuel, voire des impossibilités techniques ou humaines.

### V.4.4. Modélisation des variables de conception, évaluation des résultats

La modélisation des choix de conception est donc réalisée par le biais des processus et des réseaux de processus. Il faut noter qu'à chaque niveau gestion correspond une vue plus fine des détails qui composent les modèles. De plus, il peut y avoir plusieurs niveaux de détails pour un même niveau de gestion. En effet, les décideurs peuvent avoir une connaissance plus ou moins grande des solutions à mettre en œuvre.

#### V.4.4.1. Les Variables de Conception

Les choix de conception permettent de réaliser des objectifs de conception : nous parlerons donc de Variables de Conception en référence aux choix de conception possibles pour l'atteinte d'un objectif de conception. Comme pour les objectifs d'exploitation, ce sont donc les variables de conception qui détermineront les niveaux de performance associés à la réalisation de l'objectif de conception. Ce dernier induira deux variations :

1. Une variation du potentiel du système (on peut par exemple se référer à la notion de Variété telle que définie par Le Moigne),
2. Une variation des niveaux de performance possibles du système pour son exploitation future.

Nous retenons comme modèle des variables de conception celui développé au cours du chapitre IV. En évaluant a priori les variations de performance induites par une variable de conception sur les niveaux de performance, on vérifie que la variable est cohérente avec l'objectif de conception qu'elle permet d'atteindre. On procède de la sorte à l'analyse de la cohérence entre l'objectif de conception proposé et les variables de conception à même de le réaliser.

#### V.4.4.2. Réalisation d'un objectif de conception direct

**L'Objectif de Conception Directe (OCD)** impacte directement des critères de conception directe (voir chapitre III)

La réalisation d'un OCD nécessite la mise en œuvre de choix de conception spécifiques dans des cadres stratégiques également spécifiques. L'OCD consiste à modifier directement les performances du système de production en modifiant les caractéristiques des objets qui contribuent à sa réalisation : par exemple, on modifie les ressources, ou encore la période de remise en cause des données de réalisation... Il s'agit donc de modifier les caractéristiques dynamiques et/ou structurelles des processus, ou sous processus, identifiés comme étant source de non performance (ou de moins performance).

Dans le cadre de l'approche qui suit, la variable de conception n'est pas intégrée au reste du système : on « retire » virtuellement le processus considéré, on y opère conceptuellement les modifications envisagées enfin, toujours hors ligne, on évalue les performances du processus modifié.

On considère par exemple un processus X caractérisé par ses attributs :  $E_i$  les entrées,  $DC_j$  les Données de Conduite,  $R_k$  les ressources et enfin les sorties  $S_i$ . L'OCD proposé vise à accroître la capacité de production. Le premier niveau de détail du processus de conception aboutit à l'instanciation des attributs du processus X (colonne « Processus actuel » du tableau suivant).

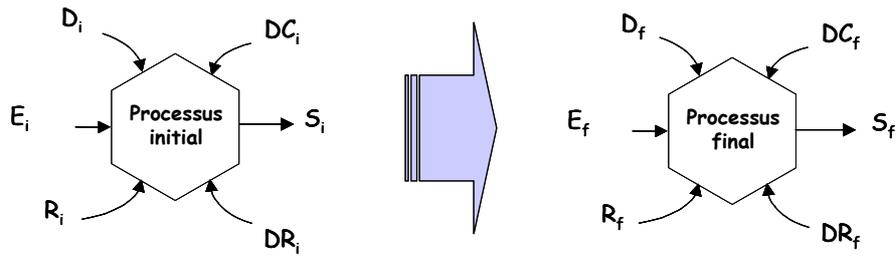


Figure 5.8 : Exemple de transformation possible

Le tableau 5.1 ci-après traduit, en termes de performances, les écarts entre le processus existant et le processus souhaité à l'issue de la phase de conception. Les processus initial et final sont représentés sur le schéma 5.8 précédent.

Processus actuel	Processus souhaité	Ecart
$E_i$ (volume $V_{E_i}$ )	$E'_i$ (volume $V_{E'_i}$ )	$V_{E'_i} - V_{E_i}$
$DC_j$ (objectifs d'exploitation)	$DC'_j$ (objectifs d'exploitation)	Objectifs différents.
$R_k$ (Capacité $C_i$ )	$R'_k$ (Capacité $C_j$ )	$C'_j - C_i$
$S_i$ (volume $V_{S_i}$ )	$S'_i$ (volume $V_{S'_i}$ )	$V_{S'_i} - V_{S_i}$
Horizon ( $H_i$ )	Horizon ( $H_j$ )	Inchangé par défaut
Période ( $P_i$ )	Période ( $P_j$ )	Inchangé par défaut

Tableau 5.1 : traduction d'écarts de performance

Il est évident que seuls les volumes désirés ( $V_{E_i}$  et  $V_{S_j}$ ) permettent de quantifier la capacité future du processus considéré. Dès lors, et une fois l'ensemble des paramètres structuraux caractérisés, les objectifs d'exploitation projetés pour le futur processus ( $DC'_j$ ) peuvent être définis.

Par suite, il est possible d'aller plus avant dans le détail de la conception, en précisant le processus et plus particulièrement les ressources (Processeurs) à même de le réaliser. Le but de cette analyse est d'isoler les parties ou sous-parties du processus qui seront modifiées par la conception. Par exemple, sur un niveau agrégé, on peut affecter à un atelier, une capacité supplémentaire de  $X$  hommes/mois, par contre, il est également possible que cette capacité supplémentaire ne soit intéressante que pour une cellule particulière du dit atelier.

A ce stade, deux cas peuvent se présenter :

- ✓ les décideurs connaissent le détail du processus global : la démarche est alors réitérée au niveau de détail inférieur,
- ✓ les décideurs ne connaissent pas le détail des processus fils (on est alors dans le cas d'une conception complète). Les concepteurs construisent le processus fils et réalisent les mêmes hypothèses que précédemment à la seule différence qu'il s'agit d'un processus virtuel.

En fin de compte, la démarche est la même dans les deux cas, seule la connaissance que l'on a du détail des processus modélisés peut varier.

#### V.4.4.3. Réalisation d'un Objectif de Conception Indirect

L'**Objectif de Conception Indirecte (OCI)** vient impacter des critères de conception indirecte.

La réalisation d'un OCI s'effectuera également par la mise en œuvre de Variable de Conception. Par contre, au contraire des OCD, celle-ci sera moins souvent orientée vers la modification des caractéristiques des attributs des processus que vers la modification des liens qui les unissent.

En d'autres termes, pour réaliser un OCI, les décideurs s'attacheront généralement à modifier l'organisation des processus plus que les processus eux-mêmes. Dans cette optique, le processus à modifier n'est pas « retiré » de son contexte : l'évaluation est alors plus complexe, mais toujours réalisable du fait que l'ensemble des processus du niveau est connu.

Finalement le principe de réalisation de l'OCI est identique, seule la complexité du processus considéré est accrue.

A titre d'exemple, on peut considérer le cas récent d'une entreprise de service qui, cherchant à améliorer le service rendu au client compte tenu des versions 2000 des nouvelles normes ISO, souhaite mettre en œuvre un processus de référence sur le service après-vente et le suivi de réalisation. Dès lors que les décideurs cherchent à évaluer le retour sur investissement de telles évolutions, ils sont confrontés au problème de l'évaluation des performances sur des critères tels : la relation client, l'image de marque... L'OCI est : améliorer la satisfaction du client, le choix de conception est bien une ré-organisation du processus courant par l'intégration d'un processus supplémentaire pour le suivi de réalisation.

#### V.4.4.4. Démarche d'évaluation de l'atteinte de l'objectif de conception

Les résultats de la comparaison entre les niveaux de performance fixés par l'objectif et les niveaux de performances induits par les choix de conception impliquent deux possibilités :

1. les variations induites et souhaitées sont très proches les unes des autres (pour un critère défini préalablement). Dans ce cas, les choix de conception peuvent être retenus, et l'objectif de conception et le choix associé sont validés dans leur forme définitive,
2. la comparaison met en évidence un écart inacceptable. Il faut alors envisager trois possibilités : la reconsidération de l'objectif de conception, la reconsidération des choix de conception envisagés, ou enfin les deux simultanément.

Cette étape d'évaluation correspond à une première base pour l'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs puisqu'elle assure de vérifier que les choix de conception envisagés contribuent effectivement à atteindre l'objectif visé. La

deuxième étape de la démarche globale d'analyse doit mettre en œuvre les principes dynamiques abordés au cours du chapitre précédent.

Quoiqu'il en soit, les performances seront exprimées dans la base du niveau considéré.

