

Modélisation et simulation de chaînes de valeurs en entreprise – Une approche dynamique des systèmes et aide à la décision : SimulValor

Mourad Elhamdi

▶ **To cite this version:**

Mourad Elhamdi. Modélisation et simulation de chaînes de valeurs en entreprise – Une approche dynamique des systèmes et aide à la décision : SimulValor. Sciences de l'ingénieur [physics]. Ecole Centrale Paris, 2005. Français. NNT : . tel-00011950

HAL Id: tel-00011950

https://theses.hal.science/tel-00011950

Submitted on 14 Mar 2006

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

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



ÉCOLE CENTRALE PARIS

THÈSE DE DOCTORAT

spécialité

Génie industriel

présentée par

Mourad ELHAMDI

pour l'obtention du

GRADE DE DOCTEUR

intitulée

Modélisation et simulation de chaînes de valeurs en entreprise – Une approche dynamique des systèmes et aide à la décision : SimulValor

soutenue le 07/07/2005 à L' Ecole Centrale Paris

devant un jury composé de :

Fadel Georges	Examinateur	Professeur
Mévellec Pierre	Examinateur	Professeur
Christofol Hervé	Examinateur	MdC
LeFèvre Jacques	Examinateur	Professeur
Marx Damien	Examinateur	Consultant
Bernard Alain	Rapporteur	Professeur
Brissaud Daniel	Rapporteur	Professeur
Yannou Bernard	Directeur de thèse	MdC, HDR

بسم‌الله الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله وعلى آله وصحبه

A ma chère famille.

Remerciements

Je désire exprimer ma reconnaissance à Bernard Yannou et à Damien Marx pour leur confiance et leur aide.

Mes remerciements vont aussi à Cesame3 et au laboratoire de Génie Industriel (à J.C Bocquet) qui ont soutenu financièrement ce travail.

Table des matières

Introduction 1
Choix stratégique en entreprise 7
1.1. Stratégies génériques 7
1.2. Méthodes d'évaluation stratégique 9
1.3. Complexité de l'évaluation stratégique 13
1.3.1. La dynamique causale et temporelle 13
1.3.2. L'aspect multicritère 16
1.4. Conclusion 17
Evaluation des performances en entreprise 19
2.1. Introduction 19
2.2. Les indicateurs de performance 19
2.2.1. Performances globales de l'entreprise 19
2.2.2. Performances des activités 21
2.3. Les performances financières et non financières 23
2.4. Conclusion 24
La dynamique des systèmes et l'aide à la décision en entreprise 25
3.1. Introduction 25
3.2. Utilisation de la dynamique des systèmes pour l'aide à la décision en entreprise 25
3.3. Le balanced scorecard dynamique 28
3.4. La dynamique des systèmes : Etat de l'art logiciel 32
3.4.1. Introduction 32
3.4.2. Approche de cet état de l'art 33
3.4.3. Résultats de l'état de l'art 33
3.5. Conclusion 43
SimulValor : de la "chaîne de valeur" au "réseau de valeur" 47
4.1. Introduction 47
4.2. Le modèle de la chaîne de valeur 47
4.3. Limites du modèle de la chaîne de valeur 49
4.4. Notre modèle du "réseau de valeur" 50
4.5. Conclusion 56
Langage de modélisation SimulValor 57

5.1. Introduction 57
5.2. Structure du langage de modélisation 58
5.2.1. Vue physique 58
5.2.2. Vue informationnelle 62
5.2.3. Importance des poids et des délais 66
5.2.4. Exemple de modélisation 68
5.3. Apports spécifiques de SimulValor 72
5.4. Comparaison de SimulValor à d'autres approches de modélisation 74
5.4.1. Comparaison avec la modélisation IDEF0 74
5.4.2. Comparaison avec la modélisation GRAI 75
5.5. Conclusion 78
Fonctionnalités de modélisation 79
6.1. Introduction 79
6.2. Bibliothèque d'éléments 80
6.3. Modélisation hiérarchique 84
6.4 Conclusion 88
SimulValor : Méthode d'implémentation 89
7.1. Introduction 89
7.2.Construction du modèle 89
7.2.1.Définition du contexte de l'étude 89
7.2.2. Identification des éléments du modèle 90
7.2.3 Identification des influences inter-éléments du modèle 93
7.2.4. Caractérisation des influences du modèle 95
7.2.5. Construction du modèle SimulValor 102
7.3. Simulation du modèle 106
7.3.1 Définition des scénarios 106
7.3.2 Evaluation des scénarios 107
7.4. Commentaire de la méthode 110
7.5. Processus de mise en œuvre 112
7.5. Conclusion 114
Conclusion 117
Annexe 1 La dynamique des systèmes 119
Annexe 2 Kinetic Process Graphs 123
Annexe 3 Théorie de l'utilité 127

Annexe 4 Analytic Hierarchy Process _____ *131*
Références _____ *133*

Introduction

Le décideur en entreprise, lors de la prise d'une décision, se trouve généralement en face de la situation suivante : il dispose d'un ensemble d'**alternatives** qui sont des combinaisons de variables d'action ; et il lui est demandé d'atteindre un certain nombre d'objectifs qui sont caractérisés par un nombre plus ou moins élevé d'indicateurs de performance. Ces objectifs couvrent l'ensemble des relations de l'entreprise avec les différentes parties bénéficiaires des résultats de ses activités et avec lesquelles elle interagit. L'objet des indicateurs de performance est de mesurer la réussite de l'entreprise à répondre aux attentes et besoins de ces parties : clients, actionnaires, personnel, collectivité… et à ses propres attentes pour survivre et se développer.

Pour évaluer ces alternatives, les classer et en choisir la plus pertinente, le décideur a besoin d'évaluer chacune des alternatives selon chacun des **critères** de choix retenus et qui représentent les objectifs à atteindre, et d'évaluer globalement chacune de ces alternatives selon l'ensemble des critères.

C'est dans ce cadre que se situe le présent travail de recherche qui propose une approche d'aide à la décision managériale de haut niveau où les actions sont des projets potentiels de développement des activités de l'entreprise et où les critères globaux d'évaluation sont les valeurs générées. Cette approche est désignée par SimulValor.

Le management par la valeur [EN 12973] est un style de management développé à partir des approches fonctionnelles des méthodes traitant le concept de valeur. L.D. Miles a élaboré il y a plus de cinquante ans la première de ces méthodes et qui est l'analyse de la valeur, méthode utilisée pour améliorer la valeur de produits existants. Durant les vingt dernières années, cette méthode était largement utilisée par les entreprises comme une approche d'amélioration continue.

Le management par la valeur est une approche adoptée par les entreprises comme un moyen d'amélioration de la performance (meilleure productivité, réduction des coûts, meilleure satisfaction du client…).

Les entreprises disposent déjà d'autres méthodes et outils d'amélioration de la performance. Ces méthodes ont la caractéristique d'être spécifiques à un aspect particulier de l'activité de l'entreprise alors que l'approche du management par la valeur est non spécifique à un moment donné ou un métier précis. Le management par la valeur est une approche qui a des interconnexions avec ces méthodes et qui a les avantages suivants :

- Elle met au point une approche systémique de l'organisation. En effet, le management par la valeur a prouvé ses avantages dans le développement global de l'entreprise : ressources humaines, image de marque, portefeuille de produits, projets, connaissances…
- Elle prend en compte l'ensemble des parties bénéficiaires (*a priori*) de l'activité de l'entreprise et que celle-ci est appelée à satisfaire.
- Elle vise un développement durable de l'organisation en insistant sur le caractère d'innovation (organisationnelle, technologique…) qu'elle ajoute aux différentes méthodes.
- Elle offre un cadre de travail unifié et un langage commun pour les managers en vue d'une meilleure coopération en interne et en externe. Ainsi, elle permet de traiter les chaînes de valeur étendues allant des matières premières jusqu'au produit final en améliorant les liens avec les fournisseurs et les différents partenaires.

Les avantages et les inconvénients des différentes approches d'amélioration de la performance sont listés dans la figure 1 suivante. Le management par la valeur a des interconnections avec ces approches. Par exemple, l'analyse de la valeur est la méthode la mieux connue et répandue pour l'application du management par la valeur.

Technique	Description	Avantages	Inconvénients
6 Sigma	Méthode statistique visant la réduction des coûts, l'amélioration de la qualité et la participation des employés.	Très bonne pour les productions en grandes séries.	Usage limité dans les PME et dans les productions non répétitives.
ABC – ABM[1]	Méthode basée sur l'analyse des coûts des processus.	Complémentaire à la comptabilité et bonne pour la compréhension des processus.	Application lourde dans les PME.
Benchmarking	Analyse et application des meilleures pratiques des autres entreprises.	Utile pour avoir de nouvelles idées.	Pas d'outil permettant son application systématique.
BPR[2]	Analyse et construction des processus.	Utile pour une restructuration totale de l'entreprise.	Souvent utilisée pour réduire la taille d'une entreprise et non pour améliorer sa valeur. Son succès dépend des compétences des consultants.
DTC[3] et coût de cycle de vie	Méthode d'analyse de la valeur prenant le coût ou tout autre objectif en considération.	Nécessaire surtout dans un contexte concurrentiel.	La méthode n'est pas généralisée.
Kaisen et Hoshin	Méthodes pour le management du progrès continu.	Motivation collective de tout le personnel.	Utile seulement pour les petits progrès.
Quality Function Deployment	Méthode de traduction des besoins des clients en des spécifications sur les produits et les procédés.	Applicable partiellement.	Très lourde application en PME.
Analyse des risques	Méthode de prévention des risques dans le produit, la production et les procédés.	Complémentaire à l'analyse de la valeur.	Pas de méthode formelle.
Total Quality Management	Collection de méthodes et de techniques pour améliorer la qualité des produits, de l'organisation et du management.	Introduction du progrès continu à travers toute l'organisation.	Innovation non assurée. Lourde dans les PME.

[1] ABC-ABM : Activity Based Costing – Activity Based Management.
[2] BPR : Business Process Reengineering.
[3] DTC : Design To Cost.

Technique	Description	Avantages	Inconvénients
Analyse de la valeur	Méthode structurée d'innovation et d'optimisation des produits, des procédés et de l'organisation.	Méthode universelle applicable à toute problématique de conception et à tout type de projet.	Généralement, utilisation limitée à la conception de produits/services. Parfois lourde pour les PME.
Management par la valeur	Méthodes nouvelles dédiées à la motivation du personnel, au développement des compétences, à la promotion des synergies et l'innovation avec un objectif de maximisation de la performance globale de l'entreprise.	Approche systémique, tient compte de toutes les parties bénéficiaires et de l'environnement de l'entreprise.	Nécessité d'outils pour étendre son application.

Figure 1 Méthodes d'amélioration de la performance [IST 2002]

La méthodologie « valeur » étant d'autre part une approche de management, elle intègre et bénéficie des avantages des différentes autres approches : analyse des besoins des clients, travail de groupe et vision systémique.

D'autre part, des méthodes telles que 6 Sigma, ABC/ABM, Benchmarking, QFD et TQM sont des méthodes adaptées aux différentes phases d'application de l'approche de management par la valeur. L'inconvénient majeur de celle-ci étant le manque d'outils permettant de faciliter et d'étendre son application, le présent travail vient justement proposer un outil d'opérationnalisation de cette approche dans le cadre d'évaluation d'alternatives de décision.

Le **premier** chapitre de ce rapport commence par une présentation des méthodes existantes utilisées pour l'aide au choix stratégique en entreprise. Il met en exergue les besoins que devrait satisfaire une méthode efficace et pertinente pour apporter une aide à ce choix.

Ensuite, ayant adopté une approche de la valeur comme étant une satisfaction d'un besoin ou d'une attente d'une partie bénéficiaire exprimée par l'appréciation des performances réalisées par l'entreprise, nous décrivons,

dans le **second** chapitre, quelques aspects liés aux indicateurs couramment utilisés pour évaluer les performances d'une entreprise.

Une approche d'évaluation valorique d'alternatives stratégiques, telle que nous la concevons, nécessite la prise en compte des interactions causales diverses qui interviennent entre la prise de décision et la concrétisation de l'impact de la décision en termes de performances et valeurs. L'analyse de ces interactions, généralement complexes, nécessite une approche qui peut traiter la dynamique temporelle et causale de ces phénomènes. C'est pourquoi nous avons choisi la *dynamique des systèmes* comme approche de base pour la modélisation-simulation des réseaux de valeurs. Le **troisième** chapitre expose les avantages de la dynamique des systèmes comme approche de modélisation – simulation et ses apports dans un contexte d'aide à la décision en entreprise.

Les fondements de l'approche d'analyse de la génération de la valeur proposée par ce travail sont décrits dans le **chapitre 4**. Cette approche donne beaucoup d'importance aux activités dans les processus de génération de valeur. Elle part de la notion de chaîne de valeur, dépasse ses limites et l'étend à la notion suggérée de réseau de valeurs.

Le langage générique de modélisation proposé par ce travail, et qui constitue une couche valorique superposée au langage de base qui est celui de la dynamique des systèmes, tient compte des particularités de la notion de valeur, notamment la multitude de ses formes (valeur financière, image, compétences, capitalisation des connaissances, technologies, innovation,…) et les différentes manières de la voir et la définir par les différentes parties bénéficiaires impliquées, de près ou de loin, dans l'activité de l'entreprise (personnels, actionnaires, clients, fournisseurs, partenaires, société,…). Ce langage est présenté dans les chapitres 5 et 6. Le **chapitre 5** décrit les éléments et les principes du langage. Le **sixième** chapitre présente des fonctionnalités de modélisation associées au langage.

Le développement de ce langage a pour objectif de servir de base pour faire des simulations afin d'étudier la dynamique des valeurs et des interactions causales qui les influencent le long des chaînes de valeurs.

L'approche visée est un outil d'aide à la décision basé sur une approche valeur de l'activité de l'entreprise. D'abord, elle est utilisée par les managers pour simuler et comparer différents scénarios de développement stratégique à la base des performances valeur qu'ils génèrent. Ces scénarios diffèreront par les choix des attributs et des caractéristiques des composantes valeur et par le cheminement des flux constituant les chaînes de valeur étudiées. Un modèle d'agrégation des préférences sur les valeurs permettant de déterminer les scénarios aux meilleures performances globales est d'une grande utilité pour les managers. Le **septième** chapitre développe les phases d'application de la méthode de modélisation-simulation proposée. Il présente aussi les étapes de mise en œuvre de la méthode dans le contexte d'une intervention de conseil et d'aide à la prise de décision en entreprise. Une **conclusion** résume les aspects innovants de ce travail et dégage des perspectives de recherche.

Choix stratégique en entreprise

1.1. Stratégies génériques

La revue des approches existantes en management stratégique, qui essayent de répondre à la question suivante : « Comment une entreprise acquiert-elle et maintient-elle un avantage concurrentiel ? », montre qu'elles peuvent être classées en deux grandes familles :

- La première famille regroupe les approches qui partagent le point de vue selon lequel une entreprise arrive à générer des profits par un positionnement privilégié sur le **marché** de ses produits. Tel est le cas du paradigme qui a dominé pendant les années 80 et qui était celui des "forces concurrentielles". L'essence de la stratégie peut être résumée comme ceci : "ajuster l'entreprise à son **environnement**" [Teece et al. 1997].

  Selon ce type d'approches, une entreprise ne peut posséder que deux grands types d'avantage concurrentiel : des coûts peu élevés ou une différenciation. L'avantage obtenu provient de la capacité de l'entreprise à maîtriser les cinq forces de la concurrence mieux que ses concurrentes. Ces cinq forces sont : l'entrée de nouveaux concurrents, la menace de produits de remplacement, le pouvoir de négociation des clients, le pouvoir de négociation des fournisseurs et la rivalité entre les concurrents existants.

  "Si on combine les deux grands types d'avantage concurrentiel au champ d'activités sur lequel une entreprise s'appuie pour les obtenir, on obtient trois stratégies de base pour atteindre des résultats supérieurs à la moyenne du secteur : la domination par les **coûts**, la **différenciation** et la **concentration** de l'activité" [Porter 1986].

- La deuxième famille met l'accent sur l'efficacité de l'utilisation des atouts internes à l'entreprise comme source d'avantage concurrentiel.

Ainsi, l'approche par les **ressources** (*resource-based*) considère l'entreprise comme un ensemble d'actifs matériels et immatériels et que les produits et services générés par l'entreprise n'en sont que la matérialisation en un moment donné. L'objectif de l'approche est double : catégoriser d'une part les différentes formes de ressources ; articuler d'autre part la détention des ressources et la formation d'un avantage concurrentiel [Métais 2002]. Le même esprit est celui de l'approche par les **compétences**. Une troisième approche, l'approche des **"capacités dynamiques"** (*dynamic capabilities*) propose d'identifier les capacités spécifiques de l'entreprise (aptitude d'utilisation des ressources et des compétences pour accomplir une tâche ou une activité), qui représentent les sources potentielles d'avantage concurrentiel, et de trouver les moyens de les développer, de les déployer et de les protéger. L'attribut 'dynamiques' insiste sur l'exploitation de ces capacités pour faire face aux contraintes et exigences changeantes de l'environnement. Ce terme souligne les changements rapides au niveau des technologies et de la concurrence d'une part et les effets de rétroaction (feedback) sur l'entreprise d'autre part [Teece et al. 1997].

L'hypothèse de base de ces approches est que ce sont les facteurs **internes** à l'entreprise, plutôt que ceux **externes** (structure de l'industrie), qui sont déterminants pour bâtir une stratégie concurrentielle [Hafeez et al. 2002].

Si l'analyse concurrentielle classique étudie l'industrie pour y positionner l'entreprise et lui permettre d'avoir un avantage concurrentiel selon le choix effectué, l'approche par les ressources s'intéresse à la génération d'un avantage concurrentiel défendable dans le cadre d'une démarche proactive [Arrègle 1996]. Cette approche se concentre sur les bénéfices provenant de la disposition de ressources rares et spécifiques plutôt que sur les profits résultant d'un positionnement sur le marché. Vu l'importance du management de ces ressources rares, des domaines tels que le management des

connaissances et des compétences et l'apprentissage organisationnel acquièrent une dimension stratégique [Teece et al. 1997].

S'il est vrai que les deux familles d'approches sont différentes, il n'en est pas moins vrai qu'elles ne sont pas totalement opposées. En effet, entre ces deux modèles, il est intéressant pour une entreprise d'adopter un positionnement intermédiaire qui les concilie et qui considère le management stratégique comme étant l'organisateur, sur la durée, des nécessaires congruences entre les exigences de l'environnement et les capacités de l'entreprise [Martinet et Reynaud 2001].

Dès lors, la prise de décisions stratégiques nécessite la prise en compte d'éléments internes à l'entreprise (ressources), d'éléments externes (environnement) et des interactions qui existent entre ces différents éléments.

Une décision stratégique peut être définie comme étant une décision qui a une importance considérable en termes de l'amplitude des ressources concernées ou de l'impact attendu [Nutt 1998 a]. Ces décisions portent sur la technologie utilisée, la gestion des opérations internes et des stocks, les produits, les services, les politiques de management du personnel, l'organisation…

Les approches de management décrites *supra* concernent les orientations globales ou génériques d'une entreprise. La prise de décisions stratégiques impliquant un panel d'alternatives d'action managériales de haut niveau se fait en se référant à la stratégie générique de l'entreprise. Ces alternatives d'action sont évaluées par rapport aux objectifs stratégiques de l'entreprise.

1.2. Méthodes d'évaluation stratégique

Plusieurs études descriptives des pratiques de prise de décision en entreprise [Mintzberg et al. 1976, Nutt 1984, Nutt 1998 b] ont distingué trois types d'approches d'évaluation des alternatives stratégiques :

- Approches de **jugement** : Le décideur utilise son intuition et son expérience pour choisir une alternative. Dans d'autres cas, des évaluations subjectives sont faites en se basant sur les performances du passé ou sur les avis d'experts.

- Approches de **négociation** : Les parties prenantes ou *stakeholders*[4] concernées par la décision à prendre sont appelés à travailler ensemble pour atteindre un consensus sur le choix à faire.

- Approches d'**analyse** : A partir des informations disponibles (fichiers et bases de données de l'entreprise, documents des fournisseurs et des vendeurs, résultats de simulations…), ces approches produisent une analyse des performances attendues des différentes alternatives qui sert de base pour faire le choix.

De son côté, la littérature prescriptive, recommande l'application des approches d'**analyse** pour évaluer les alternatives. Ces approches d'analyse vont de la purement qualitative à la purement quantitative [Nutt 1998 a].

Les méthodes d'analyse purement quantitatives, et surtout celles focalisées sur la dimension financière, ont été largement critiquées car elles évaluent les alternatives en termes de retour financier et non pas en terme de réalisation des objectifs stratégiques de l'entreprise. Elles focalisent sur la valeur à court terme et donnent peu d'intérêt aux effets à long terme [Hasting 1996].

En fait, un équilibre entre les aspects qualitatif et le quantitatif aide à avoir une analyse plus efficace. Ces aspects concernent :

- les **composantes** de l'entreprise et de son environnement qui entrent en jeu dans l'analyse et leurs **caractéristiques** considérées dans l'évaluation. En effet, en plus des dimensions à caractère quantitatif (financières par exemple) le niveau stratégique de la décision nécessite la prise en compte

[4] Nous adopterons par la suite ce terme anglais pour traduire « parties prenantes d'une décision » ou encore « parties bénéficiaires d'un résultat ».

d'éléments ou de variables qui sont a priori à caractère qualitatif comme les compétences des employés ou l'image de l'entreprise.

- les **modèles** et les représentations développées et servant comme support de l'évaluation. En effet, l'aspect quantitatif d'une évaluation stratégique présente l'avantage d'ajouter beaucoup d'efficacité à la cartographie qualitative en permettant une analyse plus rigoureuse et approfondie. De plus, l'analyse quantitative présente l'intérêt de pouvoir développer des modèles qui articulent les alternatives stratégiques aux aspects opérationnels et aux ressources qu'elles affectent ou modifient [Stevenson et Wolstenholme 1999].

Dans le cadre d'un choix stratégique, l'évaluation des alternatives se fait formellement en six **étapes** [Eisenhart et Zbaracki 1992, Vining et Meredith 2000]. Ces étapes consistent à :

(1) générer un ensemble d'alternatives stratégiques mutuellement exclusives ;

(2) sélectionner un objectif ou un ensemble d'objectifs selon lesquels les alternatives sont à évaluer ;

(3) estimer les impacts des alternatives sur les objectifs retenus ;

(4) évaluer ces impacts au terme d'un ensemble de critères qui représentent les objectifs ;

(5) évaluer chacune des alternatives selon l'ensemble de tous les objectifs ;

(6) Faire l'évaluation selon différents scénarios de variation de paramètres incertains (comme la demande ou la concurrence).

Deux caractéristiques principales qui différencient les méthodes d'évaluation sont : (1) les **objectifs** stratégiques considérés lors de l'évaluation des alternatives et (2) les **dimensions** (échelles de quantification des critères associés aux objectifs) d'évaluation utilisées.

Ces deux caractéristiques nous permettent de distinguer quatre classes de méthodes d'évaluation qui sont présentées dans la figure 1.

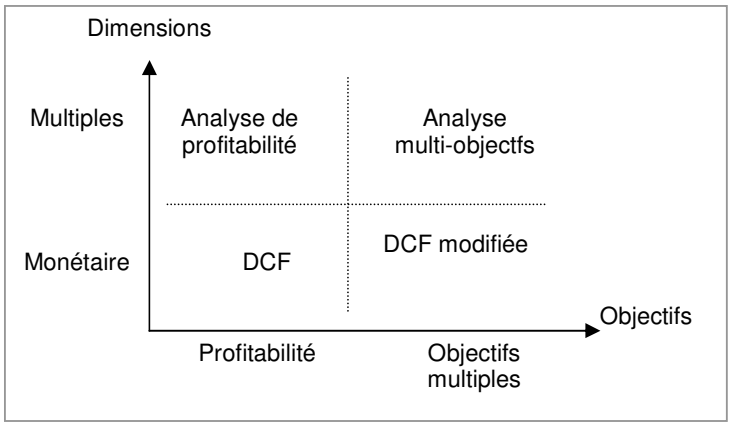


Figure 1 Classes des méthodes d'évaluation stratégique (d'après [Vining et Meredith 2000])

- L'analyse **DCF** ("*discounted cash flows*", analyse des flux de trésorerie) : la maximisation de profit est l'objectif unique considéré et la dimension monétaire (financière) est la seule dimension d'évaluation utilisée ; c'est-à-dire qu'on ne considère que des critères de profitabilité directs tels que la NPV (*net present value*) et le ROI (retour sur investissement).[5]
- L'analyse DCF modifiée : il y a plusieurs objectifs dont la profitabilité fait partie. La dimension monétaire est la seule utilisée.
- L'analyse de profitabilité : la profitabilité est le seul objectif considéré. Des dimensions d'évaluation autres que celle monétaire sont

[5] Malgré la désignation de cette **classe** de méthodes qui fait référence aux flux de trésorerie, il est évident que ce ne sont pas ces flux qui sont utilisés comme indicateurs de profitabilité. Les vrais indicateurs d'attractivité d'un investissement sont la NPV et le ROI. Vining et Meredith [Vining et Meredith 2000] utilisent plutôt le terme DCF comme terme générique pour désigner l'ensemble des méthodes qui s'intéressent uniquement à la profitabilité.

considérées : croissance des ventes, variation de la part de marché, image de l'entreprise…

- L'analyse multi-objectifs : en plus de la profitabilité, d'autres objectifs sont considérés (exemples : satisfaction des employés, performances sociale et environnementale) et où des dimensions d'évaluation autres que celle financière sont considérées. [Vining et Meredith 2000]

1.3. Complexité de l'évaluation stratégique

Les études descriptives de la pratique de prise de décision en entreprises trouvent que les décideurs préfèrent les approches de jugement à celle d'analyse pour évaluer des alternatives stratégiques. En effet, face à la **complexité** des décisions stratégiques, les décideurs tendent à juger les alternatives en se référant aux performances passées de décisions similaires. Les méthodes d'analyse ne sont pas fréquemment utilisées [Nutt 1998 a].

La complexité de l'évaluation stratégique est caractérisée par les deux dimensions suivantes : la dynamique causale et temporelle et l'aspect multicritère.

1.3.1. La dynamique causale et temporelle

Quel que soit le type de stratégie générique choisie par l'entreprise (positionnement sur le marché, "resource-based" ou intermédiaire), les alternatives stratégiques impliquent souvent un grand nombre d'**éléments** internes à l'entreprise (ressources, opérations…) et externes liés à son environnement (demande, concurrence…). Les interactions de ces éléments sont à considérer lors de l'évaluation. Ces interactions sont caractérisées par des relations de **cause à effet** qui présentent souvent des **boucles de rétroaction** [Paitch et Sterman 1993].

Le facteur "temps" est d'une grande importance dans le cadre de l'évaluation d'alternatives stratégiques. D'une part, ceci est dû à l'accélération des **changements** qui touchent l'environnement de l'entreprise : nouvelles

technologies, nouvelles exigences des clients et des autres stakeholders, nouvelles offres concurrentes… Ainsi, le temps que met la concrétisation des valeurs attendues des alternatives stratégiques est lui-même un critère d'évaluation à part entière. D'autre part, les différents liens de cause à effet qui sont considérés lors de l'analyse d'une alternative ne se concrétisent pas instantanément mais prennent des **délais** temporels ; et c'est la combinaison de l'ensemble des interactions causales avec leurs différents délais qui donne comme résultat la valeur générée par l'alternative et son délai global. D'où l'intérêt de recourir à une analyse dynamique (non statique) lors de l'évaluation des alternatives afin de tenir compte de ce phénomène de combinaison d'interactions causales à délais différents.

Pour illustrer la complexité des interactions causales, considérons par exemple le cas suivant. L'alternative consiste à lancer un programme d'amélioration continue basé sur les outils du TQM (Total Quality Management) et du "*reengineering*". Une étude de terrain qui a couvert plusieurs entreprises, a pu mettre en évidence un certain nombre de boucles causales qui entrent en jeu lors de l'application d'un tel programme [Keating et al. 1999].

La figure 2 présente quelques boucles de rétroaction impliquant des éléments internes à l'entreprise (+ : influence positive ; - : influence négative ; R : boucle de renforcement ; B : boucle de régulation).

La figure 3 présente des interactions causales faisant intervenir des éléments internes et externes à l'entreprise.

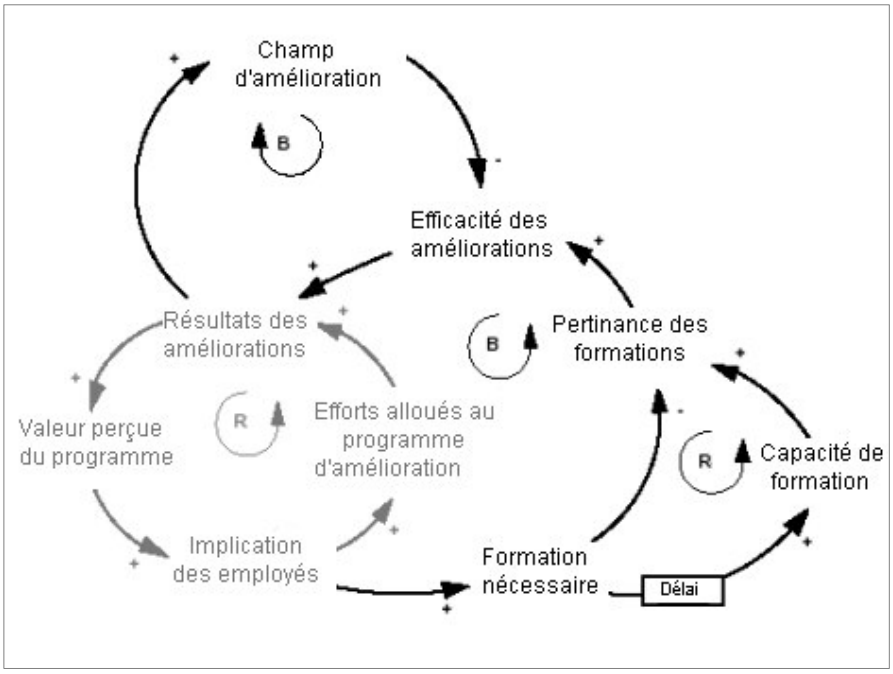


Figure 2 Boucles de rétroaction internes ([Keating et al. 1999])

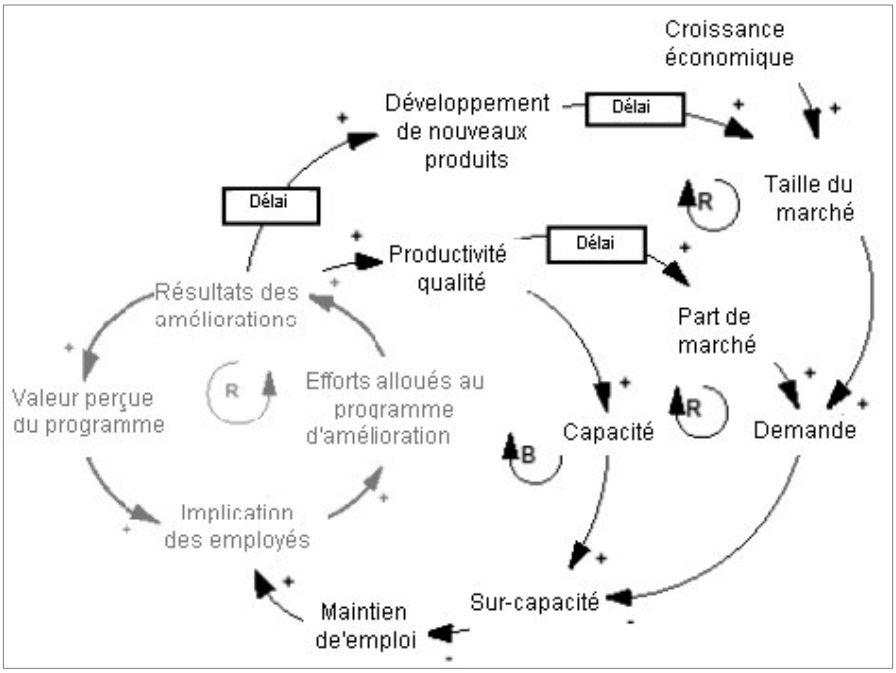


Figure 3 Interactions avec des éléments externes ([Keating et al. 1999])

L'étude de terrain mentionnée *supra* a montré que la plupart des programmes lancés ont connu un échec (performances non améliorées ou améliorées au début puis échec à maintenir le niveau amélioré). Il s'est avéré qu'une raison principale de cet échec provient du fait que lors de la prise de décision de lancement du programme, les managers n'ont pas pris en compte certaines interactions causales importantes activées par cette action [Keating et al. 1999].

1.3.2. L'aspect multicritère

Lors de l'évaluation des alternatives stratégiques, des **critères** qui traduisent les objectifs stratégiques permettent d'analyser le degré de réalisation de ces objectifs.

Une question importante est de savoir si le décideur veut considérer la maximisation de profit comme l'objectif unique ou s'il veut inclure d'autres objectifs. Si le décideur considère des objectifs multiples, il doit aussi décider implicitement ou explicitement de la valorisation des améliorations marginales au niveau de chaque objectif et des *tradeoffs* (échanges) entre les objectifs.

Dans la littérature, il y a une divergence sur l'étendue des objectifs stratégiques à considérer. Un premier courant dit explicitement que la **maximisation de profit** est le seul objectif approprié. Il y a une version de la maximisation du profit bâtie sur des modèles positivistes de l'entreprise qui la considère en état de résolution de conflit d'intérêts entre des stakeholders. Plusieurs stakeholders ont le pouvoir d'affecter les profits de l'entreprise. Ainsi, ils sont à considérer par le décideur. De cette manière, on étend la gamme d'objectifs mais seulement virtuellement car on ramène tout au profit.

Un deuxième courant dit que la maximisation du profit ne doit pas être l'objectif unique lors de l'évaluation stratégique. Par exemple, plusieurs entreprises considèrent que la performance sociale ou environnementale est un critère de décision important. Quelques versions de la théorie des **stakeholders** mettent en exergue un *tradeoff* entre la maximisation de profit et d'autres objectifs liés aux stakeholders [Blair 1998].