La démarche finale d'évaluation de l'atteinte d'un objectif de conception est (figure 5.9) :

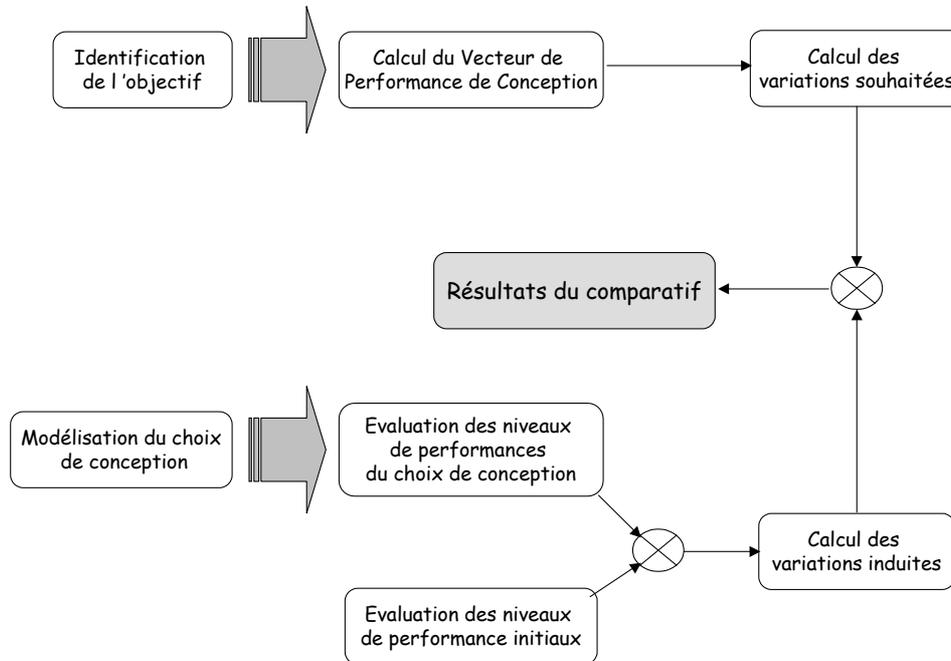


Figure 5.9 : Démarche d'évaluation de l'atteinte d'un objectif de conception

#### V.4.5. Démarche d'analyse de la cohérence intra-niveau de gestion

##### V.4.5.1. La démarche générale

L'évaluation des performances associées au choix de conception ne pose à priori pas de problèmes majeurs dès lors que les concepteurs sont capables de valuer les attributs de chaque processus. Par contre, il faut ensuite pouvoir comparer les performances possibles avec celles prévues par les objectifs considérés. Or, les performances du réseau de processus vont se traduire par un vecteur de performance exprimé dans la base de référence du niveau, alors que les objectifs de conception du dit niveau vont se traduire par une matrice exprimée dans la même base. Il nous faut donc encore agréger les performances associées à chaque objectif en un seul vecteur que l'on compare à celui fournit par l'évaluation des performances sur le réseau de processus.

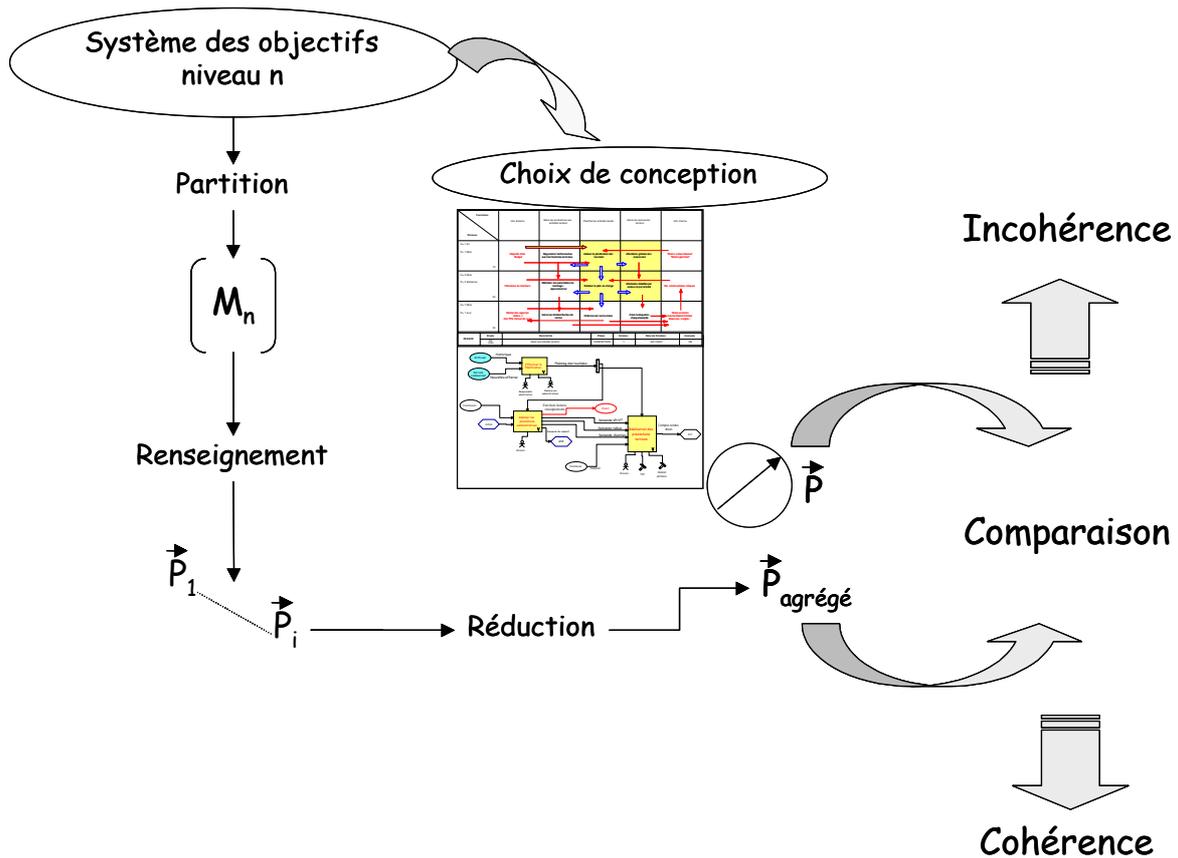


Figure 5.10 : Principe d'analyse de la cohérence intra niveau

La figure 5.10 ci-dessus décrit les principes de l'analyse. Les étapes de partition, de renseignement et de réduction des matrices de conception sont identiques à celles déjà décrites.

Soit le cas très général suivant, où l'on identifie la matrice de conception  $M_i$  associée à un système de trois objectifs. Cette matrice s'exprime dans la base correspondante  $[C_1, C_2, C_3]$ . La Partition renseignée aboutit à la matrice quantifiée.

$$M_i = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta P_1}{\Delta C_1} & \frac{\Delta P_2}{\Delta C_1} & \frac{\Delta P_3}{\Delta C_1} \\ \frac{\Delta P_1}{\Delta C_2} & \frac{\Delta P_2}{\Delta C_2} & \frac{\Delta P_3}{\Delta C_2} \\ \frac{\Delta P_1}{\Delta C_3} & \frac{\Delta P_2}{\Delta C_3} & \frac{\Delta P_3}{\Delta C_3} \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3]$$

la Partition est alors réduite directement pour générer un unique vecteur représentatif de l'ensemble des performances.

$$V_{agrégé} = \begin{bmatrix} \alpha(a_{11} \quad ;a_{21}; \quad a_{31}) \\ \beta(a_{12} \quad ;a_{22} \quad ;a_{32}) \\ \gamma(a_{13} \quad ;a_{23} \quad ;a_{33}) \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3] = \begin{bmatrix} A_{ag1} \\ A_{ag2} \\ A_{ag3} \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3]$$

où  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  représentent les opérateurs d'agrégation dédiés aux critères de performance considérés. en fonction du type de critère : critère absolu ou relatif, on retrouvera les opérateurs  $\Sigma$  et  $\Pi$ .

Parallèlement, le réseau de processus modélisé assure la connaissance du vecteur de performance final. Et d'autre part, la modélisation initiale permet l'obtention du vecteur de performance agrégé initial, Ainsi :

$$\vec{P}_{initial} = \begin{bmatrix} p_{i1} \\ p_{i2} \\ p_{i3} \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3] \text{ et } \vec{P}_{final} = \begin{bmatrix} p_{f1} \\ p_{f2} \\ p_{f3} \end{bmatrix} \times [C_1 \quad C_2 \quad C_3]$$

On calcule alors la Variation Induite (VI) par la mise en œuvre des choix de conception :

$$VI = P_{fx} / P_{ix}$$

La comparaison entre les valeurs absolues des variations induites et les coefficients correspondant du vecteur agrégé précédent fournit ainsi les conclusions attendues quant à la cohérence ou l'incohérence entre les objectifs de conception fixés et les moyens à mettre en œuvre pour les réaliser.

$$\Delta E = \begin{bmatrix} |VI_1| - |A_{ag1}| \\ |VI_2| - |A_{ag2}| \\ |VI_3| - |A_{ag3}| \end{bmatrix} \text{ où } VI_i = P_{final-i} / P_{initial-i}$$

Il faut noter, de plus, que le réseau de processus analysé peut être agrégé avec d'autres réseaux du même niveau de détail suivant les procédures établies au cours du chapitre IV. Dans ce cas, les niveaux de performance obtenus et l'analyse de la cohérence avec les objectifs de conception fixés pour le niveau de gestion supérieur peuvent ne pas aboutir aux mêmes conclusions que dans le cas du niveau détaillé. En effet, on peut observer un phénomène de lissage des actions engagées dû aux relations d'influence qui peuvent exister entre les différents réseaux de processus.