Certains auteurs considèrent que l'évaluation exclusivement financière ne représente pas la meilleure pratique dans le contexte stratégique [Hayes et Garvin 1982, Mills 1988]. L'une des raisons principales en est que ce type de méthodes traditionnelles de calcul financier n'est pas approprié pour l'évaluation d'alternatives stratégiques où la part d'éléments qualitatifs est importante [Vining et Meredith 2000, Hasting 1996].

D'autre part, selon le type de stratégie générique adoptée par l'entreprise, le décideur peut choisir de focaliser l'attention et de donner plus d'importance à certains critères plus que d'autres lors de l'évaluation d'alternatives stratégiques. Par exemple, si l'entreprise a une stratégie de type "positionnement sur le marché", les critères financiers, actionnariaux et externes (clients et autres stakeholders) sont à privilégier (en leur affectant plus de poids lors du calcul de la valeur globale agrégée d'une alternative donnée). Différemment, si l'entreprise a une stratégie basée sur les ressources et les compétences, les critères internes tels que les ressources humaines et les ressources technologiques et organisationnelles sont à privilégier lors de l'évaluation.

1.4. Conclusion

Pour être efficace, une méthode d'évaluation d'alternatives stratégiques devrait répondre à un certain nombre de besoins qui caractérisent ce problème de choix. D'abord, elle doit traiter la complexité des interactions causales qui lient les actions (contenu des alternatives) aux résultats évalués. D'autre part, elle doit tenir compte des divers objectifs stratégiques et des différents critères qualitatifs et quantitatifs qui caractérisent la réalisation de ces objectifs. Enfin, elle doit prendre en considération les facteurs d'incertitude concernant l'environnement externe de l'entreprise.

Evaluation des performances en entreprise

2.1. Introduction

L'évaluation des alternatives stratégiques passe par l'évaluation de l'impact du contenu de ces alternatives (décisions, actions) sur les performances de l'entreprise.

L'évaluation des performances peut être faite à deux niveaux : les performances globales de l'entreprise et les performances des activités. Les performances sont évaluées par rapport aux objectifs de l'entreprise. Ces objectifs prennent en considération la satisfaction des parties bénéficiaires de l'activité de l'entreprise.

2.2. Les indicateurs de performance

2.2.1. Performances globales de l'entreprise

De nombreux indicateurs sont utilisés pour évaluer les performances globales d'une entreprise. Comme les objectifs de l'entreprise couvrent l'ensemble de ses relations avec les différentes **parties bénéficiaires** avec lesquelles elle interagit, l'objet des indicateurs est de caractériser la réussite de l'entreprise à répondre aux attentes et besoins de ces parties.

Ci-après, nous citons des exemples d'indicateurs correspondant à ces parties et les objectifs dont ils peuvent rendre compte :

- les clients :

L'indice de satisfaction, le chiffre d'affaires et la part de marché mesurent globalement la réponse aux besoins des clients.

Les chiffres d'affaires générés par les nouveaux produits mesurent le degré d'innovation de l'offre. Ceux générés par les canaux de distribution mesurent le niveau d'interactivité avec les clients.

Le chiffre d'affaires et la rentabilité par segment, l'indice d'image globale de l'entreprise, l'indice d'image de la marque, le taux de fidélisation et le taux

de conquête de nouveaux marchés peuvent refléter la réponse de l'entreprise aux besoins d'estime des clients.

- les actionnaires :

Le profit net, le cours de l'action, la valeur économique ajoutée (EVA, *economic value added*), le chiffre d'affaires, la part de marché et la croissance du chiffre d'affaires rendent compte du capital investi et des opportunités de croissance.

La valeur ajoutée sur le marché (MVA, *market value added*) et l'indice d'image globale reflètent la valorisation de l'entreprise sur le marché financier.

- le personnel :

L'indice de satisfaction du personnel, la productivité individuelle, la productivité collective et l'état des connaissances du personnel rendent compte de la performance de l'entreprise suivant l'axe de satisfaction du personnel.

- la collectivité :

Les indices d'image globale, d'hygiène, de sécurité, d'innovation et de respect de l'environnement mesurent la performance de l'entreprise par rapport aux attentes ou exigences de la collectivité avec qui elle est sensée interagir [Supizet 2002].

Quant à la nature des indicateurs, on peut distinguer, d'une part les indicateurs quantitatifs dont la mesure est relativement directe tels que les indicateurs financiers, et d'autre part les indicateurs à caractère subjectif tels que ceux liés à la satisfaction des parties et à l'appréciation de l'image de l'entreprise. L'évaluation de ces derniers nécessite un effort plus important pour la conception des mesures quantitatives appropriées et pour la collecte des données nécessaires à leur estimation.

Les indicateurs de performance mentionnés ci-dessus sont des indicateurs de **résultats** c'est-à-dire des indicateurs qui mesurent la valeur

perçue par les parties bénéficiaires sans trop se préoccuper de la pertinence des systèmes et processus mis en œuvre en interne par l'entreprise pour aboutir à ces résultats. En d'autres termes, l'entreprise est vue comme une boîte noire dont les performances perçues sont évaluées sans tenir compte des détails de réalisation en interne.

2.2.2. Performances des activités

Les indicateurs de performance des activités permettent de mieux caractériser le lien entre la réalisation opérationnelle en interne et la perception en externe des performances de l'entreprise.

Si on souhaite conserver le même cadre d'interprétation des performances comme des niveaux de satisfaction de parties bénéficiaires, on peut dire que les performances des activités correspondent à la satisfaction à la fois d'acteurs internes et de parties externes à l'entreprise. Les activités ne sont pas seulement évaluées en termes de résultats fournis mais aussi en termes de pertinence caractérisant les détails opérationnels : respect des contraintes, exigences ou attentes des différents acteurs représentant différentes fonctions de l'entreprise sollicitées lors de la réalisation de l'activité.

En partant de l'ensemble des objectifs établis pour chaque activité, des indicateurs de performance peuvent être définis.

Considérons par exemple une activité générique de développement de nouveaux produits. Perrin [Perrin 1999] cite un nombre d'objectifs possibles de cette activité et d'indicateurs correspondants à ces objectifs (figure 2.1).

Les indicateurs de performance des activités peuvent être classés en deux catégories :

- Les indicateurs de **résultats** : ils caractérisent l'output de l'activité en termes de satisfaction des différentes parties bénéficiaires. Pour l'exemple du développement de nouveaux produits, ce sont généralement les indicateurs liés au triptyque : coût, qualité et délai.

- Les indicateurs de **réalisation** : ils caractérisent le fonctionnement de l'activité : sa fluidité, son organisation…. Pour l'exemple précédent, le nombre de modifications apportées au produit développé constitue un indicateur de réalisation.

Objectifs	Indicateurs
Réduire les coûts et les investissements relatifs au développement et à l'introduction des produits nouveaux.	Respect des budgets, coût du produit, taux de réemploi de l'existant, nombre de références utilisées, taux de sous-traitance.
Amener les produits nouveaux à temps sur le marché, suivant les délais prévus.	Respect des délais, taux de sous-traitance.
Développer les nouveaux produits plus vite, de la conceptualisation à l'introduction sur le marché.	Adéquation entre la planification et la réalisation, temps passé/personne/activité, taux de sous-traitance, respect des délais.
Améliorer l'attrait des nouveaux produits pour le consommateur.	Niveau de qualité du produit (adéquation des caractéristiques obtenues à celles décrites par le cahier des charges), niveau de qualité de l'activité (respect des normes et des règles de l'art).
Développer des produits qui soient plus aisés à fabriquer, à vendre, à installer et à maintenir.	Nombre de modifications faites sur le produit en cours de développement.
Réduire le délai de retour sur investissement des nouveaux produits.	Délai du retour sur investissement.

Figure 2.1 Objectifs et indicateurs de performances de l'activité « développement de nouveaux produits »

2.3. Les performances financières et non financières

Les performances financières telles que le profit ou le retour sur investissement étaient acceptées par le passé comme des mesures représentatives des performances d'une entreprise. Aujourd'hui, il est reconnu que la performance financière reflète un résultat et non la manière d'arriver à ce résultat [Hafeez et al. 2002].

Un inconvénient majeur des performances financières est qu'elles reflètent plutôt les performances passées. En d'autres termes, elles rendent compte de la véritable performance avec un certain **retard**, c'est-à-dire qu'elles prennent un certain délai pour arriver à refléter la situation réelle de l'entreprise. Ainsi, par exemple, le désinvestissement en fidélisation de la clientèle, en recherche et développement (R&D) ou en développement des compétences des employés a, à court terme, un impact positif sur les indicateurs financiers. Ceux-ci n'arrivent à détecter la vraie incidence négative de telles actions qu'à long terme. Dès lors, les indicateurs financiers tendent à être de nature moins proactive que les indicateurs non financiers tels que les indicateurs opérationnels.

D'une façon générale, les indicateurs non financiers rendent compte de la performance plus rapidement que les mesures financières. L'impact d'une décision sur les revenus prend un certain temps pour se concrétiser. Par exemple, suite à une action qui diminue la qualité du service, certains clients expriment leur mécontentement à leurs amis, d'autres changent de fournisseurs immédiatement, d'autres le font après quelques semaines ou mois. En revanche, il est possible de capter une partie de l'impact d'une telle action en mesurant la satisfaction des clients [Epstein et Manzoni 1998].

De nos jours, l'orientation stratégique prédominante est la multiplication des efforts en direction de l'ensemble des « stakeholders » ou parties bénéficiaires. La performance ne se mesure plus seulement en termes financiers mais aussi en terme de performance sociale et/ou environnementale.

D'ailleurs, certains auteurs ne voient aucune opposition fondamentale entre l'optique actionnariale et la conduite d'une stratégie efficace puisque "ce sont les stratégies basées sur un avantage concurrentiel durable qui génèrent le plus de valeur pour l'actionnaire" [Martinet et Reynaud 2001].

D'autre part, de nombreuses pratiques accordent une importance croissante aux performances autres que financières. Ainsi, certains actionnaires introduisent des critères de performance écologique et sociale dans leur processus d'évaluation des performances des entreprises.

Kaplan et Norton [Kaplan et Norton 1992, 1996] ont trouvé que les managers ont besoin d'une représentation équilibrée des deux types de performances : financières et non financières. Ils ont développé le *Balanced Scorecard* qui inclut à la fois des mesures financières et non financières.

2.4. Conclusion

L'évaluation d'alternatives stratégiques nécessite une évaluation ex-ante de leurs impacts sur les performances de l'entreprise. L'analyse de ces impacts nécessite la prise en compte de deux aspects importants liés aux performances. D'abord, il est important de prendre en compte les performances par activité aussi bien que les performances globales ; ceci permet d'avoir plus de visibilité concernant les activités de l'entreprise qui contribuent aux différentes performances de celle-ci.

D'autre part, vu les limites des indicateurs financiers et vu que les valeurs perçues et attendues par les parties bénéficiaires ne peuvent pas être réduites à la seule performance financière, il importe de prendre aussi en compte les indicateurs de performance non financière. Dès lors, inclure les valeurs générées pour les divers *stakeholders* et établir le lien entre ces valeurs et les performances d'une part et entre les performances et le contenu décisionnel des alternatives d'autre part permet une évaluation mieux équilibrée et plus pertinente de ces alternatives.

La dynamique des systèmes et l'aide à la décision en entreprise

3.1. Introduction

Nous avons vu que l'évaluation d'alternatives stratégiques nécessite la prise en compte de phénomènes de causalité complexes qui font intervenir généralement un grand nombre de variables et des liens de causalité de délais de concrétisation différents.

La dynamique des systèmes est une méthode de modélisation / simulation adéquate pour le traitement et l'analyse de ce genre de problèmes. D'ailleurs, son utilisation pour l'aide à la décision en entreprise a montré son utilité et son efficacité.

L'annexe 1 donne un aperçu des principes de la dynamique des systèmes.

Ce chapitre présente une idée de l'utilisation de la dynamique des systèmes en entreprise et expose un état de l'art des logiciels de dynamique des systèmes.

3.2. Utilisation de la dynamique des systèmes pour l'aide à la décision en entreprise

De façon générale, la dynamique des systèmes (DS) est utilisée pour l'aide à la décision en entreprise et ce à différents niveaux, dans différents contextes et pour traiter différentes problématiques. Par exemple, la DS a servi de base pour construire un modèle de **projet** de développement d'un produit dans un cas [Ford et Sterman 1997] et pour construire un modèle d'évaluation de **technologies** dans un autre [Wolstenholme 2003].

En particulier, dans le domaine du management **stratégique**, la DS a prouvé son utilité et son efficacité en tant qu'approche de modélisation et méthodologie d'aide à la décision. En effet, son application a montré qu'elle a des **apports** importants :

- Elle encourage l'adoption d'une vue systémique mais permet aussi à chaque élément ou partie de l'organisation de voir sa contribution au système global par son approche globale (qui est souvent pluridisciplinaire et fait intervenir divers métiers et fonctions de l'entreprise) de modélisation et d'analyse par la simulation..

- Elle permet d'avoir une compréhension partagée des facteurs de succès des systèmes, processus ou projets de l'entreprise modélisés.

- Elle aide à identifier où, comment et pourquoi un ensemble de politiques organisationnelles génèrent des problèmes et à passer de l'identification de problèmes à l'analyse et à la proposition de solutions [Thompson 1999].

- Elle aide les managers à améliorer les modèles mentaux qu'ils se font de leurs organisations.

- Elle permet de comprendre le problème et ses causes, de déterminer les conséquences des alternatives d'action et de tester ces dernières selon différents scénarios [Lyneis 1999].

Dès lors, l'utilité de la DS comme support des changements stratégiques et des améliorations des processus est de plus en plus reconnue par un nombre croissant de sociétés de conseil [Stevenson et Wolstenholme 1999].

Les types d'**éclairages** ou d'éléments de réponse que peut apporter la DS sont multiples :

- Identification des initiatives de management capables de mener à une à croissance durable.

- Le dimensionnement de l'effort de recherche [Thompson 1999].

- Evaluer des actions comme la construction d'une nouvelle usine, l'entrée dans de nouveaux marchés et/ou l'abandon d'autres et le lancement d'un nouveau produit [Lyneis 1999].

En pratique, les modèles de DS sont **construits** principalement selon deux approches (souvent utilisées conjointement) :

- L'approche par les **boucles de rétroaction** : il s'agit d'identifier les boucles de feedback responsables du comportement du système. Il est connu que certains types de boucles simples génèrent certains types de comportements. Ainsi, si le comportement du système est connu, il est possible de déduire les types de boucles qui le composent. Par exemple, si un système montre une croissance lente, il est possible qu'il y ait une boucle positive dominante mais qui est contrainte ou ralentie par une boucle négative. La construction du modèle progresse en identifiant les boucles et en les liant les unes aux autres.

- L'approche **modulaire** : il s'agit de partir d'une ou deux variables clés et de les lier aux autres composantes du système en adoptant des vues multiples reflétant différents aspects du système modélisé : structure des processus, comportement temporel, structure informationnelle, stratégie ou organisation. Le choix des variables de départ dépend de la problématique traitée ou de l'objectif de la modélisation [Wolstenholme 1992].

Les **sources d'informations** souvent utilisées pour le développement de modèles de DS sont les documents écrits et les informations contenues dans les modèles mentaux individuels et organisationnels.

Cinq facteurs aident le modélisateur à choisir la technique d'**extraction de connaissances** : la phase du processus de modélisation, le nombre de personnes impliquées dans la modélisation, l'objectif de la modélisation, le

temps disponible pour les participants et les coûts des différentes techniques possibles.

Par exemple, le brainstorming est souvent nécessaire dans les phases de définition du problème et de conceptualisation du modèle au moment où le groupe de travail tente de déterminer les facteurs ou variables à inclure ou exclure du modèle. Quant à des phases telles que la spécification d'une boucle de rétroaction ou la formulation d'une loi d'influence, elles doivent être bien organisées et hautement méthodiques [Vennix et al. 1992].

Dans un premier temps, le **produit** de la DS fourni par les consultants en management stratégique consistait en de petits modèles d'évaluation de politiques d'actions. Ensuite, ce produit est passé à des modèles plus détaillés utilisant des séries temporelles pour les calibrer ; puis, plus récemment le produit est devenu une offre globale qui inclut en plus des modèles un processus de **réflexion** [Lyneis 1999].

Des expériences d'application de la dynamique des systèmes par des consultants reflètent qu'à part les modèles simulables, une importante contribution de la méthode réside dans l'approche de résolution du problème étudié : la structuration de différents facteurs et éléments et la réflexion profonde sur la logique du système modélisé [Thompson 1999].

Le paragraphe suivant décrit une méthode d'aide à la décision managériale qui utilise la DS et qui s'intéresse aux performances d'une organisation. Cette méthode est le "*balanced scorecard dynamique*".

3.3. Le balanced scorecard dynamique

Le balanced scorecard (*BSC*) est un système de mesure de performances qui était bien accueilli et suivi en milieu académique et assez largement appliqué en entreprises [Epstein et Manzoni 1998]. L'un des apports importants du BSC est qu'il incite les managers à ne pas focaliser leurs efforts d'évaluation et de suivi seulement sur les mesures financières mais plutôt d'avoir une vue stratégique plus équilibrée des performances en

considérant quatre perspectives qui sont : les performances financières, les clients, l'apprentissage (et la croissance) et les processus internes.