Ce dernier point est très important car, des choix de conception peuvent être cohérents sur un niveau de gestion et incohérents sur le niveau de gestion supérieur. Le principe est le même que dans le cas du pilotage du système en exploitation : *la somme des performances locales ne contribue pas nécessairement à l'atteinte de la performance globale.*

#### V.4.5.2. Un exemple d'application

L'exemple que nous proposons ici reprend un cas industriel au cours duquel, la démarche a pu être partiellement mise en œuvre, notamment sur les aspects cohérence intra niveau de gestion. La mise en œuvre de la démarche a été réalisée au sein d'une société de service présentant une double spécialisation :

- ✓ dans la maintenance des réseaux de distribution d'eau,
- ✓ dans la relève des compteurs d'eau et de chauffage pour le compte société de gestion immobilière,

Une particularité de ces métiers est la forte contractualisation qui caractérise les contrats clients. Ceci assure une relative stabilité de l'activité d'une année sur l'autre. Stabilité perturbée par les urgences que la société garantit de traiter en moins de 24h (fuites, ruptures de canalisation, pannes de chauffage...). La deuxième particularité est que la société intervient auprès de résidents de logements, mais que ceux-ci ne sont pas clients directs. Ils contribuent malgré tout fortement à l'image globale de la société sur le marché.

L'objectif premier de la société, poursuivi au travers de l'étude GRAI proposée, est de conduire à une amélioration globale des performances notamment en termes de Coût de fonctionnement, de délais de réalisation, et de qualité générale des prestations. Indirectement, la certification ISO 9000 version 2000 est recherchée.

Dans cette optique, le projet, d'une durée de 6 mois, et conclu en Avril 2002, a permis de mettre en œuvre la méthodologie GRAI. La démarche d'analyse de la cohérence a été appliquée dans l'ultime phase de réalisation du projet d'implantation. Comme prévue dans la démarche, le système existant a été modélisé par le biais de modèles GRAI. La structure décisionnelle de la société est donnée ci après :

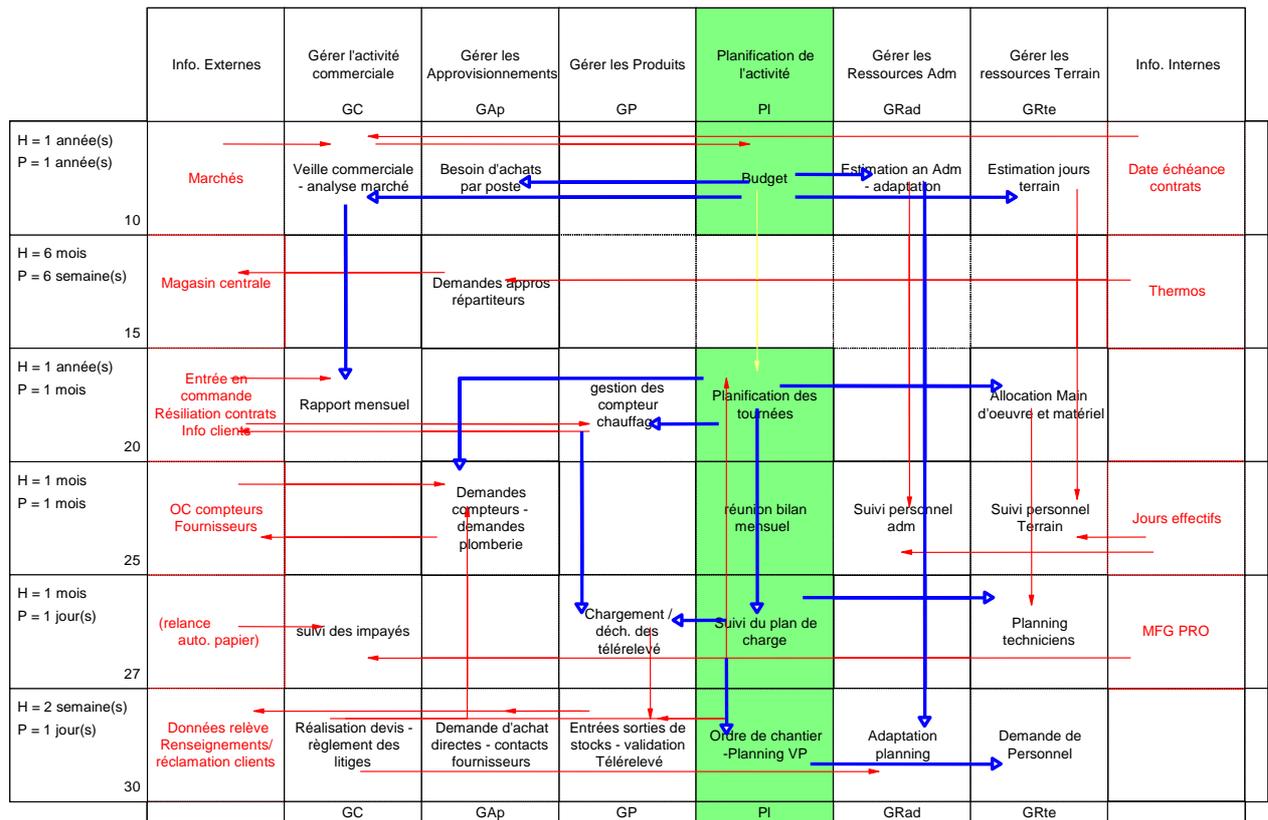


Figure 5.11 : Structure décisionnelle du système existant

Il faut noter qu'une fonction qualité existe, mais n'est pas représentée ici du fait de sa faible formalisation. Dans l'approche de modélisation, les processus pilotés ont été modélisés par le biais des actigrammes étendus. Le processus « Assurer la satisfaction des clients » est représenté ci après.

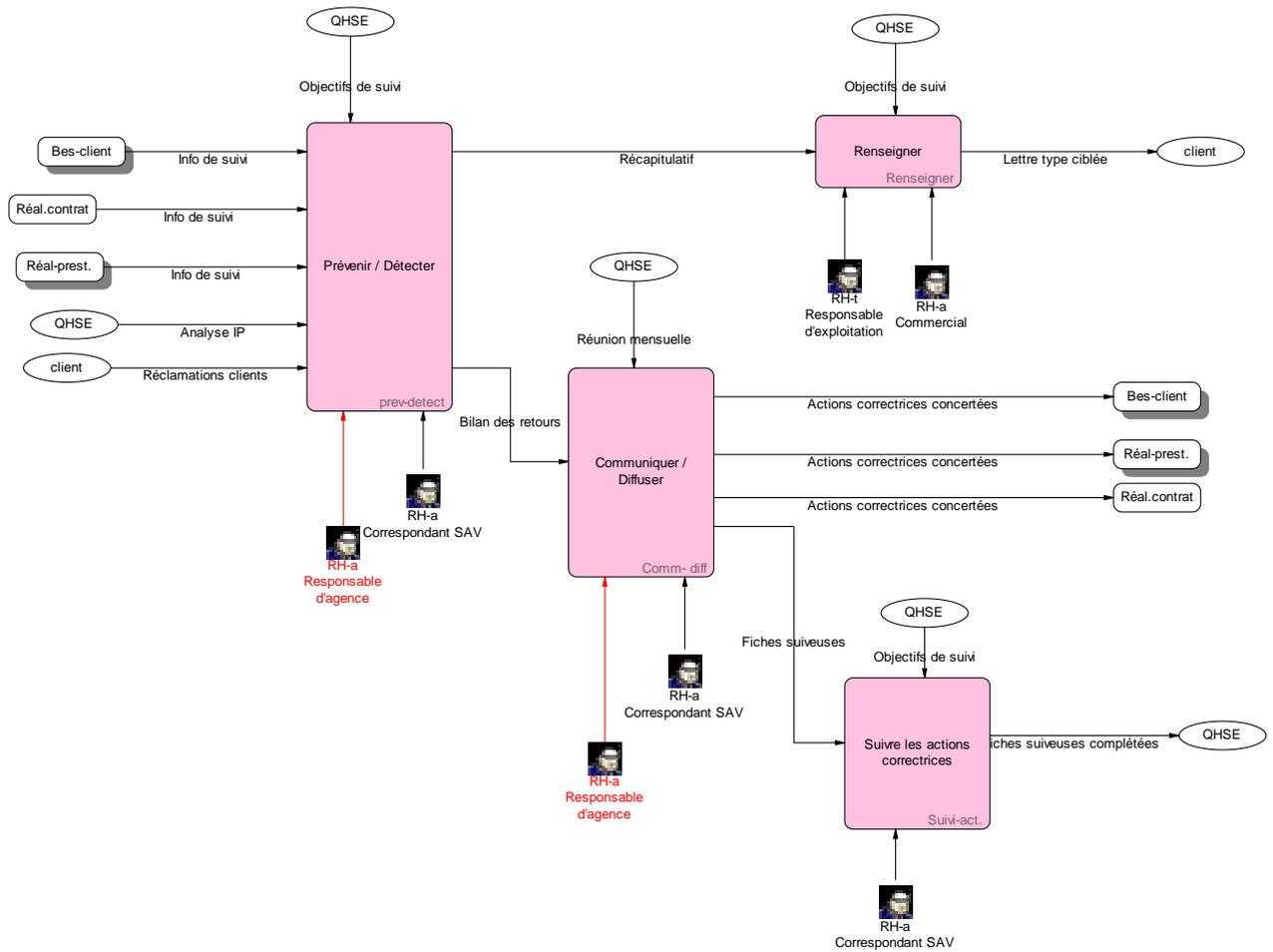


Figure 5.12 : Processus « Assurer la satisfaction des clients »

L'analyse des modèles par le biais des règles GRAI a permis de dégager les pistes d'amélioration potentielles. Celles-ci ont conduit à l'expression des modèles cibles dont un exemple est fourni ci après.