Toutefois, l'usage classique (statique) du BSC présente les deux inconvénients majeurs suivants :

- La **causalité unidirectionnelle** (*one-way causality*) : les travaux de Kaplan et Norton montrent leur approche unidirectionnelle des relations de causes à effets. Par exemple, ils insistent sur la nécessité de prendre en compte le lien à la perspective financière lors du choix des objectifs et des mesures du BSC. Mais, l'effet des performances financières sur les autres perspectives n'est jamais mentionné. Ainsi, la notion de **feedback** n'est pas prise en compte [Todd 2000].

- La nature **statique** : Il est supposé que les causes et les effets ont lieu en même temps et au même endroit ; les délais de concrétisation des effets ne sont pas pris en compte dans les relations causales.

L'une des techniques-clés de conception typique d'un BSC est le diagramme *à bulles* (*bubble diagram)*. Ce diagramme constitue une illustration graphique de la structure causale unidirectionnelle du BSC. Ce diagramme montre des flèches d'influence ascendantes entre les perspectives sans qu'il n'y ait de flèches de feedback descendantes (comme le montre la figure 3.1).

Une autre technique utilisée lors de la conception d'un BSC est la chaîne de valeur générique. Cette technique confirme l'approche linéaire des relations de causalité adoptée lors du développement des BSC classiques [Todd 2000].

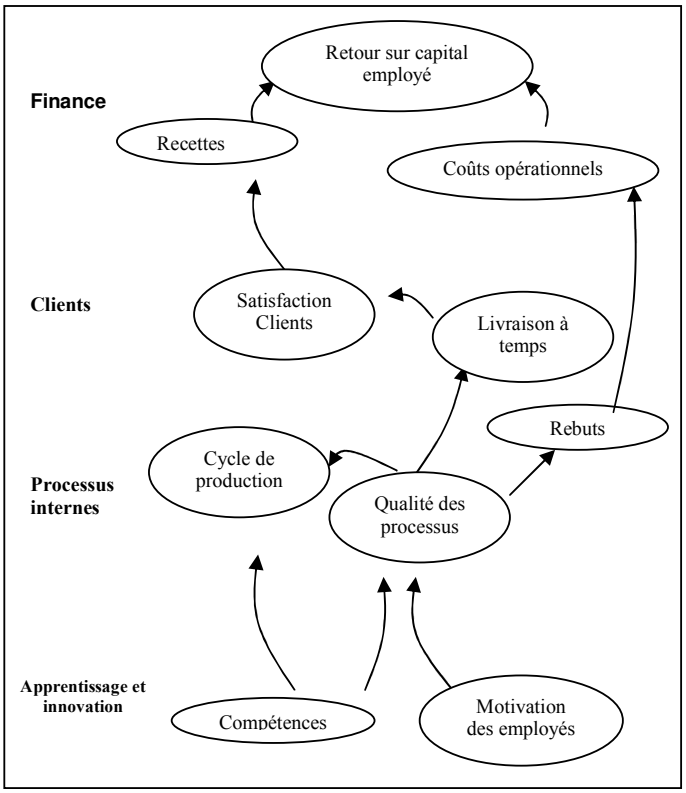


Figure 3.1 Organisation des indicateurs du BSC dans une chaîne causale (d'après [Kaplan et Norton 1996])

De plus, lors de la phase d'utilisation par les décideurs, le BSC est limité au niveau des possibilités d'**apprentissage organisationnel et collectif**. Le BSC classique focalise plutôt sur le reporting des performances. Peu de mécanismes existent pour comprendre les relations qui les lient les différentes performances. Typiquement, les BSC sont communiqués aux membres de l'entreprise périodiquement comme un reporting des performances de la période passée avec une comparaison aux objectifs visés. Les relations entre les performances sont évoquées mais en restant fidèles aux schémas de causalités considérés a priori lors de la conception du BSC ; ainsi, leur mention avec le reporting est sans grand intérêt ni effet et elle ne permet pas aux membres participant de comprendre les mécanismes qui sous-tendent l'évolution ou le comportement des performances.

En partant de ces idées et en considérant que la dynamique des systèmes peut apporter une grande et importante contribution pour éviter ces inconvénients, il y a eu un grand intérêt au développement de *scorecards dynamiques* [Stevenson et Wolstenholme 1999].

Wolstenholme [Wolstenholme 1998] a considéré que la DS peut aider à la conception, à la validation et à l'utilisation du BSC de trois manières :

- l'utilisation de modèles génériques lors de la traduction de la vision de l'entreprise à travers les composants de chacune des perspectives,
- le développement de sous-modèles spécifiques pour chaque perspective et liés entre eux,
- et le développement d'un modèle global de haut niveau pour analyser le comportement des mesures de performances et en déterminer les plus significatives.

Olve et al. [Olve et al. 1999] ont proposé la combinaison de la DS et du BSC pour construire des modèles simulables utilisables pour aider les managers à identifier et comprendre les relations causales entre les objectifs stratégiques du BSC et les actions, et à tester les résultats d'actions possibles. Ces modèles constitueraient ainsi un outil d'apprentissage et d'analyse stratégique.

Le concept de BSC dynamique part du cadre du BSC classique et l'étend en utilisant les notions systémiques de relations et de feedback ; il se base sur les concepts de stocks et de flux comme plate-forme de développement et médium de communication.

Un BSC dynamique se présente comme un modèle global de performances développé en utilisant le formalisme classique de dynamique des systèmes : des stocks, des flux, des variables auxiliaires et des liens d'influence. Généralement, les variables de performances sont modélisées par des stocks. Les variations (hausse ou baisse) de ces performances sont modélisées par les flux en entrée et en sortie des stocks. Les variables

auxiliaires et les liens d'influence permettent de modéliser les relations de causes à effets liant les performances. Les éléments du modèle sont groupés en quatre secteurs correspondant aux perspectives considérées lors du choix des mesures de performances à modéliser.

3.4. La dynamique des systèmes : Etat de l'art logiciel

3.4.1. Introduction

On peut distinguer trois familles de logiciels de simulation parmi les plus utilisés pour l'aide à la décision en entreprise : les feuilles de calcul *probabiliste (probabilistic spreadsheet programs*), les simulateurs **d'évènements discrets** et les logiciels de **dynamique des sytèmes**.

Les *feuilles de calcul probabiliste* comme @risk sont des extensions d'Excel qui permettent de définir des distributions probabilistes d'un nombre de paramètres et de calculer les variations de variables qui en dépendent.

Les simulateurs d'évènements discrets comme Promodel, Arena et Witness sont généralement utilisés pour la modélisation de processus de production de biens ou de services tels que les ateliers de production et les centres d'appels. Un modèle consiste en des entités, des ressources (qui traitent ou servent les entités) et des éléments de contrôle (qui gèrent les états des entités et des ressources).

Les logiciels de dynamique de systèmes sont basés sur l'approche stocks-flux développée par Forrester. Les modèles sont construits en utilisant trois types principaux d'éléments : les stocks, les flux et les variables auxiliaires. Ils sont généralement utilisés pour simuler des modèles globaux et de niveau stratégique.

Si les feuilles de calcul probabiliste reflètent un besoin de tenir compte de **l'incertitude** de certaines données et si les modèles à évènements discrets reflètent un besoin d'analyse plus détaillée et de niveau de granularité plus fin des **processus** de l'entreprise, la dynamique des systèmes répond plutôt à un besoin de réflexion **systémique** qui intègre différents aspects internes et

externes à l'entreprise (liés à son environnement) ainsi que leurs couplages pour produire un modèle global permettant aux décideurs de prendre des décisions pertinentes et efficaces. A l'aide de son cadre unifié pour modéliser toutes les parties d'une organisation et leurs interrelations, la dynamique des systèmes permet de visualiser l'entreprise d'une perspective systémique.

3.4.2. Approche de cet état de l'art

Les dimensions utilisées dans cet état de l'art pour la comparaison des logiciels de dynamique des systèmes sont les suivantes :

Dimension 1 : le domaine et l'utilité affichés du logiciel

Cette dimension spécifie d'une part le domaine d'utilisation visé par les concepteurs - développeurs du logiciel. D'autre part, elle spécifie l'utilité principale affichée comme étant le service principalement rendu à l'utilisateur.

Dimension 2 : le langage de modélisation

Plus exactement, il s'agit de spécifier les éléments qui constituent un modèle développé à l'aide du logiciel en question. On désigne par éléments les briques de modélisation qui servent à construire un modèle (*building blocs*).

Dimension 3 : les fonctionnalités

Il s'agit de décrire les principales fonctionnalités de modélisation et de simulation disponibles dans le logiciel.

3.4.3. Résultats de l'état de l'art

Sélection des logiciels analysés

Les logiciels analysés sont considérés comme faisant partie des plus connus et utilisés en industrie comme en recherche et en enseignement. Pour les besoins de ce travail, plusieurs sources d'information ont été consultées pour recenser et analyser ces logiciels. On en cite :

- Institut D.M. d'intelligence artificielle [1].

- Université de Karlsruhe (TH) – Institut des sciences économiques et de la recherche opérationnelle [2].

- Des comparaisons entre logiciels trouvées sur des sites de logiciels tels que Goldsim et Anylogic.

Les logiciels analysés sont : Stella (et ithink), Vensim, Powersim et Goldsim.

D'autres logiciels n'ont pas été analysés et ceci pour diverses raisons :

- Soit le logiciel n'est pas de « dynamique des systèmes ». Tel est le cas du logiciel **Enterprise dynamics** qui est plutôt un logiciel de simulation et surtout de visualisation dynamique de systèmes à évènements discrets [3].

- Soit le logiciel est dédié à un domaine particulier qui n'est pas le management d'entreprise. Tel est le cas par exemple du logiciel **Simile** qui est un outil de modélisation utilisé en **écologie** et qui utilise des concepts de la dynamique des systèmes [4].

Description des logiciels analysés

Stella & ithink

Domaine et utilité affichés

Stella (qui est la version "éducation et recherche" de ithink) est un logiciel qui permet de modéliser et de comprendre des phénomène dynamique. Les principaux domaines d'utilisation de Stella sont : l'écologie, la biologie et les mathématiques.

Pour ithink (qui est la version "industrie et commerce"), c'est la management d'entreprise qui est ciblé : réflexions stratégiques et analyse de processus.

En tant qu'outil de simulation (ce qui nous intéresse ici), on peut dire que les deux versions sont identiques. C'est un outil de simulation hybride à dominante continue [5, 6, 7].

Langage de modélisation

Les éléments de modélisation de l'interface stocks-flux sont les stocks, les flux, les variables auxiliaires, les connecteurs et les *decision process diamonds*. Un stock peut représenter un réservoir, un convoyeur, une file d'attente ou un élément de traitement d'entités par lots. Les connecteurs représentent les flux d'influences. Les *decision process diamonds* permettent d'encapsuler une partie du modèle qui décrit une logique de prise de décision.

Fonctionnalités

- Modélisation de flux **discrets** : ces flux représentent le *déplacement* d'une quantité d'entités donnée en un instant donné (et non pas sur une période). Contrairement aux flux continus qui sont intégrés dans le stock durant le pas de temps de la simulation, les flux discrets représentent des quantités absorbées par le stock chaque pas de temps.

- Sous-modélisation **hiérarchique** : En plus des sous-modèles hiérarchiques, les frames de processus et les éléments *decision process diamond* permettent de réduire la complexité visuelle d'un modèle.

- **Echange** de données avec d'autres applications.

- Modélisation de variables **vectorielles**.

- Analyse de **sensibilité** : En entrée, les paramètres du modèle sont spécifiés par des distributions probabilistes. En sortie, les résultats des simulations sont des séries de courbes d'évolution temporelles des variables du modèle.

- Analyse des boucles **causales** : A partir du modèle construit, et pour une variable donnée, le logiciel indique et représente une à

une les boucles causales dans lesquelles cette variable est impliquée.

Vensim

Domaine et utilité affichés

Vensim est un outil d'analyse des modèles dynamiques à feedbacks [8].

Langage de modélisation

Les diagrammes **stocks-flux** avec les éléments classiques de la dynamique des systèmes : les stocks, les flux et les variables auxiliaires.

Fonctionnalités

- Analyse des **boucles causales**. Les outils de cette analyse sont :

  L'arbre causal : Pour une variable donnée, cet outil identifie et représente l'ensemble des variables qui l'influencent directement et indirectement (jusqu'au troisième niveau d'influence indirecte).

  L'arbre des usages : Pour une variable donnée, cet outil identifie et représente l'ensemble des variables qu'elle influence.

  Les boucles causales : Cet outil identifie les boucles de rétroaction dans lesquelles une variable donnée est impliquée.

  Documentation : Cet outil génère une description textuelle des variables et des influences causales contenues dans le modèle.

- Traçabilité **causale** : Pour une simulation, le logiciel permet de visualiser simultanément le comportement dans le temps d'une variable donnée et des variables l'influençant de façon directe.

- Analyse de **sensibilité**.

- Vues multiples : Il s'agit de subdiviser le modèle en des **secteurs** pour avoir plus de clarté dans la présentation.

- Modélisation de flux **discrets.**

- **Interfaces** de contrôle de simulations.
- **Optimisation** : dont l'objectif est :
    - Soit la calibration de certains paramètres pour que le comportement du modèle coïncide avec des données observées sur le terrain. Il suffit de spécifier la série de données qu'on désire retrouver comme résultats et l'ensemble des paramètres à ajuster. Le logiciel ajuste automatiquement ces paramètres pour faire converger au mieux les résultats de simulation et les données réelles.
    - Soit le choix d'une politique d'action parmi des alternatives. Une ou plusieurs variables d'appréciation sont définies. On définit les paramètres à faire varier pour optimiser les variables d'appréciation et les contraintes à respecter. Des analyses de sensibilité sont aussi fournies avec l'optimisation.
- Modélisation de variables **vectorielles.**
- **Echange** de données avec d'autres programmes.

Powersim

Domaine et utilité affichés

Powersim est un outil d'aide à la décision managériale : analyse de politiques et de scénarios d'action. Il permet de traduire un modèle mental formulant des hypothèses sur les chaînes de causes-effets qui peuvent être utilisées pour atteindre les objectifs de résultats en un modèle simulable et analysable. Il peut simuler les détails **opérationnels** tout comme les **stratégies** globales d'entreprise [9, 10].

Langage de modélisation

Eléments classiques de la dynamique des systèmes.

Fonctionnalités

- Modélisation de **flux discrets**.
- Modélisation de flux et de stocks **logiques**. Ils admettent seulement deux valeurs possibles. L'état du stock dépend des états de ses flux en entrée et en sortie.
- Sous-modélisation **hiérarchique**.
- Modélisation de variables **vectorielles**.
- Analyse de **sensibilité**.
- **Echange** de données avec Excel.
- Réalisation d'une **interface** de simulation : Les détails de développement du modèle sont cachés. Seuls les éléments de contrôle des simulations sont présentés : liste des scénarios et graphes d'évolution des variables avec des flèches d'influences les liant, curseurs de changement des niveaux des variables.
- Réalisation d'une **interface utilisateur** au dessus de la simulation : cette interface peut contenir des liens hypertextes, des notes, des images…

Goldsim

Domaine et utilité affichés

C'est un logiciel de visualisation et de simulation dynamique de systèmes **physiques**, **financiers** et **organisationnels** [11, 12, 13].

Langage de modélisation

La construction d'un modèle se fait à l'aide d'éléments graphiques qui représentent les **caractéristiques** du système modélisé, les **processus** et les **évènements**.

Des éléments de type **fonctions** calculent des outputs à partir d'inputs bien définis.

Des éléments de type **stocks** et **délais** permettent de modéliser les aspects inertie ou mémoire du modèle. Ils permettent de prendre en compte le passé du modèle alors que les éléments *fonction* prennent en compte son état présent.

Une fois un élément est renseigné (par exemple les flux en input et en output d'un stock sont indiqués), les liens d'information sont rajoutées automatiquement entre cet élément et les éléments évoqués lors du renseignement. Ces liens d'information représentent les influences ou les dépendances numériques entre les éléments d'un modèle.

Fonctionnalités

- La combinaison d'évènements **discrets** avec des flux **continus**. Les évènements discrets sont spécifiés par leur date, leur durée et leurs impacts.
- Sous-modélisation hiérarchique.
- Possibilité de **réutilisation de sous-modèles** : des bibliothèques de modèles validés, documentés et réutilisables peuvent être construites.
- Modélisation de variables **vectorielles**.
- **Analyse de sensibilité**.
- Réalisation **d'interfaces graphiques de simulation**. On fait varier les paramètres du modèle et on visualise les conséquences sur l'évolution des autres variables du modèle.
- **Echange** de données avec des programmes externes.

Anylogic

Domaine et utilité affichés

Les phénomènes modélisables par anylogic avec l'approche de *dynamique des systèmes* couvrent les domaines suivants : management industriel et commercial, urbanisme, société et écologie [14, 15, 16, 17].

Langage de modélisation

Anylogic utilise les éléments de modélisation classiques de la dynamique des systèmes et qui sont les stocks, les flux et les variables auxiliaires.