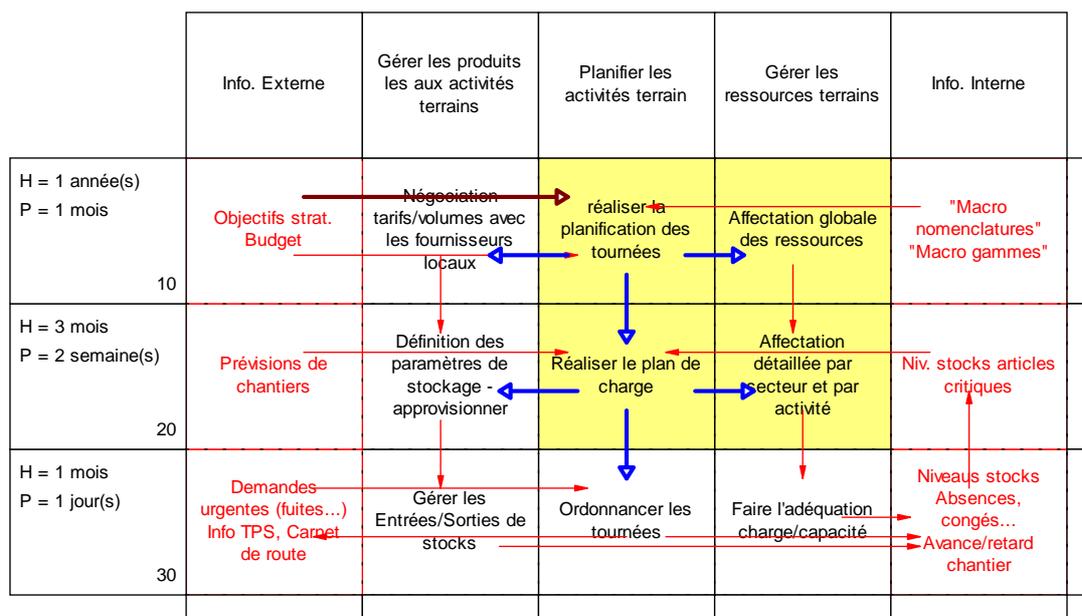


Figure 5.13 : Structure décisionnelle cible

Une fois le module méthodologique GIM mis en œuvre, la démarche d'analyse de la cohérence a pu être initiée, compte tenu des projets d'entreprise identifiés. Le rapport présenté en groupe de pilotage rend compte des différents projets possibles :

1. projet organisationnel qui touche à la mise en œuvre des structures décisionnelles modélisées au travers des grilles GRAI de pilotage,
2. projet trans-fonctionnel pour mettre en œuvre les processus cible de la société : ces projets s'inscrivent dans le cadre de la démarche qualité,
3. projet informatique pour le développement du système d'information et la mise à niveau des logiciels existants.

Parmi les différents objectifs proposés, nous retenons les objectifs suivants :

1. « réduire les délais de réalisation de la planification d'au moins 25% »,
2. « améliorer la satisfaction du client ».

Les délais de planification actuels sont de 15 semaines par mois en considérant les temps cumulés des différents responsables d'exploitation de chaque agence de la société. La satisfaction du client peut se mesurer au nombre de retours liés à l'incomplétude des données transmises. Les chiffres fournis par la société correspondent au cumul des frais associés au traitement de ces dysfonctionnements (double facturations, relevés incomplets...). Ils retournent un global de 343 000 €. La démarche d'analyse de la cohérence a consisté en l'évaluation de l'impact :

1. de la nouvelle structure décisionnelle sur le temps global de planification,
2. des processus cible sur la satisfaction des clients.

La base de performance de référence est composée des critères Coûts et Délais, sachant que les coûts sont les coûts liés à la non qualité (le critère permet donc de mesurer une performance de type qualité).

La définition des objectifs de l'étape permet de construire la matrice de performance de conception suivante :

$$M_{Etape} = \begin{bmatrix} -0,15 & 0 \\ 0 & -0,25 \end{bmatrix} \times [C \quad D]$$

On estime que l'atteinte des objectifs contribuera à réduire de 15% les coûts liés à la non-qualité et de 25% le délai global de planification. On en déduit le vecteur réduit :

$$V_{agrégé} = \begin{bmatrix} -0,15 \\ -0,25 \end{bmatrix} \times [C \quad D]$$

Le modèle décisionnel GRAI ainsi que les processus pilotés permettent de construire le modèle du processus générique attendu en termes de choix de conception. Un exemple de modèles est fourni ci après (figure 5.14):

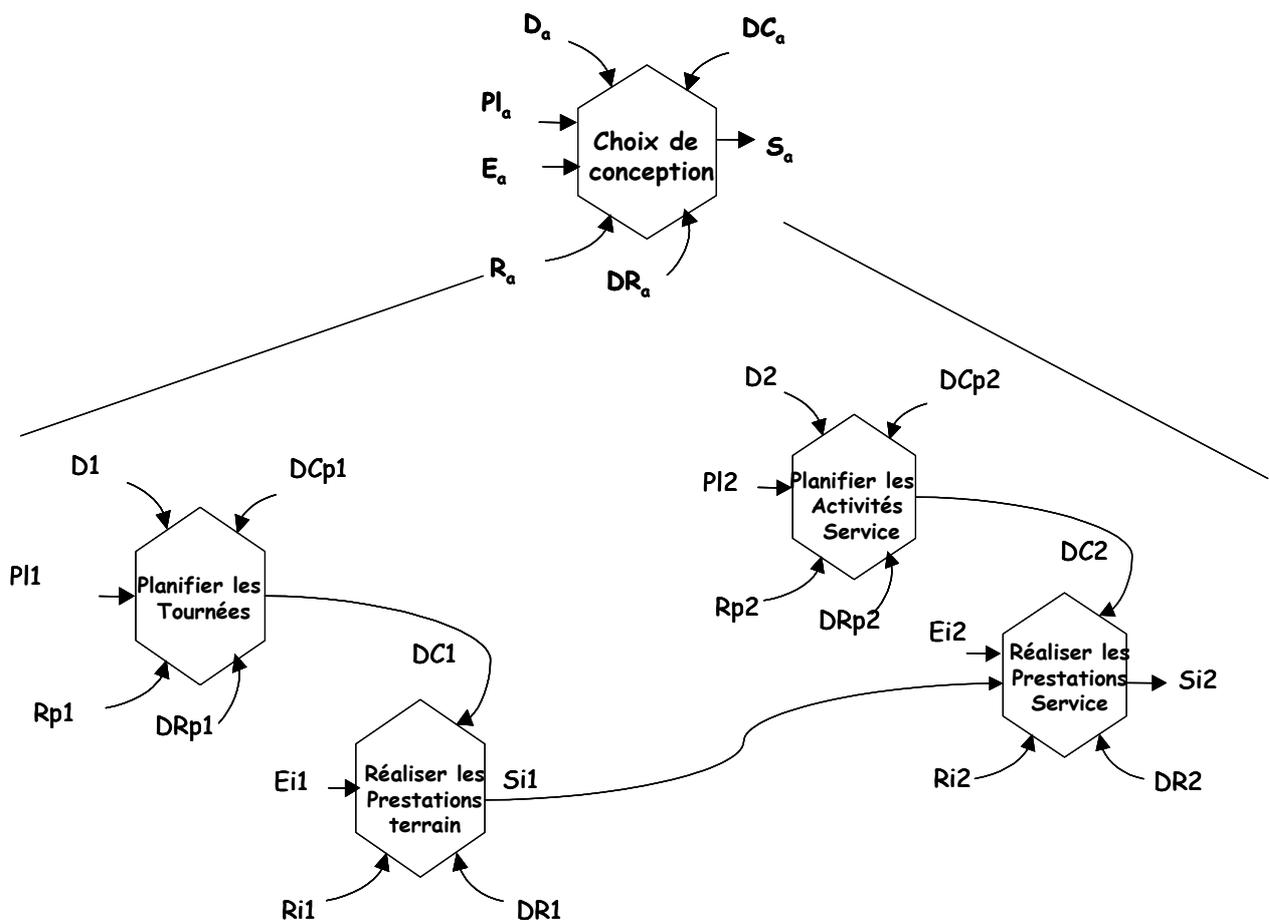


Figure 5.14 : Processus générique du choix de conception

Le choix de conception consiste en la mise en place de deux processus de conduite : « Planifier les tournées » et « Planifier les activités de service », en vue du pilotage de deux processus distincts : « Réaliser les Prestations terrain » et « Réaliser les prestations administratives ».