Des **bibliothèques** d'éléments de modélisation préconçus sont aussi utilisables. Par exemple, une bibliothèque dite *Enterprise Library* destinée à la modélisation des processus contient des éléments génériques comme les files d'attente, les délais, les convoyeurs, les ressources…

Fonctionnalités

- Combinaison d'autres approches de modélisation tels que les systèmes à évènements discrets et les *systèmes* d'*agents (agent-based models)* à la dynamique des systèmes.
- Modélisation de variables **vectorielles**.
- Développement d'**interface** de simulation. Une couche de contrôle permet de changer les paramètres du modèle et de visualiser les graphes de variation des variables.
- Sous-modélisation **hiérarchique**.
- **Echange** de données avec d'autres applications (*spreadsheets*, bases de données, …).
- **Optimisation** : Il s'agit de trouver les valeurs des paramètres discrets ou continus du modèle qui minimisent ou maximisent une fonction objectif. Deux types de contraintes peuvent être définies : des contraintes pré-calculées (sur l'espace des paramètres) et des contraintes post-calculées (utilisant les résultats obtenus au cours de la simulation).

- Analyse de **sensibilité**.

Synthèse

En ce qui concerne les domaines visés, une première classe des logiciels de "dynamique des systèmes" essaye d'avoir une vocation générale et de se présenter comme des outils génériques d'analyse de phénomènes dynamiques. Ces logiciels ouvrent leur champ d'utilisation à plusieurs domaines. Tel est le cas de Stella et de Vensim. La généricité de ces logiciels n'empêche pas qu'ils soient utilisés pour la modélisation d'entreprise et pour l'analyse et l'évaluation de processus ou de politiques d'action. Cependant, ni dans leur formalisme de modélisation ni dans leurs fonctionnalités, on ne peut trouver d'éléments spécifiques à une aide à la décision en entreprise.

La deuxième classe est celle des logiciels qui affichent les problématiques de management en entreprise (et ce à différents niveaux de prise de décision) comme leur contexte principal d'utilisation. Ainsi, ithink cible les réflexions stratégiques et l'analyse des processus. Powersim cible les détails opérationnels comme les stratégies globales. Goldsim s'intéresse aux systèmes physiques, financiers et organisationnels. Cependant, ces logiciels gardent d'une part un formalisme de modélisation plus ou moins générique ; Powersim garde par exemple le même formalisme standard de la dynamique des systèmes tout comme Stella et Vensim. D'autre part, on ne trouve pas au niveau de leurs fonctionnalités une grande différence par rapport à la première classe, ni des éléments dédiés spécifiquement à la modélisation d'entreprise.

Le logiciel qui reste, qui est Anylogic, est entre les deux classes puisqu'il s'intéresse à l'entreprise comme à d'autres domaines mais tout en la présentant comme son centre d'intérêt principal et tout en lui développant des fonctionnalités qui lui sont spécifiquement dédiées. Parmi les efforts faits pour se rapprocher du monde de l'entreprise, on trouve la combinaison de plusieurs approches de modélisation pour modéliser simultanément plusieurs

phénomènes rencontrés dans l'entreprise ou dans son environnement et la bibliothèque d'entreprise.

Malgré cet aspect de généricité dominante, ces logiciels de dynamique des systèmes peuvent être utilisés pour modéliser des aspects opérationnels ou stratégiques rencontrés en entreprise. De plus, ils sont outillés d'un ensemble de fonctionnalités d'analyse intéressantes. Ces fonctionnalités peuvent être classées en cinq classes :

- Celles permettant l'intégration d'autres approches de modélisation que l'approche "dynamique des systèmes". C'est principalement l'approche des évènements discrets dont il s'agit.
- Celles de structuration et de présentation. Elles sont de deux catégories :
    - La première essaye de réduire la complexité visuelle des modèles développés et de les structurer hiérarchiquement. Il s'agit par exemples de subdiviser le modèle en différents secteurs ou vues et de permettre la sous-modélisation hiérarchique.
    - La deuxième donne la possibilité de développer des interfaces de simulation (tableaux de bord pour contrôler les simulations).
- Celles de facilités d'utilisation. Il s'agit des bibliothèque d'éléments, de la réutilisation de sous-modèles, d'échange de données avec d'autres applications…
- Celles d'analyse causale. Il s'agit notamment de l'identification des boucles de rétroaction dans lesquelles les variables sont impliquées. On trouve aussi l'arbre des causes et celui des usages.
- Celles d'analyse mathématique. Ce sont notamment l'analyse de sensibilité et l'optimisation.

Le tableau suivant (figure 3.3) regroupe les fonctionnalités de des logiciels analysés.

	Intégration approches		**Structuration et présentation**		**Facilités d'utilisation**		**Analyse causale**		**Analyse mathématique**	
	Evènements discrets	Autres	Modélisation hiérarchique	Interfaces	Bibliothèques	Echange de données	Boucles de rétroaction	Autres	Analyse de sensibilité	Optimisation
Stella (ithink)	X		X	X		X	X		X	
Vensim	X			X		X	X	X	X	X
Powersim	X		X	X					X	
Goldsim	X		X	X		X			X	
Anylogic	X	X	X	X	X	X			X	X

Figure 3.2 Fonctionnalités des logiciels analysés

3.5. Conclusion

L'objectif de SimulValor, l'approche développée dans ce travail de recherche, est d'apporter une aide à la décision managériale en entreprise. Plus précisément, il s'agit de d'évaluer des alternatives de décisions de haut niveau (aspects stratégiques : segments de marché ciblés, avantages concurrentiels visés, nouveaux produits, nouvelles technologies,…) et de niveau intermédiaire (configuration et dimensionnement des activités réalisées.

Vu que SimulValor s'intéresse à la modélisation des flux de différents types (matériels et immatériels) qui existent entre les éléments de l'entreprise et de son environnement d'une part, et à la caractérisation qualitative et quantitative (surtout temporelle : les délais) des interactions qui lient ces éléments d'autre part, nous avons utilisé la dynamique de système comme méthode de modélisation – simulation de base de notre approche SimulValor. Ce choix est aussi justifié par les éléments révélés dans ce chapitre et qui

montrent que la dynamique des systèmes est une approche adaptée au traitement de problématiques d'ordre stratégique en entreprise.

Le formalisme de modélisation adopté par SimulValor est à deux niveaux :

- Un niveau inférieur constitué par une couche de dynamique des systèmes. Cette couche adopte les éléments et les outils classiques de la dynamique des systèmes : les stocks, les flux et les variables auxiliaires.

- Un niveau supérieur constitué par une couche valorique. Les éléments de modélisation de cette couche sont des éléments propres à la modélisation des éléments décisionnels qui servent à l'évaluation d'alternatives stratégiques. Ce niveau est désigné ci-après par « langage de modélisation SimulValor » ; il est présenté de façon détaillée dans les deux chapitres 5 et 6.

Le langage SimulValor que nous nous proposons de développer au dessus du formalisme classique et générique adopté par les logiciels de dynamique des systèmes existants présente l'avantage d'être adapté au contexte d'évaluation valorique de décisions stratégiques. En effet, d'une part, il substitue au diagramme stocks-flux des éléments de modélisation qui représentent et caractérisent les liens valoriques entre les décisions, les performances et les valeurs. D'autre part, il adopte une approche d'évaluation globale de scénarios d'action basée sur l'agrégation des différents indicateurs de performances perçues par les partis bénéficiaires ; cette fonctionnalité importante n'est pas proposée par les logiciels de DS analysés dans l'état de l'art présenté *supra*.

Enfin, afin de positionner SimulValor par rapport au BSC dynamique, on peut dire que les principales différences sont les suivantes :

- De point de vue contexte et objectif d'utilisation, le BSC dynamique est utilisé a priori pour concevoir un système d'indicateurs de

performances adéquat pour le déploiement d'une stratégie déjà choisie et exprimée sous forme d'objectifs. Ce n'est qu'à travers les éventuels problèmes découverts lors des simulations du BSC que la stratégie peut être ajustée ou modifiée. Quant à SimulValor, son objectif est l'évaluation d'alternatives stratégiques, une phase qui précède le choix de l'alternative à mettre en oeuvre.

- De point de vue structurel, un BSC dynamique se compose d'objectifs et d'indicateurs de performances alors que SimulValor part des valeurs générées, considère qu'elles résultent des performances des activités et tient compte des paramètres qui influencent les performances des activités. Dès lors, on peut dire qu'un modèle SimulValor est un système { décisions, performances, valeurs} alors qu'un BSC dynamique est un système { objectifs stratégiques, indicateurs de performances}.

- SimulValor est une méthode outillée d'un language de modélisation spécifique qui reflète son approche d'aide à la décision (même si la plate-forme ou la couche de modélisation de base adoptée est la formalisme classique de la DS) alors qu'un BSC dynamique est un modèle stocks-flux dont les éléments sont organisés en différents groupements qui représentent les perspectives du BSC.

SimulValor : de la "chaîne de valeur" au "réseau de valeur"

4.1. Introduction

Le présent chapitre expose les fondements de la partie modélisation de l'approche d'aide à la décision "SimulValor" présentée dans ce travail.

Pour évaluer une décision stratégique, les managers ont besoin d'analyser les impacts de cette décision sur les performances de l'entreprise et sur les valeurs qu'elle génère. Il est évident que les activités réalisées dans une entreprise jouent un rôle central dans la génération de ces valeurs. C'est pourquoi, il est intéressant lors de l'évaluation d'analyser l'impact de la décision sur les performances des activités et sur leurs contributions aux valeurs générées.

Notre modélisation de la génération de valeurs en entreprise part du modèle de la chaîne de valeur. Cependant, elle essaye de dépasser un certain nombre des limites de ce modèle et en propose une extension à un modèle que nous désignons par "réseau de valeur".

4.2. Le modèle de la chaîne de valeur

Porter [Porter 1986] définit la chaîne de valeur comme étant un outil d'analyse de la génération de valeur en entreprise qui décompose celle-ci en ses diverses **activités**. La chaîne de valeur est supposée représenter la valeur totale en comprenant les activités génératrices de valeur et la marge. Selon Porter aussi, la chaîne de valeur sert à diagnostiquer un avantage concurrentiel et à trouver les moyens de le renforcer. La figure 4.1 montre la chaîne de valeur comme présentée par Porter.

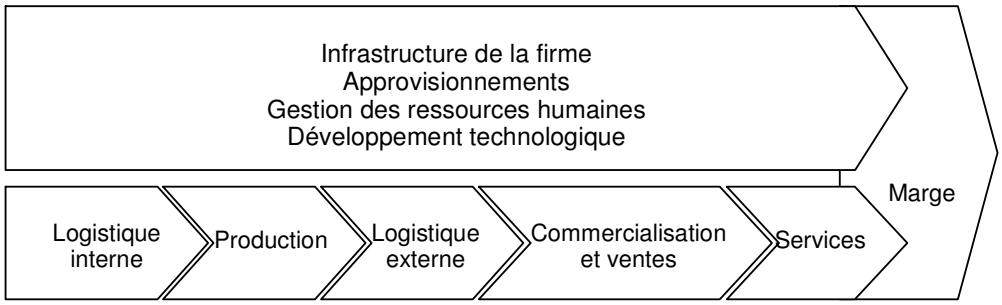


Figure 4.1 Chaîne de valeur de Porter

La chaîne de valeur type est composée par des activités principales et des activités de support. Les activités principales sont celles impliquées dans la production et la vente du produit. Elles sont groupées en cinq catégories : logistique interne, production, logistique externe, commercialisation et ventes et services. Les activités de support sont groupées en quatre catégories : gestion des ressources humaines, développement technologique, approvisionnements et infrastructure de la firme.

L'analyse de la chaîne de valeur consiste à déterminer les activités qui ont un impact important sur la différenciation de l'entreprise ou celles qui représentent une fraction importante du coût du produit.

L'analyse d'un avantage concurrentiel par les **coûts** consiste à affecter les coûts de fonctionnement aux activités qui les génèrent directement ou à celles qui ont une influence sur leurs niveaux. L'objectif de l'affectation des coûts au sein de la chaîne de valeur est de déterminer les éventuelles zones de diminution possible des coûts.

L'analyse d'un avantage concurrentiel par **différenciation** consiste à déterminer les activités de la chaîne de valeur qui représentent plus que les autres une source potentielle de caractéristiques uniques des produits de l'entreprise.

4.3. Limites du modèle de la chaîne de valeur

Le modèle de chaîne de valeur, utilisé comme outil d'analyse de la génération de valeur en entreprise, présente les limites suivantes :

- D'abord, en ce qui concerne l'appréhension de la notion de **valeur**, selon Porter [Porter 1986], "en terme de concurrence, la valeur est la somme que les clients sont prêts à payer ce qu'une firme leur offre. La valeur se mesure par les recettes totales qui reflètent le prix qu'une firme peut obtenir pour son produit et le nombre d'unités qu'elle peut vendre". Ceci est en ce qui concerne la valeur pour les clients. Quant à la valeur pour l'entreprise, la valeur est appréciée par la **marge** égale au **chiffre d'affaires** que réalise l'entreprise duquel sont déduits les **coûts** des activités. Il est évident que la considération exclusive de la dimension financière est une conception trop réductrice de la valeur générée par une entreprise. En effet, des dimensions telles que la pérennité et la croissance de l'entreprise, le développement de ses ressources internes et l'amélioration de ses relations avec ses différents partenaires sont aussi d'une grande importance. De plus, même en s'intéressant à la seule valeur à court terme, reflétée par la dimension financière, l'examen du seul critère de chiffre d'affaires est insuffisant. En effet, une analyse plus pertinente devrait inclure des critères de rentabilité et de retour sur investissements.

- Le second point concerne la modélisation des **activités**. Les activités de la chaîne de valeur et surtout celles dites principales sont structurées de façon séquentielle et ordonnée. Galanos [Galanos 98] explique que cette structuration est due au modèle économique général de référence de la chaîne de valeur. En effet, ce modèle essaye de formaliser les différentes étapes de la filière de transformation des matières premières en produit final et de suivre les évolutions des prix des produits intermédiaires le long de la filière. La chaîne de valeur reprend cette formalisation des entreprises d'une filière et l'applique aux activités internes d'une entreprise. C'est

pourquoi, l'analyse est focalisée sur les coûts des activités qui interviennent directement sur les phases successives de production et de vente des produits.

Cette conception de la **contribution valorique** d'une activité, en concordance avec la conception de valeur critiquée ci-dessus, est limitatrice car elle réduit cette contribution à un coût et ne tient pas compte des apports de l'activité en termes de satisfaction du client et de réalisation des objectifs de l'entreprise.

Un autre problème posé est la prise en compte des coûts des activités de support. C'est le problème rencontré par les systèmes de coût traditionnels face à l'augmentation de la part de ces activités dans le coût total et face à leur rôle de plus en plus important dans la génération de la valeur.

- Enfin, l'approche linéaire et unidirectionnelle de la chaîne de valeur empêche d'une part la prise en compte des **interactions** entre les différentes activités et de l'effet de ces interactions sur la contribution de chacune d'entre elles à la valeur générée et d'autre part la modélisation des phénomènes de **feedback** qui peuvent résulter des interactions de la chaîne de valeur avec les parties externes de l'entreprise.

4.4. Notre modèle du "réseau de valeur"

Afin d'analyser la génération de valeur en entreprise, il est nécessaire de définir un référentiel d'évaluation qui sert de repère pour l'évaluation de la contribution valorique des différentes activités.

La valeur de référence en analyse de la valeur étant le produit final et la relation qu'il présente entre ses fonctionnalités et son coût, on est tenté de définir les contributions valoriques des activités par rapport aux caractéristiques du produit. Mais comme le souligne Galanos [Galanos 98], cette approche présenterait les inconvénients suivants :

- D'une part, établir des relations de valeur directes entre les activités et le produit est relativement praticable pour les opérations qui transforment directement la matière mais ce n'est pas le cas de celles qui participent à cette transformation **indirectement** ou de façon commune à plusieurs activités comme c'est le cas par exemple des activités de support. Tel est le cas par exemple d'une activité de formation dont l'objectif est d'améliorer les compétences des employés.

- D'autre part, la référence des contributions valoriques de toutes les activités au produit final interdit la prise en compte des **interactions** entre les activités.

- De plus, établir un rapport exclusif entre activités, produit et valeur ne suffit pas pour couvrir toutes les **dimensions** de la valeur. En effet, celles-ci incluent en plus des aspects incorporés dans le produit ou véhiculés par celui-ci, des aspects liés à des performances de l'entreprise autres que la qualité et le prix du produit.

Pour appréhender l'analyse du processus de génération de la valeur, le modèle de réseau de valeur que nous proposons part de l'hypothèse suivante : la valeur est "multi-parties", subjective et "multicritère".

Par **"multi-parties"**, nous voulons dire que le modèle ne s'intéresse pas uniquement à la valeur générée pour l'entreprise. L'analyse est plutôt étendue aux différentes parties bénéficiaires qui ont des relations avec l'entreprise et qui sont concernées par les conséquences de la décision stratégique évaluée. On peut ainsi considérer la valeur générée pour les clients qui est justement le type de valeur que tente de maximiser une méthodologie de type Analyse de la Valeur, en partant du paradigme que le fait de maximiser cette valeur pour les clients est à terme vertueux pour l'entreprise.

Le caractère **subjectif** de la valeur est dû au fait que chaque partie bénéficiaire perçoit la valeur selon un référentiel propre qui correspond à ses critères d'appréciation ; on parle de système ou référentiel de préférences selon la théorie de l'aide à la décision

Par "**multicritère**", nous voulons dire que la valeur du point de vue d'une partie bénéficiaire dépend de plusieurs critères. La valeur pour une partie résulte de l'agrégation des appréciations des différents critères pris en compte par cette partie[6].