L'impact des choix de conception sur le système de production de l'entreprise est évalué par le biais de l'analyse des modèles. Par exemple, concernant le projet organisationnel, on peut évaluer le temps de planification sur la grille décisionnelle cible. On obtient, pour la grille présentée précédemment (Tableau 5.2):

Choix/projet	Solution	Moyens humains	Temps nécessaire
<b>Structure de pilotage détaillée (générique)</b>	Planification mensuelle	Responsable fonction	1j par mois
	Plan de charge	Responsable fonction	2h tous les 15 jours
	Sous-tournées	Resp. antenne	2h par semaine
	Planning activités	Resp. exploit. (ou assimilé)	

Tableau 5.2 : Temps de planification induits

Cette analyse a été réalisée pour l'ensemble des projets organisationnels. Le temps de planification induit a été alors estimé à 8,5 semaines par mois sur l'ensemble des sites considérés, ce qui représente un gain potentiel de près de 50%.

De la même manière, les processus cible, élaborés dans le but de limiter un certain nombre de dysfonctionnements ou retards, on permis d'estimer des gains de l'ordre de 40% du montants des avoirs liés aux non-conformités.

Les recommandations, en termes de mise en œuvre, portent sur la flexibilité décisionnelle affectée aux différents processus de conduite et plus particulièrement aux deux processus de conduite « Planifier les tournées » et « Planifier les activités de service ». Afin d'optimiser les résultats estimés précédemment, cette flexibilité décisionnelle a été évaluée en tenant compte des variables de décision et contraintes prévues dans les cadres de décision. Les principales contraintes étant liées à la polyvalence des ressources de réalisation.

Indépendamment des principes dynamiques de mise en œuvre, c'est à dire dans le cas où le régime nominal est atteint, la matrice des variations induites, VI, par les choix de conception est :

$$VI = \begin{bmatrix} -0,40 & 0 \\ 0 & -0,53 \end{bmatrix} \times [C \quad D]$$

Dès lors, la comparaison finale renvoie une bonne cohérence intra-niveau de gestion :

- ✓ Les performances induites, en termes de coûts et de délais, sont supérieures aux performances attendues, présentées dans la matrice de performance de conception  $M_{\text{Etape}}$  :

$$\Delta E = \begin{bmatrix} -0,40 & -0,15 \\ -0,53 & -0,25 \end{bmatrix} \times [C \quad D] = \begin{bmatrix} 0,25 \\ 0,28 \end{bmatrix} \times [C \quad D]$$

Il faut toutefois modérer ces résultats. Dès lors que l'on met en œuvre les choix de conception, il est nécessaire de considérer les aspects dynamiques liés à cette mise en œuvre. Dans ce cas, il faut approfondir la modélisation, jusqu'à écrire les équations d'évolution des profils de performance. Typiquement, l'implantation de processus cible nécessite de décrire les missions et responsabilités, d'affecter les ressources et les acteurs, éventuellement de les former... l'atteinte des performances décrites ci dessus peut alors être notablement retardée.

#### V.4.6. Conclusions sur l'analyse de cohérence intra niveau de gestion

Nous avons, au cours de ce paragraphe, complété la démarche formalisée pour l'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception et les moyens mis en œuvre pour les réaliser : ceci répond à la problématique de l'analyse de la cohérence intra niveau de gestion formulée au cours du chapitre I. Les propositions sont accompagnées d'exemples concrets de mise en œuvre.

Une partie du travail étant réalisée par le biais de l'identification des matrices de performance de conception, la difficulté majeure à résoudre reste donc l'évaluation des niveaux de performance futurs du système. Pour ce faire, les modèles des réseaux de processus contribuent à une meilleure connaissance du système dans la mesure où ils permettent une évaluation par niveaux de détails successifs [Kromm, 2001].

Le dernier problème soulevé par ces propositions concerne la contribution des performances locales à l'atteinte des performances globales. Nous avons mis en évidence la nécessité d'effectuer la démarche d'analyse de la cohérence sur l'ensemble des niveaux de gestion, car les résultats obtenus sur un niveau ne renseignent que partiellement sur les résultats probables du niveau supérieur. Cette démarche est donc complémentaire à celle de l'analyse inter-niveaux.

Finalement, nous proposons de stabiliser la démarche générale par le biais de la construction d'une maison de la décision en conception (figure 5.11). Celle-ci, reprenant les mêmes principes que celle de la Maison de la Qualité ainsi que celle de la Maison de la Décision proposées par Ducq (voir chapitre II), assure d'analyser globalement la cohérence entre les objectifs de conception d'un niveau de gestion et les variables de conception à même de les réaliser.

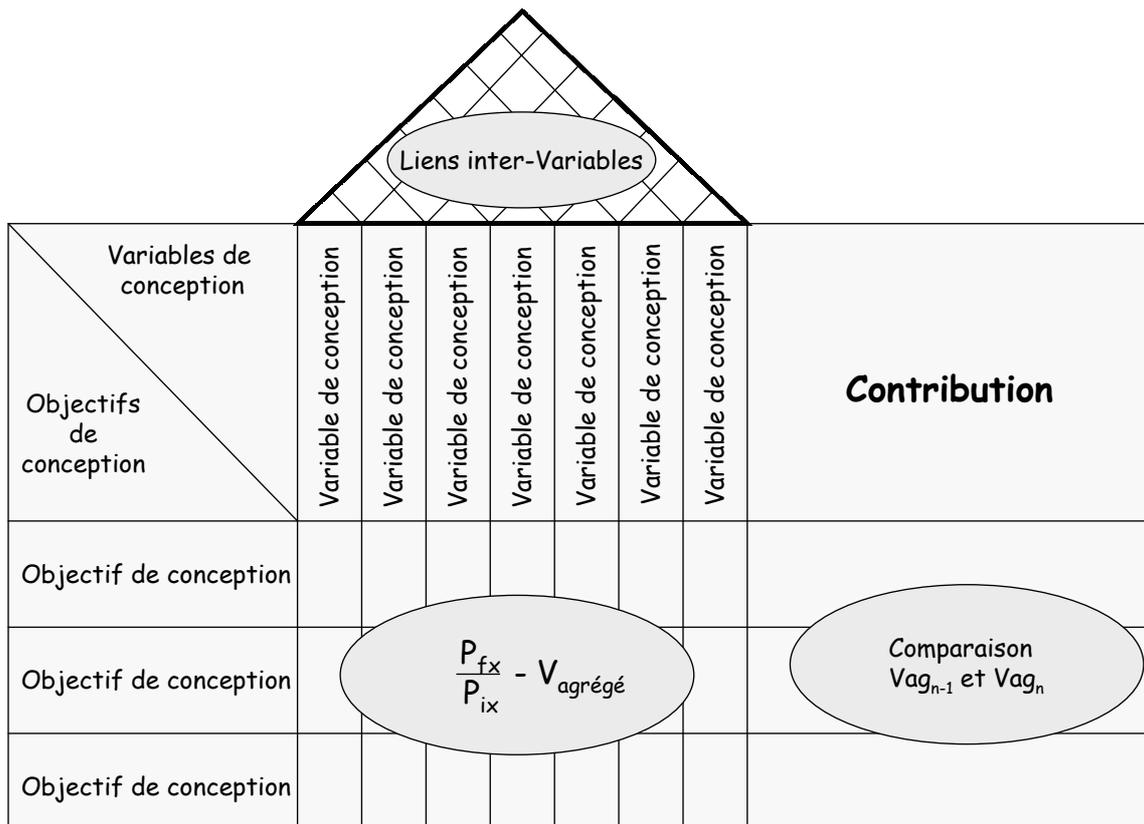


Figure 5.15 : Maison de la décision niveau de gestion n-1

Le toit de la maison permet l'identification des relations entre les différentes variables de conception, relations formalisées au travers de modèles.

La partie centrale permet l'analyse de la cohérence intra niveau de gestion, en intégrant le calcul du coefficient comparatif ad hoc : Variation Induite comparée à la Variation Induite agrégée du niveau de décomposition inférieur. La partie droite s'attache à analyser la cohérence dans la décomposition des objectifs entre le niveau de gestion supérieur et le présent niveau par le biais des vecteurs de performance de conception : on utilise alors le graphe de décomposition des objectifs de conception.

### V.5. Conclusions sur la démarche d'analyse de la cohérence

Dans l'ensemble de ce chapitre, nous avons pris soin de détailler la démarche complète d'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs de conception en vue de l'amélioration d'un système existant.

Cette démarche se déroule donc en quatre étapes majeures, elles-mêmes détaillées en sous-étapes. La première étape consiste en l'identification des niveaux de performances actuels du système exprimés dans la base de référence de l'entreprise. Cette base de référence se déduit de l'interprétation des objectifs stratégiques, objectifs qui permettent également de décliner l'ensemble des objectifs pour l'évolution du système.