D'autre part, et pour passer d'une logique valeur de produit à une approche processus de formation de la valeur, les critères d'appréciation que nous considérons ne sont pas limités aux caractéristiques du produit mais ils concernent de façon plus générale les indicateurs de performances : performances locales des différentes activités et performances globales de l'entreprise. Dès lors, l'enjeu est d'établir des **corrélations** fiables entre indicateurs internes et locaux et une valeur finale dans un sens large.

[6] En parlant d'agrégation de valeurs élémentaires en une « valeur globale résultante », nous adoptons ici implicitement le point de vue l'école normative d'aide à la décision qui considère qu'un schéma de préférences global peut être exprimé (indépendamment des alternatives) sous la forme d'une agrégation de préférences entre critères. Cette approche est à opposer à l'école constructiviste qui ne suppose aucun schéma prédéfini de préférences dans l'esprit du décideur avant que ne débute le processus de choix.

Le schéma de la figure 4.2 présente les relations que nous proposons pour lier les divers éléments d'un réseau de valeur.

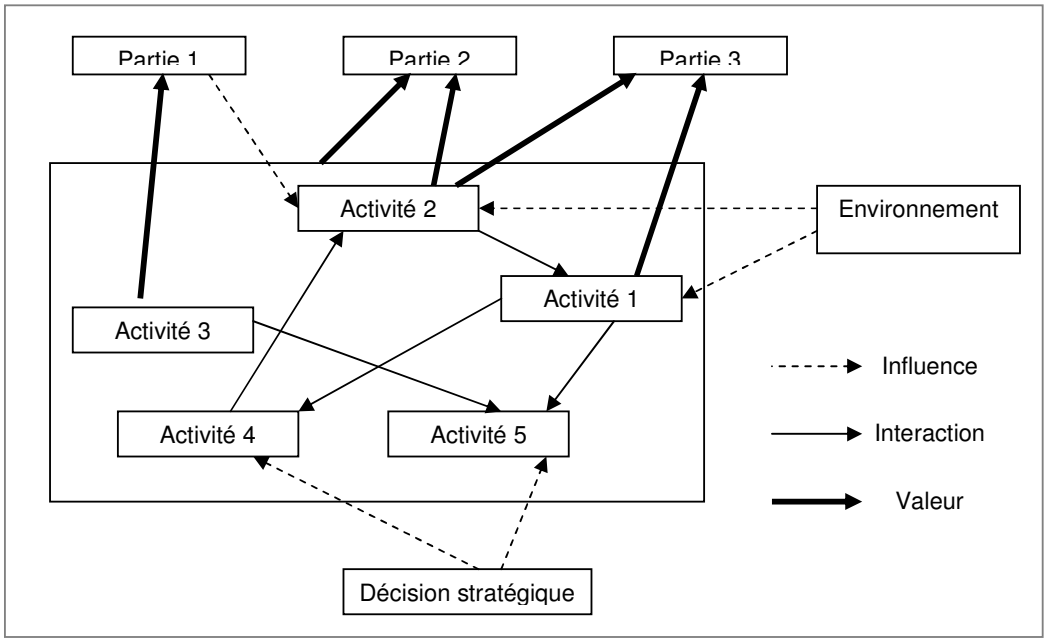


Figure 4.2 Notre vision d'un réseau de valeur

Les relations qui peuvent exister entre les éléments d'un réseau de valeur sont de trois types :

- Les influences que peuvent impliquer des éléments de l'environnement économique et industriel de l'entreprise ou des facteurs conjoncturels sur les performances des activités.
- Les interactions qui existent entre les activités de l'entreprise. Une interaction représente une relation de cause à effet entre les performances de deux activités.
- Les flux de valeurs vont de l'entreprise et de ses activités vers les parties bénéficiaires. La valeur générée pour une partie résulte de son appréciation de certains indicateurs de performances de l'entreprise et de ses activités.

Dans son analyse des relations qui existent entre les éléments d'un réseau de valeurs, la méthode que nous proposons distingue deux types d'influences :

- Les influences associées à des **flux matériels ou informationnels**. Par exemple, les caractéristiques d'un flux de composants allant d'une activité *A* à une activité *B* dépendent, a priori, des performances de *A* et influencent, a priori, les performances de *B*.

- Les influences non associées à des flux matériels ou informationnels et que nous désignons par influences **indirectes**. Par exemple, une innovation majeure faite par un concurrent peut influencer les performances de certaines activités de l'entreprise sans qu'il n'y ait de flux entre le concurrent et ces activités.

Si Galanos [Galanos 98] utilise, pour évaluer la relation fournisseur – client, le principe de qualité d'échange qu'il définit comme étant la satisfaction que chaque partie retire de l'échange, le modèle "réseau de valeur" s'intéresse aux valeurs générées par une décision stratégique pour l'ensemble des parties bénéficiaires de l'activité de l'entreprise et concernées par cette décision.

Tenir compte de l'ensemble des parties bénéficiaires lors de l'évaluation a priori d'une décision est très important. C'est ce qu'essaye de faire une approche récemment développée par Ishii [Ishii 01] et dite "chaîne de valeur – clients" (Customer Value Chain). Cette approche considère les parties bénéficiaires comme des clients à satisfaire et préconise l'analyse de l'équilibre gains - investissement ou satisfaction de chaque partie pour évaluer a priori l'intérêt ou la faisabilité d'un projet de lancement d'un nouveau produit. L'outil graphique principal proposé par cette approche est une cartographie visuelle qui sert à identifier les parties et les relations qui les lient tout au long du cycle de vie du produit en cours de conception [Ishii 01]. Les principales

étapes d'une analyse "chaîne de valeurs – clients" sont les suivantes [Donaldson et al. 04] :

- Déterminer les parties (désignées toutes par "clients") impliquées dans le cycle de vie du produit.
- Déterminer les relations d'échange matériel et informationnel qui existent entre l'entreprise et ses clients et entre les clients eux-mêmes ; et caractériser ces relations en définissant les flux qui les concrétisent. La figure 4.3 donne un exemple de chaîne de valeurs - clients correspondant au projet de développement d'une machine de distributions de boissons fraîches.

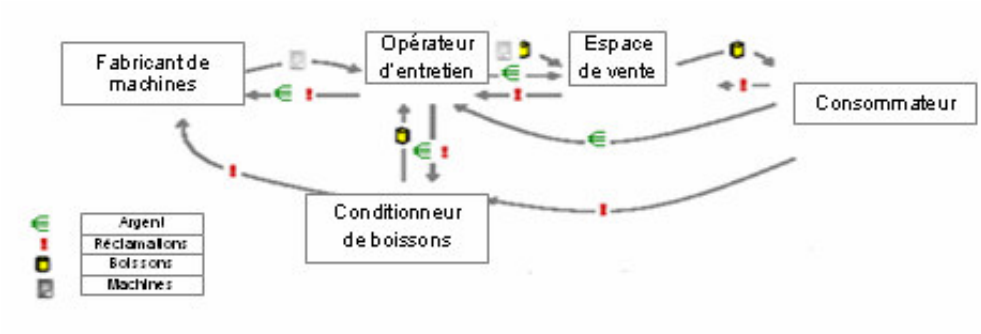


Figure 3 Exemple de chaîne de valeur – clients ([Donaldson et al. 04])

L'analyse du projet de lancement de ce produit (machine de vente de boissons) inclut quatre flux : flux monétaires, réclamations, boissons et machines.

- L'analyse de la chaîne consiste à déterminer d'une part les clients les plus impliqués (ayant le plus grand nombre de flux échangés) et d'autre part les éventuels points de faiblesse susceptibles de causer l'échec sur le marché du produit développé. Un point de faiblesse de la chaîne apparaît quand un flux en entrée ou en sortie d'une partie n'est pas contrebalancé par un flux dans le sens inverse; ce cas indique un problème potentiel de manque de retour sur investissement pour l'un des clients.

La "chaîne de valeur – clients" présente l'avantage de prendre en compte la satisfaction d'autres parties bénéficiaires que l'entreprise et de modéliser les flux qui caractérisent les relations existantes entre l'entreprise et ces parties. Toutefois, elle demeure une approche d'analyse qualitative dans l'appréhension de la satisfaction d'une partie et de la pertinence d'un projet d'action. De plus, c'est une approche statique qui ne fait pas intervenir le facteur temps dans l'analyse menée.

La méthode d'évaluation, SimulValor, associée au modèle de réseau de valeurs est une approche qui tente de **quantifier** la satisfaction des différentes parties. En outre, l'évaluation des conséquences d'une décision stratégique en termes de valeurs générées pour les parties bénéficiaires est basée sur une simulation **dynamique** des différentes relations de causalité qui lient les éléments du réseau de valeurs.

4.5. Conclusion

Le modèle de réseau de valeur est un modèle de transformation de valeurs en entreprise. Les valeurs produites concernent l'entreprise elle-même mais aussi les autres parties qui sont bénéficiaires c'est-à-dire qui en retirent un intérêt ou une satisfaction.

La génération de la valeur est appréhendée par une approche par les activités qui considère que la valeur pour une partie résulte de son niveau d'appréciation d'un certain nombre d'indicateurs de performances des activités réalisées par l'entreprise.

Au niveau de chaque activité, les indicateurs de performances dépendent causalement des autres éléments du réseau de valeurs : les décisions managériales, l'environnement de l'entreprise, les parties de l'entreprise et les autres activités.

La méthode d'aide à la décision SimulValor que nous avons développée utilise, quant à elle, la simulation dynamique pour évaluer les impacts des décisions stratégiques sur les valeurs générées par l'entreprise.

Langage de modélisation SimulValor

5.1. Introduction

Lors de la modélisation des activités et des performances en entreprise, on s'intéresse de façon générale à des phénomènes qui combinent des données de type « matériel » et des données de type « informationnel ». Les premières sont liées aux aspects physiques du déroulement des activités : les stocks de matières, les flux de composants, les taux de production… Les secondes sont liées aux informations échangées et reflètent les interactions existantes entre les différentes composantes du système industriel modélisé : décisions, ressources, activités, performances…

D'autre part, les différentes variables qui entrent en jeu dans la modélisation des activités et des performances sont de deux types : des variables quantitatives (coûts, délais, quantités de composants ou de produits …) et des variables qualitatives (appréciation des paramètres d'efficacité, satisfaction des clients, valeurs perçues par les différentes parties…).

Dès lors, un modèle d'activités et de performances pertinent du point de vue représentativité et aide à l'analyse et à la prise de décision devrait combiner les deux aspects matériel et informationnel et inclure des variables quantitatives et qualitatives.

Dans le chapitre 3, on a vu que la dynamique des systèmes, à travers son principe de modélisation et ses concepts génériques, a montré une applicabilité intéressante dans le domaine industriel et qu'elle est utilisée pour développer des modèles d'entreprise et ceci à différents niveaux décisionnels. Toutefois, les modèles de la Dynamique des Systèmes présentent les inconvénients de la complexité visuelle et du manque d'efficacité communicationnelle.

Les KPG (Kinetic Process Graphs ou graphes de processus cinétiques), développés par Jacques LeFèvre [Lefèvre 2002], constituent une extension de la Dynamique des Systèmes qui adopte des notions des graphes de liaisons

(Bond Graphs) et de la cinétique chimique. Les modèles KPG sont plus communicatifs et visuellement moins complexes (plus parcimonieux) que les modèles de dynamique des systèmes.

L'annexe 2 donne un aperçu des principes de base des KPG.

Ce chapitre est une présentation d'un langage de modélisation du réseau de valeurs en entreprise proposé par le présent travail de recherche. Ce langage est une extension des diagrammes « stocks-flux » utilisés en dynamique des systèmes ; une extension qui adopte et adapte des éléments structurels et des principes de modélisation graphique proposés par les Kinetic Process Graphs. L'apport visé de ce langage proposé est une meilleure représentation des caractéristiques des influences causales liant les éléments d'un réseau de valeurs tout en gardant l'essentiel de la représentation des transformations physiques et matérielles impliquées.

5.2. Structure du langage de modélisation

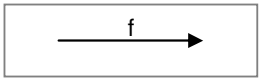
Le niveau d'analyse adopté par la méthode d'aide à la décision SimulValor est un niveau intermédiaire entre le niveau stratégique qui met l'accent sur les valeurs générées pour l'ensemble des parties intéressées et un niveau macro-opérationnel qui s'intéresse à l'architecture des activités de l'entreprise.

Dès lors, le langage de modélisation proposé combine deux types d'éléments structurels : le premier sert à avoir une vue à caractère physique du système industriel modélisé, le second en représente le côté informationnel.

5.2.1. Vue physique

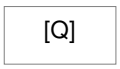
Les éléments structurels de cette vue sont les suivants :

- Flux matériel :



La circulation d'entités de type matériel (matières, commandes, temps, coûts…) est représentée par une flèche continue unidirectionnelle. La variable f associée au flux représente son débit temporel.

- Stock :



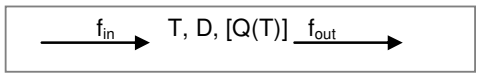
Cet élément représente l'accumulation d'une quantité d'entités de type matériel. La valeur numérique Q d'un stock dépend des valeurs des flux qui y entrent et en sortent.

- **Stock constant** :

Un stock particulier est le stock constant désigné par l'élément suivant :



Cet élément sert à modéliser un stock situé en dehors des limites du système étudié et analysé ; ainsi, on ne s'intéresse pas aux variations de ce



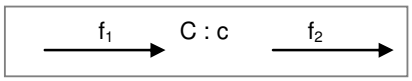
type de stocks.

- **Bloc de transformation** :

Les deux flèches d'entrée et de sortie sont des flux physiques. Ces flux peuvent être simples (constitués d'entités d'un même type) ou composites (constitués d'entités de différents types). La valeur T du bloc indique le taux temporel de transformation des entrées en sorties. Cette valeur est imposée au flux intrant (f_{in} (t) = T(t)) et à celui sortant avec un retard (délai) D (f_{out} (t) = T(t-D)). D est le temps pris par la transformation. [Q(T)] est le stock des entités en cours de transformation.

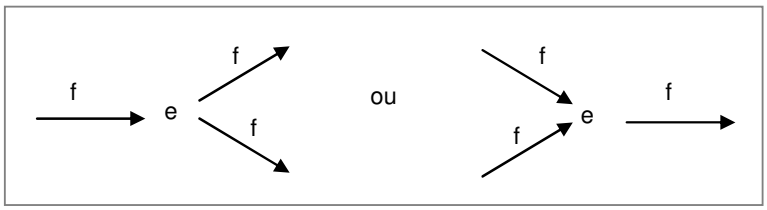
Au niveau de la vue physique, les blocs de transformation sont les éléments causalement dominants : la valeur de tout flux matériel lié directement à un bloc de transformation, c'est-à-dire sans existence de stock intermédiaire entre le flux et le bloc, dépend causalement du taux de transformation T de ce bloc.

- Coefficient :



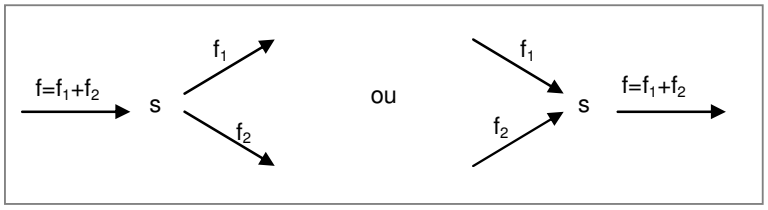
Les deux flèches en entrée et en sortie représentent deux flux d'un même type d'entités. La relation qui lie les valeurs de ces deux flux est $f_2 = c * f_1$.

- Jonction d'égalisation :



Dans un cas, cet élément impose la valeur d'un flux entrant à un ensemble de flux sortants. Dans l'autre, il impose la valeur d'un flux sortant à un ensemble de flux intrants.

- Jonction de conservation :



Dans un cas, la valeur d'un flux intrant est égale à la somme des valeurs d'un ensemble de flux sortants. Dans l'autre cas, la valeur d'un flux sortant est égale à la somme des valeurs d'un ensemble de flux intrants.

Ces éléments modélisent la vue physique d'un modèle valorique. Cette vue décrit :

- les flux de type matériel,

- les niveaux des stocks de type matériel.

Considérons par exemple le modèle physique suivant (figure 5.1).

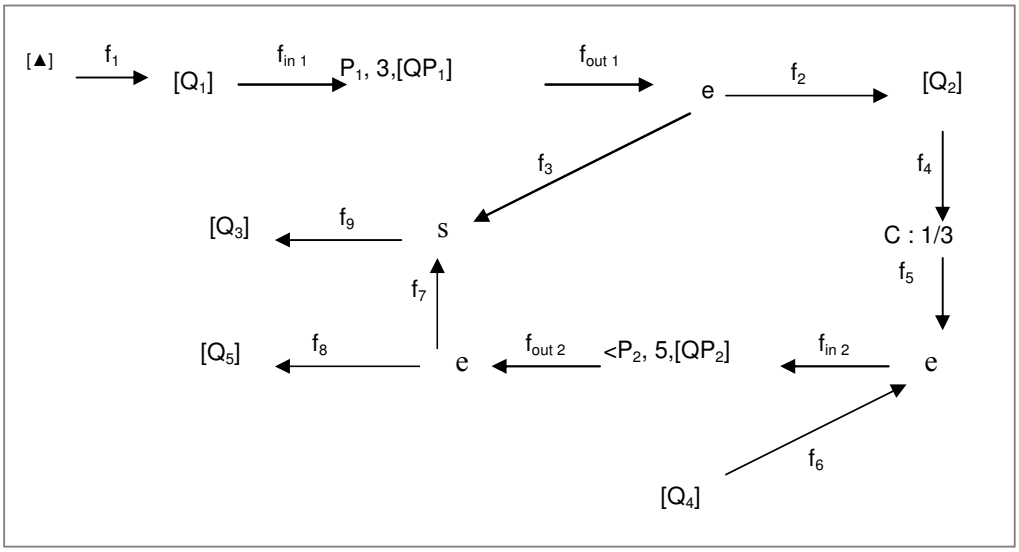


Figure 5.1 Exemple d'un modèle physique

Ce modèle comprend :

- cinq stocks (Q_1, …, Q_5) et un stock constant.

- deux blocs de transformation : P_1 (avec un délai de 3 unités de temps) et P_2 (avec un délai de 5 unités de temps).

- un ensemble de flux matériels dont un (f_1) qui est physiquement indépendant des blocs de transformation et le reste dépend des deux blocs.

Pour calculer les niveaux des stocks à chaque instant t, il suffit d'avoir les taux de transformation des deux processus ($P_1(t)$ et $P_2(t)$) et les valeurs initiales des stocks ; en plus de la valeur du flux indépendant $f_1(t)$. En effet, la

valeur du taux de P_1 suffit pour calculer les flux connectés directement à ce bloc de transformation et qui sont f_{in1}, f_{out1}, f_2 et f_3 par les formules suivantes :

$f_{in1}(t) = P_1(t)$; $f_{out1} = P_1(t-3)$;

$f_2(t) = f_3(t) = f_{out1}(t)$;

De la même manière, la valeur du taux de P_2 sert à calculer les valeurs des flux suivants :

$f_{in2}(t) = P_2(t)$; $f_{out2} = P_2(t-5)$;

$f_5(t) = f_6(t) = f_{in2}(t)$;

$f_7(t) = f_8(t) = f_{out2}(t)$;

La valeur de f_4 est calculée à partir de celle de f_5 en appliquant la formule du coefficient (C :1/3) : $f_4(t) = 3 * f_5(t)$.

La valeur de f_{10} est calculée à partir de celles de f_3 est f_7 en appliquant la formule de la jonction s : $f_9(t) = f_3(t) + f_7(t)$.

Enfin, les valeurs des stocks Qi sont calculées par la formule générique :

$$Q_i(t) = Q_i(t_0) + \int_{t_0}^{t} (\sum flux\ en\ entrée\ (t) - \sum flux\ en\ sortie\ (t))\, dt$$

5.2.2. Vue informationnelle

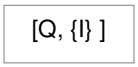
Les éléments structurels de cette vue sont les suivants :

- Flux d'influence causale :



Cet élément indique une influence causale directe entre les deux variables liées. En d'autres termes, le calcul de la variable influencée fait intervenir la variable influençante.

- Composante informationnelle d'un stock :



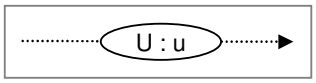
C'est une information qui décrit le stock et son contenu : par exemple coût d'achat pour un stock de matières.

- Information immatérielle :



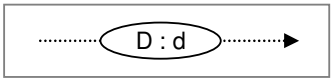
C'est une information qui intervient dans la structure causale du système industriel modélisé mais qui ne concerne pas nécessairement un stock bien précis : l'image de l'entreprise par exemple.

- Estimateur d'utilité :



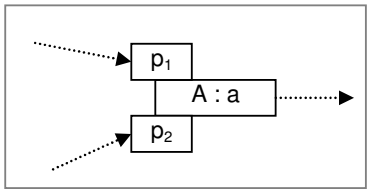
Superposé à un flux d'influence, cet élément indique que la variable influençante n'influence pas numériquement par sa valeur brute mais à travers une fonction d'utilité qui convertit sa valeur brute en une valeur d'utilité entre 0 et 1. C'est cette utilité qui est utilisée dans le calcul de la variable influencée.

- Indicateur de délai d'influence :



Superposé à un flux d'influence, cet élément indique le délai mis par la variable influencée pour prendre en compte une variation de la valeur transmise par l'influence. En d'autres termes, les variations de la variable influençante sont prises en compte par la variable influencée avec un retard égal à d.

- Agrégateur d'utilités :



Quand une variable reçoit plus d'une influence et que ces influences sont quantifiées par des fonctions d'utilité, ces influences peuvent être agrégées avant de passer à la variable influencée à l'aide de cet élément. Les poids indiqués sur l'agrégateur indiquent pour chaque influence son coefficient d'importance lors de l'agrégation. Cet élément donne en sortie une moyenne arithmétique des flux en entrée en tenant compte des poids indiqués.

Ces six éléments modélisent la vue informationnelle d'un modèle valorique. Cette vue décrit la structure causale du système modélisé.

Lors de la construction de la vue informationnelle d'un modèle SimulValor, les règles de cohérence syntaxique et sémantique suivantes sont à respecter :

- un flux d'influence causale ne peut pas partir de ou aller vers l'un des éléments suivants : un stock constant, une jonction d'égalisation, une jonction de conservation, un estimateur d'utilité, un indicateur de délai d'influence ni un agrégateur d'utilités.

- La somme des poids renseignés au niveau des flux d'influences convergents vers un élément donné doit être égale à 1.

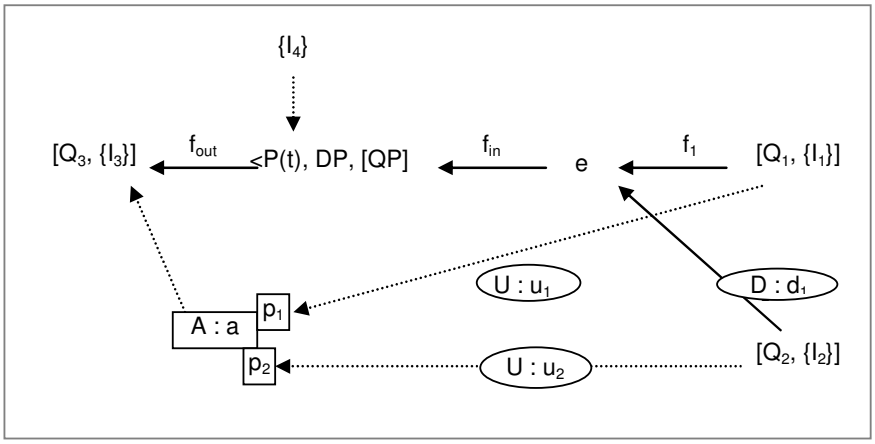


Figure 5.2 Exemples d'éléments informationnels

L'utilisation des éléments de cette vue est illustrée par l'exemple schématisé par la figure 5.2.

La vue physique de ce modèle représente un bloc de transformation P qui consomme des entités provenant de deux stocks Q_1 et Q_2 et produit des entités qui vont vers un stock Q_3. La vue informationnelle spécifie les points suivants :

- la valeur du taux temporel du bloc de transformation dépend d'une variable informationnelle immatérielle I_4. Elle est donnée par la formule suivante : $P(t) = f(I_4(t),t)$ où f est une fonction numérique.

- Les trois stocks sont dotés de trois variables informationnelles décrivant certaines de leurs caractéristiques. La variable I_3 liée au stock de produits est influencée par les variables I_1 et I_2. Chacune de ces deux influences implique une estimation d'utilité à l'aide de deux fonctions d'utilité qui sont respectivement u_1 et u_2. L'influence de I_1 sur I_3 prend un délai égal à d_1. Les deux variables d'utilité sont agrégées. Les poids affectés à I_1 et I_2 dans le calcul de I_3 sont respectivement égaux à p_1 et p_2. Si, par exemple, la fonction d'agrégation est une fonction additive, la valeur de l'influence agrégée a(t) véhiculée vers I_3 est donnée par :

$a(t) = p_1 *$ information venant de $Q_1 + p_2 *$ information venant de Q_2

$= p_1 * u_1(I_1(t-d_1)) + p_2 * u_2(I_2(t))$.

5.2.3. Importance des poids et des délais

La mise en exergue dans le langage présenté ci-dessus des caractéristiques de poids et de délai lors de la représentation des influences causales est due à l'importance de ces deux caractéristiques. En effet, la variation d'une variable influencée par plus d'une variable dépend fortement des poids des influences qu'elle subit et des délais de concrétisation de ces influences.

Prenons par exemple le cas simple d'une variable I influencée par deux variables d'utilité I_1 et I_2 selon le schéma de la figure 5.3 suivante.

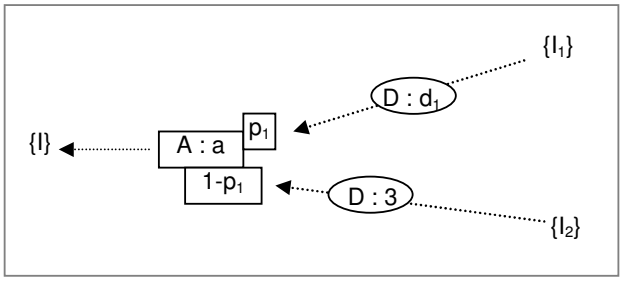


Figure 5.3 Exemple d'influences temporellement différées

Supposons que I est donnée par : $I(t) = a(t) * I_n$, où I_n est une valeur nominale égale à 50. L'élément agrégateur transmet à I la valeur calculée par la formule suivante :

$$a(t) = p_1 * I_1(t-d_1) + (1-p_1) * I_2(t-3).$$

On considère un horizon temporel de 15 unités de temps et des allures opposées des deux variables I_1 (croissante) et I_2 (décroissante) ; ces allures sont données par la figure 5.4.

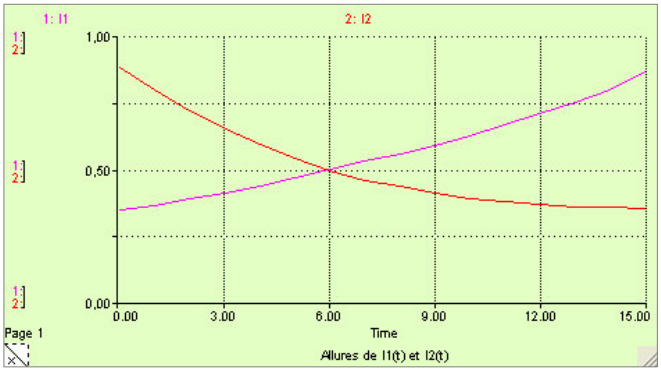


Figure 5.4 Allures de I_1 (t) et I_2 (t)

Maintenant, on va faire varier p_1 et d_1 pour voir leur impact sur les valeurs prises par I. Dans un premier temps, on fixe d1 à 3 unités de temps (même délai que I_2) et on fait varier p_1. La figure 5 donne les courbes résultantes de I(t) pour des valeurs de p1 allant de 0.1 à 0.9 (avec des pas de 0.2).

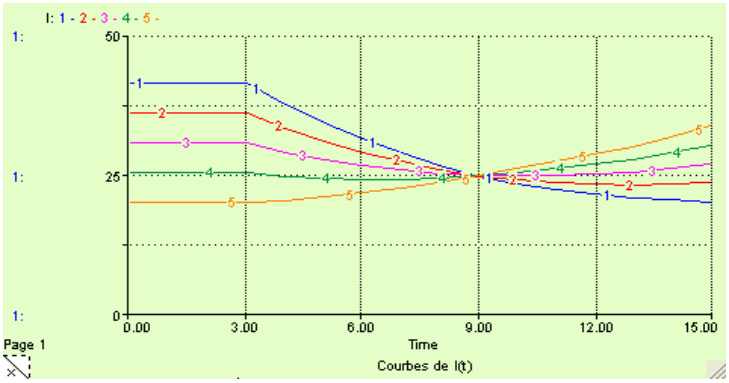


Figure 5.5 Impact de la hausse de p1 sur les valeurs prises par I(t)

La figure 5.5 montre que (évidemment) au fur et à mesure que le poids de I_1 augmente, la pente de décroissance de I diminue jusqu'à ce que I_1 arrive à imposer son allure croissante sur la variation de I.

Maintenant, on fixe p_1 à 0.7 (ce qui correspond à la courbe (4) de la figure 5.5) et on fait varier d_1. La figure 5.6 donne les courbes résultantes de I(t) pour des valeurs de d_1 allant de 1 à 9 unités de temps (avec des pas de 2 unités).

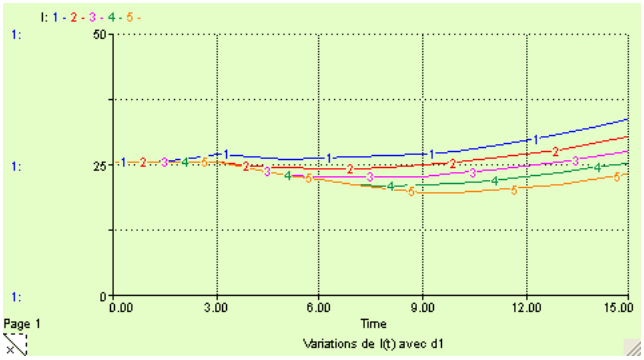


Figure 5.6 Impact de la hausse de d1 sur les valeurs prises par I(t)

La figure 5.6 montre qu'au fur et à mesure que le délai de concrétisation de l'influence de I_1 sur I augmente, son effet devient de moins en moins important. Ainsi, pour tout instant t entre 0 et 15 la valeur de I(t) diminue quand le délai d_1 augmente.

A travers cet exemple simple, on voit l'importance pour la représentation de la structure causale de voir les délais et les poids des influences. On vient de vérifier cela sur l'agrégation de deux influences sur une seule variable. Dès lors, cet effet est important dans des structures plus complexes où plusieurs variables sont influencées par différentes autres variables et avec différents poids d'importances et différents délais.

5.2.4. Exemple de modélisation

Le système modélisé dans cet exemple de modélisation valorique comprend un processus commercial et un processus de production. La figure 5.7 représente d'abord la vue physique du modèle développé.

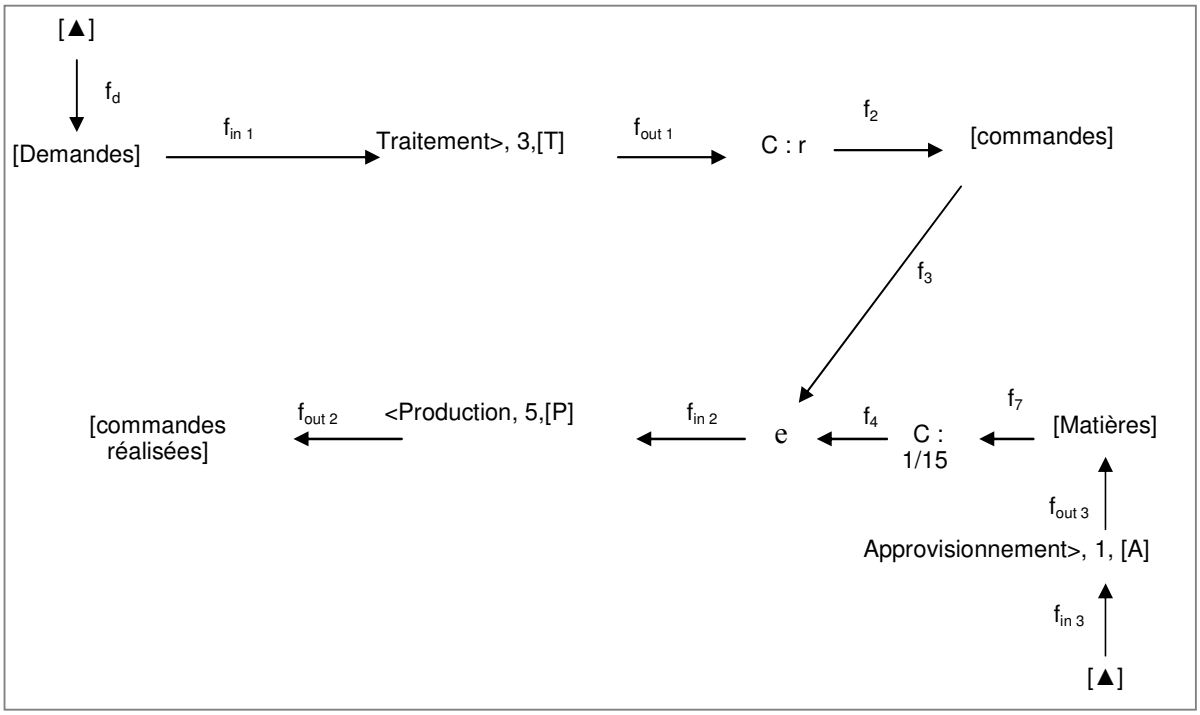


Figure 5.7 Exemple industriel : modèle physique

Les stocks représentent :

- Les demandes provenant des clients : la valeur du stock correspond au nombre de demandes reçues et non encore traitées.