Cet ensemble d'objectifs permet de construire le graphe de décomposition des objectifs à réaliser sur chaque niveau de gestion de l'évolution du système vers sa cible.

Sur la base de cette décomposition, nous appliquons les outils d'analyse développés en vue notamment d'analyser trois types de cohérence :

1. La cohérence dans la décomposition des objectifs (analyse descendante inter-niveaux de gestion),
2. La cohérence dans la contribution de chaque objectif (analyse ascendante inter-niveaux de gestion),
3. La cohérence entre les objectifs de conception à réaliser et les objectifs d'exploitation en cours du système de production (analyse locale intra-niveau de gestion).

Ces trois analyses se basent d'une part sur les démarches d'identification des performances associées au choix de conception que sont les processus ou les réseaux de processus. D'autre part, elle s'appuie sur la mise en œuvre de procédures d'agrégation des variations de performances induites.

L'ensemble de la démarche est synthétisé au travers de la maison de la décision pour la conception. Outre les résultats de l'analyse de la cohérence eux-mêmes, la Maison permet également de supporter les choix de conception en mettant en valeur les liens entre les différentes variables de conception. Bien entendu, la plupart des résultats proposés s'appuie sur l'analyse des experts, et de fait, il faut évaluer les erreurs potentielles.



## Conclusions et perspectives

Tout au long de ce mémoire, nous nous sommes attachés à répondre à la problématique de la cohérence entre les objectifs de conception assignés au système de production et les futurs objectifs qui lui seront assignés en exploitation.

L'état de l'art nous a permis de présenter les travaux réalisés dans le cadre de la stratégie industrielle, de l'évaluation des performances et de la gestion de l'évolution. Ces travaux ont servi de base pour l'élaboration de nos propositions.

Notamment, nous avons pu identifier des critères de performance stratégiques clés indispensables à la définition d'un référentiel pour l'expression des objectifs. D'autre part, l'état de l'art a également mis en évidence les premiers liens (de coordination et de synchronisation) entre les objectifs de conception du système de production et les objectifs d'exploitation qui lui sont assignés. Enfin, nous avons pu établir formellement le cadre dans lequel la démarche d'analyse de la cohérence sera par la suite implantée. En posant ces premières réflexions, nous avons ainsi confirmé la problématique posée, notamment dans le besoin de cohérence nécessaire au déploiement de la stratégie d'entreprise.

Dans notre troisième chapitre, nous avons développé le référentiel pour l'expression de la performance en conception. Basé sur des définitions précises, il assure de pouvoir exprimer les performances induites par les objectifs d'évolution pour tous les niveaux de gestion de l'évolution proposés dans GEM (GRAI Evolution Method).

Le quatrième chapitre a permis de proposer des outils conceptuels dédiés à la modélisation des choix de conception associés aux objectifs d'évolution, et donc aux objectifs de conception. Le but de cette démarche est de compléter les outils de modélisation existants par un modèle conceptuel assurant de modéliser n'importe quel choix de conception et d'en extraire les performances associées.

Enfin, le cinquième chapitre de ce mémoire répond à la problématique posée, à savoir le développement d'une démarche d'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception d'une part et les objectifs d'exploitation. Cette démarche se déroule en deux étapes. La première propose d'analyser la cohérence dans la décomposition des objectifs de conception du système de production, la deuxième étape propose d'analyser la cohérence entre les objectifs de conception et les choix de conception à mettre en œuvre pour les réaliser.

L'ensemble de la démarche proposée, quoique complète, ouvre sur plusieurs perspectives de développement.

Dans une volonté d'évolution stratégique, les managers envisagent d'enrichir le potentiel du système piloté. Dans cette optique, les principes de simulation ou d'évaluation des performances (notamment des processus de production) assurent de connaître a priori les performances du système lorsque celui-ci aura évolué.

Il faut cependant noter les limites de telles approches notamment lorsque qu'il s'agit de mettre en œuvre des choix de conception de type organisationnel. Les outils que nous avons proposés assurent d'effectuer une première évaluation. Toutefois, il peut être intéressant de compléter ces approches en développant des outils spécifiques qui assureraient de mesurer l'amélioration du potentiel du système lors de la mise en œuvre des choix de conception.

Le Moigne avait proposé la notion de variété. Malhéné reprend ce concept. Il s'avère que le calcul de la variété tel que proposé est complexe, et ne donne pas suffisamment d'information sur l'enrichissement du système. Nous pensons qu'il peut être judicieux de s'inspirer de ce concept et de le généraliser : dans cette optique, il peut être intéressant de développer le concept de Degré D'intégration pour mesurer par exemple l'intégration d'un réseau de processus à son réseau parent et d'associer cette première évaluation au calcul de la variété.

Le deuxième aspect de ces perspectives concerne le processus de conception du système de production lui-même. Lors de la mise en œuvre d'une stratégie d'évolution, la définition des choix de conception reste un travail collaboratif qui met en œuvre des équipes d'experts dont la connaissance du futur système s'affine au fur et à mesure de l'avancement des travaux. La notion de maturité des informations générées et utilisées revêt alors une importance toute particulière. Dans cet esprit, il est nécessaire de développer maintenant un cadre formel pour le pilotage du processus de conception : comment s'assurer à tout instant, qu'outre la capacité du choix de conception à répondre au besoin, le processus qui l'a généré a été le meilleur possible. Pour ce faire il faut s'inspirer des travaux réalisés dans le domaine de la conception collaborative et innovante et plus particulièrement [Girard, 2002].

Enfin, nous pensons que l'ensemble des propositions ne sera réellement validé que lors d'une application industrielle complète. Une partie des propositions précédentes à d'ores et déjà était mise en œuvre dans deux entreprises : une entreprise de service (voir exemple présentés) et une entreprise manufacturière. Dans les deux cas, la validation finale des projets de conception repose sur une analyse du retour sur investissement induit par chacun des projets. Il ressort alors que les outils assurant une évaluation fine du retour sur investissement doivent être affinés et intégrés dans la démarche globale de gestion de l'évolution.

## Bibliographie

- [AFGI, 1992] Association Française de Gestion Industrielle, « Evaluer pour évoluer, les indicateurs de performance au service du pilotage », 1992
- [Ahn, 2001] Ahn H., "Applying the Balanced Scorecard Concept: An Experience Report", Long Range Planning, Edition Pergamon, n° 34, 2001, pp 441-461
- [Alary-Grall, 1999] Alary-Grall L., Bourgeois P., Estival L. « L'externalisation », Cahiers Industries, N°48, Juin 1999, 11p
- [Akin, 1987] Akin G., « Varieties of Managerial Learning », Organizational Dynamic, 1987
- [Argyris, 1978] Argyris C. et Schön D.A., « Organizational Learning », Addison Wesley, Reading, Massachusetts, 1978
- [Barraux, 1997] Barraux A., Levet J.L., Afriat C., Fleury B., « Performance globale de l'entreprise : outils et évaluation » Economica, octobre 1997
- [Bel, 1985] Bel G., Dubois D., « Modélisation et simulation de systèmes automatisés de production », RAIRO APII, vol. 19, n°3, pages 43, 1985
- [Berrah, 1997] Berrah L., « Une approche d'évaluation de la performance industrielle: modèle d'indicateurs et techniques floues pour un pilotage réactif », Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, 1997
- [Berrah, 2000] Berrah L., Mauris G., Haurat A., Foulloy L., « Global vision and performance indicators for an industrial improvement approach », Computers in Industries, Elsevier, Juillet 2000, pp 211-225
- [Bescos, 1999] ECOSIP, « dialogues autour de la performance en entreprise: les enjeux », l'Harmattan, 1999, 288p
- [BCG, 2001] Boston Consulting Group: <http://www.bcg.fr/>
- [Bititci, 2001] Bititci U., Nuran A., « PROPHECY - Strategy Management Process: Case study », Proceedings of International Working Conference on

Strategic Manufacturing, IFIP WG5.7, Aalborg, Denmark, August 2001

- [Bourdichon, 1994] Bourdichon Patrick, « L'ingénierie simultanée et la gestion d'informations », collection Systèmes d'information, Hermes, 1994
- [Brénot, 1996] Brénot J., Tuvée L., « Le changement dans les organisations », Presses Universitaires de France, 1996,
- [Bultel, 1994] Bultel J., Perez F., « La réussite économique des projets », Dunod, Paris, 1994
- [Charbonneau, 1993] Charbonnaud P., « Aide au diagnostic curatif et multiraisonnement », Thèse de doctorat de l'Université Bordeaux 1, 1993
- [Chauvey, 1996] Chauvey J.N., « L'analyse d'activités, un outil d'information stratégique pour les services », Revue Française de Comptabilité, juin 1996
- [Crozier, 1977] Crozier M. et Friedberg E., « L'acteur et le système », Seuil, 1977
- [Cumenal, 1997] Cumenal D., Romon F., « Variables d'action et facteurs de contingence de l'innovation dans la perspective de la dynamique des systèmes - Le cas GTM ENTREPROSE », 2<sup>ème</sup> Congrès International Franco-Québécois de Génie Industriel, Albi, septembre 1997
- [Dapere, 1999] Dapere R., « Manager la performance de l'entreprise », Edité sur <http://www.idecq.asso.fr/theme/deming.htm>
- [Deming, 1991] Deming W. E., « Hors la crise », Economica, Paris, 1991, 352 p
- [De Mourgues, 1990] De Mourgues M., « La Monnaie - Système financier et théorie monétaire », Economica, Paris, 1990
- [Dossou, 2000] Dossou P., Chen D., Bertin R. and Doumeingts G., « Reasoning modelling for production systems design in a computer aided GRAI environment », in ASI 2000 annual conference, Bordeaux, France, September, 2000,

- [Doumeingts, 1984] Doumeingts G., « Méthode GRAI : Méthode de conception des systèmes en productique », Thèse de Doctorat d'Etat, Université Bordeaux I, 1984, 519 p
- [Doumeingts, 1990] Doumeingts G., « Méthodes pour concevoir et spécifier les systèmes de production », dans CIM90 productique et intégration, Bordeaux, juin 1990
- [Doumeingts, 1998] G. Doumeingts, Vallespir B., Klein hans S., Y. Ducq, « Performance Indicators and the GRAI Approach », Conference on performance measurement, theory and practice, Cambridge, UK, Neely and Waggoner ed., 15-17 Juillet 1998, pp 311-318
- [Doumeingts, 1999] G. Doumeingts, Y. Ducq and H. Kromm, « Enterprise modelling technique to improve efficiency of enterprise », in actes de International Enterprise Modelling Conference, IEMC, Verdat, Norvège, 14-16 juin 1999.
- [Doumeingts, 2000] G. Doumeingts, H. Kromm, Y. Ducq and S. Klein hans, « Reengineering and agile manufacturing » in *Agile Manufacturing: 21st century manufacturing strategy*, Gunaeskaran ed., 2000
- [Doumeingts, 2001] G. Doumeingts, Y. Ducq, H. Kromm, « Integrating Enterprise Modelling in the Industrial Strategy process », International Working Conference on Strategic Manufacturing - Aalborg, August 26th-29th 2001
- [Doz, 2000 ] Doz, « L'art de la stratégie », les Echos, 11 mai 2000
- [Ducq, 1999] Y. Ducq, « Contribution à une méthodologie d'analyse de la cohérence des systèmes de production dans le cadre du modèle GRAI », Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, 1999.
- [Ducq 2000] Y. Ducq, M.-H. Gentil and G. Doumeingts, « Use of GRAI Methodology for Quality System Design and Implementation in accordance with the new standard ISO 9000 : 2000 », in Proc. of Joint Advanced Summer Institute (ASI'2000), Bordeaux, France, pp. 230-245, 18-20 Septembre 2000
- [ECOSIP, 1999] ECOSIP, « Dialogue autour de la performance en entreprise : les enjeux », L'Harmattan, collection Economiques, 1999, 288p

- [Edvinsson, Malone, 1997] Edvinsson et Malone, « Intellectual Capital », HarperBusiness, New York, 1997
- [ENAPS, 1997] European Network for Advanced Performance Studies - Deliverable n°3 of WP3, 1997
- [Ermine, 1996] Ermine J. L. Et al, « MKSM, Méthode pour la gestion des connaissances », Ingénierie des systèmes d'information, Editions Hermès, 1996
- [Fénié, 1994] Fénié P., « GRAICO : méthode de modélisation et de conception des systèmes d'exploitation des systèmes de production », *Thèse de doctorat*, Université Bordeaux I, 1994
- [Ferrand, 1994] Ferrand D.J., Paquet G., " Apprentissage organisationnel et re-engineering ", *Logistique Magazine*, n°92, novembre 1994
- [Forrest, 1996] Forrest J., Gras G., « de l'analyse de l'activité de conception à une nouvelle approche de la qualité de la conception », *proceedings 5<sup>ème</sup> Congrès International de Génie Industriel ; Grenoble, France, Juillet 1996*
- [Forrester, 1961] Forrester J.W., "Industrial dynamics", Massachussets, The MIT Press, Cambridge, 1961
- [Gallois, 1989] Gallois P.M., Bourrier J., De Louvencourt A., Locherer C., « Typologie des entreprises industrielles », *Commission AFGI sur les indicateurs de performance*, 1989
- [Gallois, 1996] Gallois P. M. & club production et compétitivité, « De la pierre à la cathédrale », *Edition Londez*, 1996
- [Gallois, 2000] Gallois P. M., « Compétitivité et maîtrise du temps ou l'art du pilotage industriel » dans *Revue Française de Gestion Industrielle*, Vol 19, Septembre 2000, pp 5 -34
- [Garvin, 1993] Garvin D. « Construire une organisation intelligente » in *Harvard, l'Expansion*, Automne 1993, pp 53, 64
- [Gervais, 1995] Gervais M. « Stratégie de l'Entreprise » 4<sup>ème</sup> édition, *Economica*, 1995, 457p

- [Giard, 1988] Giard V., « Gestion de production », Edition Economica, Novembre, 1998
- [Girard, 1999] Girard P., "Etude de la conduite de la conception des produits manufacturés - Contribution à l'ingénierie des systèmes de conception," *Thèse de Doctorat*, Université Bordeaux I, 1999.
- [Girard, 2002] Girard P. et al, "performance evaluation of the innovative product design process " Actes IEEE SMC 02, Hammamet, Tunisie, Octobre 2002.
- [Grouard, 1993] Grouard B., Meston F., " L'entreprise en mouvement ", Dunod, Paris, 1993
- [Hayes, 1981] Hayes R. H., "Why Japanese factories work?", in Harvard Business review, July-August, 1981
- [Hayes, Wheelwright, 1984] Hayes R. H., Wheelwright S.C., "Restoring our competitive edge - Competing through manufacturing", John Wiley and Sons ed., New York, 1984
- [Helfer, 2000] Helfer Z.P., Kalika M., Orsoni J, "Management - stratégie et organisation" Vuibert, édition de *Gestion*, Octobre 2000
- [Hill 1985] Hill T., "Manufacturing strategy - the strategic management of the manufacturing function", Honk Hong, Mac Millan, 1985
- [Hill, 1992] Hill T., "Incorporating Manufacturing perspective in corporate strategy", in *Manufacturing strategy - process and content*, C.A., Voss edition, Chapman & hall, 1992, pp 3-11
- [Honoré, 2000] Honoré G., « Une industrie dynamique », Rapport CPCI 2000 N° 139, Etude Digitip-CPCI, GMV-Conseil, novembre 2000
- [Houdoy, 1999] Houdoy H., « Apprentissage Organisationnel », Edité sur <http://www.reseau.org/rad/> , 1998
- [Imai, 1989] Imai M., « Kaizen : la clé de la compétitivité japonaise », Eyrolles, Paris, 1989
- [IMPACS, 1992] IMPACS, d 2.3.2 « Functional specification of business planning decision categories », wp2, 1992

- [Kaplan, 1992] Kaplan R. et Norton D., « The Balanced Scorecard : Measures that drive performance », *Harvard Business Review*, 1992, pp. 71-79
- [Kaplan, 1998] Kaplan R. et Norton D., « Le Tableau de Bord Prospectif », Les Editions d'Organisation, Paris, 1998.
- [Kim, 1993] Kim D.H., " The Link between Individual and Organizational Learning ", MIT Sloan School of Management Sloan Management Review/Fall 1993
- [Kleinhans, 1999] Kleinhans, S., «Intégration de la modélisation d'entreprise dans une démarche de stratégie industrielle », thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, 1999
- [Kofman, 1992] Kofman F., « Lecture slides, MIT Sloan School of Management », Cambridge, Massachusetts, 1992
- [Kolb, 1986] Kolb D., Lublin S., Spath J. et Baker R., « Strategic Management Development : Experimental Learning and Managerial Competencies », *Journal of Management Development*, Vol. 1, N°5, 1986
- [Kosturiak, 1997] Kosturiak J., Gregor M., "simulation in Production System Life Cycle" in *Proceedings ASI'97*, Hongrie, Juillet 1997
- [Kotha et Orne, 1989] Kotha S., Orne D., « Generic Manufacturing strategies : a conceptual synthesis », in *Strategic Management Journal*, vol 10, 1989, pp 211-231
- [Kromm 2000-2] H. Kromm, Y. Ducq B. Vallespir, «Integration of design performances and operating performances for manufacturing systems», In *actes de 11th International working seminar on production economics*, Igls, Autriche, 21-25 février 2000.
- [Kromm 2000-1] H. Kromm, Y. Ducq and B. Vallespir, «Intégration des performances d'exploitation et de conception des systèmes de production», in *actes de CIFA2000*, Lille, France, 5-8 juillet 2000.
- [Kromm 2000-3] H. Kromm and B. Vallespir, «Evaluation de performance, une approche pro-active», in *actes de la conférence Supply chain management et nouvelles technologies*, Bordeaux, France, 26 octobre 2000.

- [Kromm, 2001] H. Kromm, J.-C. Deschamps and G. Doumeingts, «Modélisation de processus pour une évaluation par niveau de détails successifs», in Proc. of the 3ème Conférence Francophone de Modélisation et SIMulation (MOSIM'2001), Troyes, France, 25-27 avril 2001.
- [Lebas, 1995] Lebas M., « oui il faut définir la performance », Revue Française de comptabilité, n°269, Juillet-Aout 1995, pp 66-71
- [Le Moigne, 1977] Le Moigne J.L., « La théorie du système général. Théorie de la modélisation », Presses Universitaires de France, Paris 1977
- [Le Moigne, 1990] Le Moigne J. L., « la modélisation des systèmes complexes », Bordas, 1990
- [Lorino, 1995] Lorino P., « Le déploiement de la valeur par les processus », in Revue Française de Gestion, Juin-Juillet-Aout 1995, pages 55-71
- [Lorino, 1997] Lorino P., « Méthodes et pratiques de la performance », Les Editions d'Organisation, Paris, 1997.
- [Lorino, 1999] Lorino P., «Dialogue autour de la performance en entreprise: les enjeux », ECOSIP, collection Economiques, l'Harmattan, Paris,1997, 288 pages
- [Mc Beth, 1993] «UK Management Accounting Research Group», Annual Meeting, London School of Economics, Avril 1993
- [Malhéné, 2000] N. Malhéné, « Gestion du processus d'évolution des systèmes industriels : conduite et méthode », *Thèse de Doctorat*, Université Bordeaux I, 2000.
- [March, 1975] March J.G. et Olsen J.P., «The uncertainty of the past. Organisational learning under ambiguity », European Journal of Political Research, 3, 1975
- [Marcotte, 1995] F. Marcotte, « Contribution à la modélisation des systèmes de production : extension du modèle GRAI », thèse de doctorat, Université Bordeaux I - Octobre 1995
- [Martinet, 1993] Martinet A.C., « Stratégie », Vuibert gestion, Vuibert, 1993

- [Mélèse, 1972] Mélèse J., « L'analyse modulaire des systèmes de gestion », Editions hommes et techniques, 1972
- [Mercé, 1987] Mercé C., « Cohérence des décisions en planification hiérarchisée », Thèse d'état, Automatique, Université Paul Sabatier de Toulouse, Juillet 1987
- [Mesarovic, 1970] M. D. Mesarovic, D. Macko, T. Takahara, «Theory of hierarchical, multilevel systems », Academic Press, 1970
- [Mintzberg, 1984] Mintzberg H., « Structure et dynamiques des organisations », Les Editions d'Organisation, deuxième édition, 1984, 434p
- [Mintzberg, 1989] Mintzberg H., « Le management : voyage au centre des organisations », Les Editions d'Organisation, 1989
- [Nakahara, 2001] « Innovation management using intellectual capital», Int. J. Entrepreneurship and Innovation Management, Vol 1, N°1, pp 96-110
- [Noirot, 1998] Noirot S., " Contribution à une méthode d'acquisition des logiciels de gestion de production ", Thèse de l'Université Bordeaux 1, octobre 1998
- [Nonaka, 1988] Nonaka I., « Creating Organizational Order out of chaos: self renewal in japanese firms », California Management Review, printemps, 1988
- [Ohno, 1989] Ohno A., « L'Esprit Toyota », Paris, Edition Masson, 1989
- [Perrin, 1999] Perrin J. « Pilotage et évaluation des processus de conception », L'Harmattan, collection Economiques, 1999, 160p
- [Pomerol, 1993] Pomerol J.C., Barbara-Romero S., « Choix multicritères dans l'entreprise : pratique et principes », Editions Hermès, 1993
- [Porter, 1986] Porter M., « L'avantage Concurrentiel - Comment devancer ces concurrents et maintenir son avance », InterEdition, 1986, 643p
- [Pun, 1977] Pun, L., « Approche méthodologique de modélisation en vue de la maîtrise assistée de la production », Congrès de l'AFCEP, Edition Hommes et Techniques, Versailles, 1977, pp 466-478

- [Reix, 1990] Reix R., « L'impact organisationnel des nouvelles technologies de l'information », *Revue Française de Gestion*, Janvier-Février 1990
- [Richalet, 1993] Richalet J., « Pratique de la commande prédictive », Hermès, Paris, 1993
- [Senge, 1991] Senge P., « La cinquième discipline - L'art et la manière des entreprises qui apprennent », Editions First, 1991
- [Simon, 1960] Simon H.A., « The new science of management decision », Harper and Row publisher, New York, 1960
- [Simon, 1977] Simon, H.A., « Administrative Behaviour. A study of decision making process in manufacturing organisation », MacMillan Edition, New York, Troisième édition, 1977
- [Skinner, 1969] Skinner W., « Manufacturing - missing link in corporate strategy », in *Harvard Business review*, mai-juin , 1969
- [Skinner, 1985] Skinner W., « Manufacturing: the formidable competitive weapon », New York, 1985
- [Smeds, 1997] Smeds R., « Radical change through incremental innovations : generic principles and cultural differences in evolution management », *International Journal of Technology Management*, Vol.14, N°1, 1997
- [Stratégor, 1997] Ouvrage Collectif, « Politique générale de l'entreprise », 2<sup>ème</sup> édition, collection *Gestion Sup*, DUNOD, 1997, 576 pages
- [Suh, 1990] Suh, N.P. « The Principles of Design », Edition Oxford University Press, 1990
- [Tarondeau, 1998] Tarondeau J.C., « Stratégie Industrielle », 2<sup>ème</sup> édition, Paris, Vuibert, 1998
- [Vallespir, 1987] Vallespir, B., « Exploitation des systèmes de production discrets-continus : contribution à une méthode de conception », Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, Octobre 1987

- [Vallespir, 1998] Vallespir, B & al, « GRAI Grid Decisional Modelling », Handbook on Architecture of Information Systems, P. Bernus, K. Mertins and G. Schmidt Editors, Springer, 1998, pp 313-337
- [Vallespir, 2000] Vallespir B. et al, « Management of the evolution of enterprise », Actes MIM 2000, Patras, Grèce, Juillet 2000
- [Vernadat, 1993] Vernadat F., « CIMOSA: Enterprise modelling and enterprise integration using a process based approach » in Information Infrastructure Systems for Manufacturing (H. Yoshikawa and J. Goossenaerts) North Holland, Amsterdam, 1993, pp65-84
- [Vernadat, 1996] Vernadat, F., « Enterprise Modelling and Integration : principles and applications », Edition Chapman & Hall, 1996
- [Wheelwright, 1984] Wheelwright S. C. « Manufacturing Strategy: defining the missing link, in Strategic Management Journal, 5, 1, 1984, pp 77-91
- [Williams, 1992] Williams T.J., « The Purdue Enterprise Reference architecture », Instrument Society of America, Research Triangle Park, NC, 1992
- [Wu, 2001] Wu B., Ellis R. « Manufacturing strategy analysis and manufacturing information system design: Process and application » dans International Journal of Production and Economics, edition Elsevier, 2000, pp55-72
- [Zanettin, 1994] Zanettin M., « Contribution à une démarche de conception des système de production », Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, mars 1994
- [Zolghadri, 1998] Zolghadri M., « Contribution à la modélisation agrégée des systèmes de production discrète », Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, 1998

## Résumé Français

---

L'objectif du présent mémoire est d'apporter une contribution à l'analyse de la cohérence entre les objectifs de conception d'un système de production et les objectifs d'exploitation qui lui seront assignés ultérieurement. Pour ce faire, nous proposons, dans un premier temps, un modèle de référence pour l'expression de la performance associée aux choix de conception. Dans un deuxième temps, en utilisant le concept de Processus Générique, nous construisons un modèle GRAI qui permet de traduire les performances de conception en performances opérationnelles. L'un des critères choisis est la flexibilité décisionnelle. Enfin, à partir des concepts présentés, nous élaborons une démarche d'analyse de la cohérence entre objectifs de conception et objectifs d'exploitation, démarche qui s'inscrit plus largement dans GRAI Evolution Methodology, méthode dédiée à la gestion de l'évolution du système de production.

### Mots clés

---

GRAI, Objectifs de conception, Performance, Objectif d'exploitation, Critère, Système de production, Modèle de référence, Analyse de cohérence, Gestion de l'évolution

### Titre en anglais

---

Contribution to a coherence analysis method between design objectives and operating objectives of a manufacturing system

---

### Résumé en anglais

---

The finality of the thesis is to bring a contribution to the coherence analysis between the design objectives of a manufacturing system and the operating objectives which will be assigned to this system. For that, it is proposed first to define a common referential in order to express the performance induced by the design objectives. Secondly, based on the concept of generic process, a particular GRAI model is defined in order to translate the design performances in operating ones. One of the chosen criteria is the decisional flexibility. Finally, starting from the previous concepts, an approach is proposed to analyse the coherence between design objectives and operating objectives. This approach is developed in the global framework of GRAI Evolution Method which is focused on the evolution management of the manufacturing system.

### Keywords

---

GRAI, Design Objectives, Performance, Operating objectives, Criteria, manufacturing system, reference model, Coherence analysis, Evolution Management