- Les commandes fermes (supposées être toutes de même taille) : la valeur du stock correspond au nombre de commandes reçues et non encore passées à la production. Le coefficient (C :r) rend compte du taux de réussite commerciale à transformer des demandes en des commandes.

- Le personnel : considérés comme polyvalents, les employés contribuent aux activités de traitement des demandes et de production. La valeur du stock correspond au nombre d'employés disponibles (non affectés à une activité).

- Les machines utilisées pour la production.

- Les matières transformées lors de la production.

- Les commandes réalisées.

Les blocs de transformation représentent :

- une activité commerciale de traitement des demandes : le traitement d'une demande prend trois semaines de temps. Un stock T correspond aux demandes en cours de traitement.

- une activité de production : la production correspondante à une commande consomme 15 unités de matières et prend un délai de cinq semaines. Un stock P correspond aux commandes en cours de traitement.

- une activité d'approvisionnement en matières premières. Un délai d'approvisionnement d'une semaine est considéré. Un stock A correspond à la quantité de matière en cours d'approvisionnement.

Les valeurs des taux temporels des blocs de transformation suffisent pour calculer les valeurs de l'ensemble des flux de la vue physique (à l'exception de f_d qui ne dépend pas physiquement de ces trois processus). En effet, la valeur du taux Traitement(t) permet de calculer les flux suivants :

$f_{in1}(t)$ = Traitement(t), f_{out1} = Traitement (t+3) ;

$f_2 = r * f_{out1}$;

$f_{in2}(t)$ = Production(t), f_{out2} = Production (t+5) ;

$f_3 (t) = f_4 (t) = f_{in2} (t)$;

$f_7 (t) = 15 * f_4 (t)$;

$f_{in3}(t)$ = Approvisionnement(t), f_{out3} = Approvisionnement (t+1).

La figure 5.7 présente le modèle valorique complet dans lequel la vue informationnelle est superposée à la vue physique.

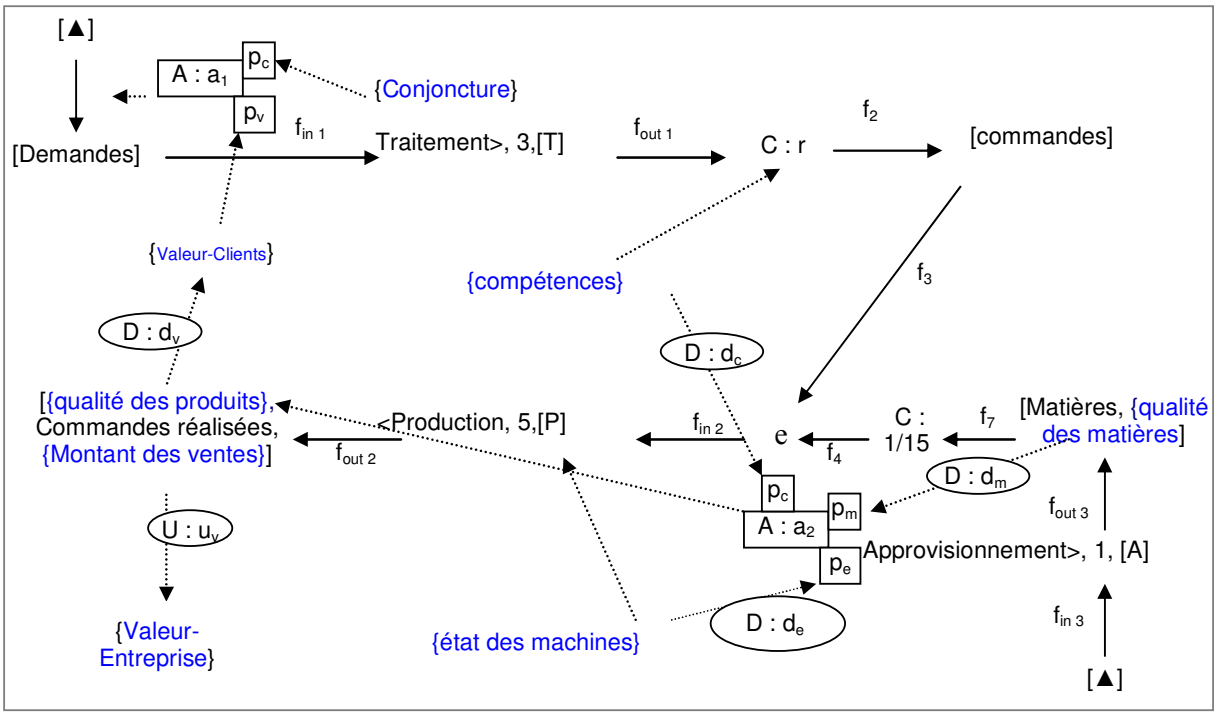


Figure 5.7 Exemple : modèle valorique (vue physique et vue informationnelle)

Les variables informationnelles introduites par la vue informationnelle sont les suivantes :

- trois variables immatérielles : une variable « conjoncture » qui décrit qualitativement la conjoncture économique. Deux variables qualitatives « valeur-clients » et « valeur entreprise » décrivent qualitativement la valeur générée par l'entreprise pour ces deux parties.

- Deux variables immatérielles : Il s'agit des variables qualitatives « compétences » et « état des machines ».

- Une composante informationnelle est ajoutée au stock « matières ». Il s'agit de la variable qualitative « qualité des matières ».

- Deux composantes informationnelles sont ajoutées au stock « commandes réalisées ». Il s'agit de la variable qualitative « qualité des produits» et de la variable quantitative « montant des ventes ».

Les influences causales introduites par la vue informationnelle sont les suivantes :

- Le flux de réception de demandes, f_d, est influencé par la conjoncture et la valeur-clients. Les influences de ces deux variables sur le flux de demandes ont respectivement les deux poids p_c et p_v.

- Les compétences du personnel influencent le taux de réussite commerciale r.

- L'état des machines influence le taux de production.

- La qualité des produits est influencée par la qualité des matières, l'état des machines et les compétences du personnel. Les délais respectifs de ces influences sont d_m, d_e et d_c. Leurs poids respectifs sont p_m, p_e et p_c.

- La valeur-clients dépend causalement de la qualité des produits avec un délai d_v.

- Une fonction d'utilité u_v est utilisée pour calculer la valeur-entreprise en fonction du montant des ventes. Cette fonction décrit les préférences de l'entreprise en ce qui concerne les montants possibles. Pour chaque niveau de vente possible, un niveau d'appréciation est associé. La valeur de cette appréciation est égale, dans cet exemple, à la valeur générée pour l'entreprise.

5.3. Apports spécifiques de SimulValor

En ce qui concerne la vue physique de SimulValor, les modifications suivantes sont apportées par rapport au Kinetic Process Graphs.

Pour les blocs de transformation, SimulValor considère un seul sens de transformation. Donc, le double sens de transformation ou signe du taux P(t) introduit par les KPG n'est pas adopté. Pour les flux matériels, un seul sens de circulation est possible. Pour SimulValor, il n'y a pas de flux négatifs. Ceux-ci sont positifs ou nuls. Une valeur nulle est attribuée au flux si sa valeur est positive mais le stock dans lequel il puise est vide.

Cette adaptation est due au fait que dans SimulValor, nous préférons étaler le plus possible les différents éléments physiques qui apparaissent à différentes phases du processus physique pour mettre en exergue les différences apportées aux critères et facteurs valoriques à différents niveaux du processus physique. Les flux et processus à sens double sont utiles, dans les KPG, pour réduire la complexité visuelle des modèles et représenter conjointement des processus et des flux qui sont réalisés dans des sens opposés.

Les marqueurs circulaires de causalité introduits par les KPG pour spécifier pour un flux le côté dominant causalement (l'origine du flux ou sa destination) ne sont pas inclus dans la vue physique de SimulValor. Ce dernier introduit plutôt les conditions de dominance causale des taux de transformation sur les flux non séparés du bloc de transformation par un stock et de sens unique des flux. Ces deux conditions font que les marqueurs deviennent sans utilité.

En ce qui concerne la vue informationnelle, SimulValor propose une vue enrichie par rapport aux KPG. En effet, un élément majeur proposé par les KPG est celui relatif à l'ajout des petit traits au dessus des flux matériels pour représenter des influences causales. Ceci est dû au fait que les KPG introduisent cet élément dans un souci de réduction du nombre de liens de causalité en dissolvant certains de ces derniers dans les flux matériels. SimulValor n'adopte pas cette solution et choisit plutôt de mettre en exergue les influences causales et leurs caractéristiques, au détriment probablement d'un surcoût dans la complexité visuelle du modèle.

L'élément « information immatérielle » sert à modéliser des variables **qualitatives** qui peuvent intervenir dans le réseau de valeur sans être associées à des stocks particuliers. Tel est le cas par exemple des influences environnementales, de l'image de l'entreprise, de l'ambiance de travail…

Les éléments « estimateur d'utilité », « délai d'influence » et « agrégateur d'utilités » sont proposés par SimulValor pour détailler et

représenter les caractéristiques des **influences** causales impliquées dans le réseau de valeur. L'importance de ces influences provient du fait qu'elles sont la cause du **comportement** dynamique du réseau de valeurs. Ainsi, le fait de les représenter fournit une possibilité d'analyse causale (temporelle et qualitative) des divers comportements que peuvent présenter les variables du modèle et surtout les valeurs générées.

5.4. Comparaison de SimulValor à d'autres approches de modélisation

Dans ce paragraphe, le langage SimulValor est comparé aux approches usuelles de modélisation d'entreprise suivantes : IDEF0 et GRAI.

5.4.1. Comparaison avec la modélisation IDEF0

Les modèles IDEF sont des représentations graphiques de systèmes. Ils permettent de modéliser les opérations et les systèmes d'information d'une entreprise. Le modèle IDEF0 est le modèle générique le plus représentatif de la famille des modèles IDEF. IDEF0 s'intéresse à la modélisation des activités.

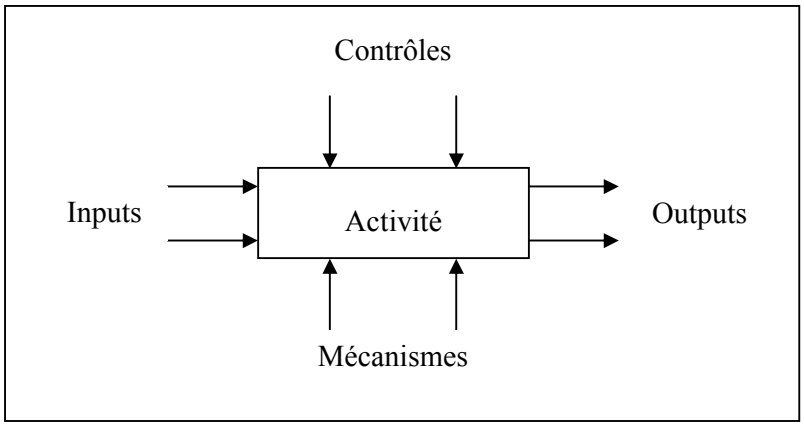


Figure 5.8 **IDEF0 : Schéma générique d'une activité**

Les inputs sont les ressources consommées ou transformées par l'activité. Les outputs sont les éléments résultants de cette consommation ou transformation. Les contrôles représentent les facteurs qui contraignent le déroulement de l'activité. Les mécanismes sont les moyens utilisés pour effectuer l'activité.

Les modèles IDEF modélisent l'entreprise d'un point de vue opérationnel focalisant sur le déroulement des activités.

SimulValor est plus riche que IDEF0. En effet, d'une part, les notions d'(activité, inputs, outputs), contrôles et mécanismes de l'approche IDEF0 sont couvertes dans SimulValor respectivement par les notions de (bloc de transformation ou activité, stocks en entrée, stocks en sortie et informations immatérielles), flux d'influence et ressources.

D'autre part, SimulValor modélise des notions non prises en compte par IDEF0 : les performances, les préférences et les valeurs et l'aspect temporel du déroulement des activités et des influences entre les éléments du modèle.

5.4.2. Comparaison avec la modélisation GRAI

La méthode GRAI ([Doumeingts 84], [Eynard 1999]) s'intéresse à l'architecture des processus et à la structure décisionnelle de l'entreprise. Elle propose un modèle de grille décisionnelle (figure 5.9) basée sur une décomposition du système de décision suivant deux axes : temporel et fonctionnel. La décomposition temporelle se fait par période de décision décroissante et la décomposition fonctionnelle se fait suivant les différentes fonctions de l'entreprise.

Un centre de décision est défini comme étant le croisement d'un niveau décisionnel et d'un niveau fonctionnel. Un centre de décision est un ensemble d'activités de même horizon et même période exécutées suivant les mêmes objectifs.

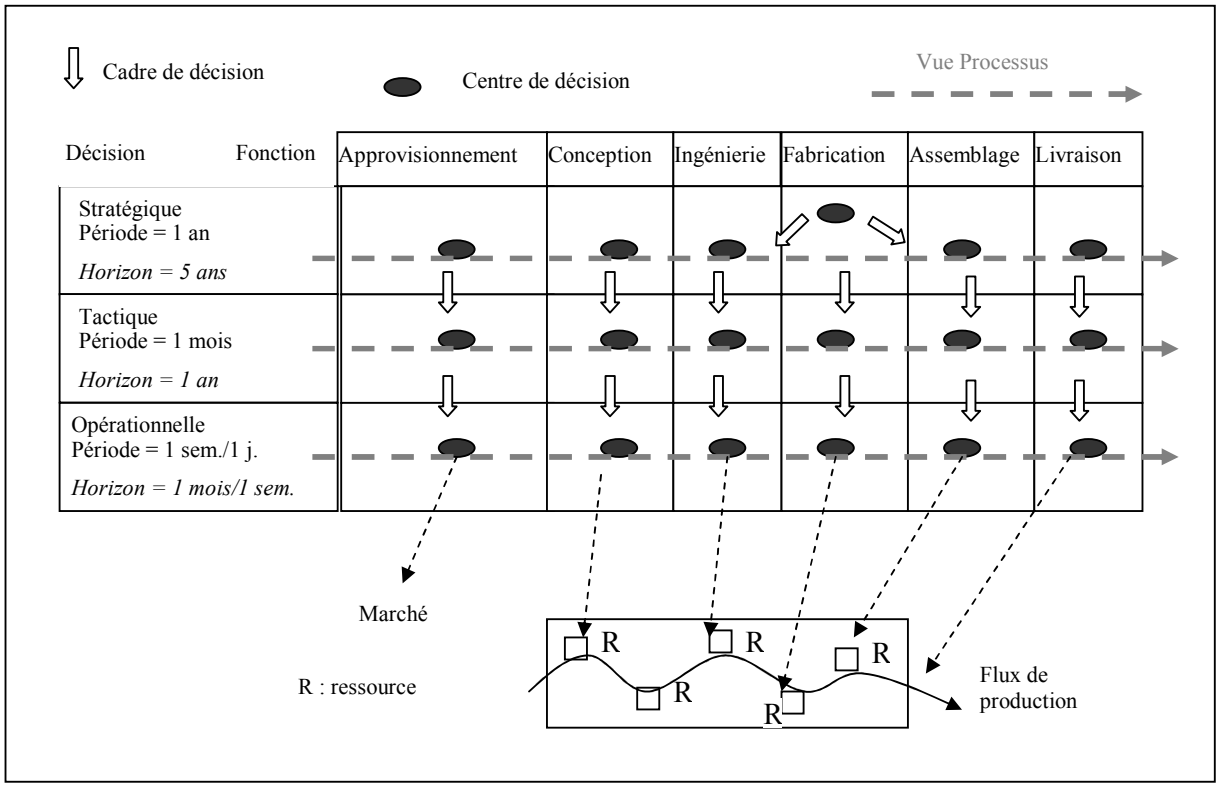


Figure 5.9 **Grille décisionnelle GRAI**

Les centres de décision peuvent s'échanger des décisions ou d'autres informations (objectifs, variables de décision, critères de performances et contraintes) transmis au moyen des cadres de décision. Les variables de décision représentent les points d'action disponibles pour atteindre les objectifs. Le centre de décision a pour mission d'utiliser les moyens mis à sa disposition pour atteindre les objectifs transmis par le cadre de décision. Les décisions prises sont transmises au centre de décision inférieur ou au système physique de production par le cadre de décision.

Les résultats de ces décisions sont évalués par des indicateurs de performance qui sont communiqués de façon ascendante afin que les centres de décision vérifient la satisfaction des objectifs qui leur sont assignés et envisagent éventuellement de nouvelles décisions.

SimulValor et GRAI ont les points de ressemblance suivants :

- les deux méthodes prennent en compte les deux notions de décision et de performance et modélisent le cadre informationnel qui lie ces deux notions.

- les deux méthodes adoptent une approche globale de l'ensemble des activités et des performances de l'entreprise.

- SimulValor considère que les valeurs générées pour les parties bénéficiaires sont des agrégations des appréciations des différentes performances des activités de l'entreprise. Le modèle GRAI du système décisionnel constitue un cadre de décomposition et d'agrégation des informations liées aux performances de l'entreprise aux différents niveaux de management.

D'autre part, les différences suivantes existent entre SimulValor et GRAI :

- La méthode SimulValor concentre son analyse sur la notion de performance. Elle modélise l'ensemble des phénomènes qui influencent les performances des activités. De son côté, GRAI s'intéresse plutôt à la notion de décision. Elle modélise les éléments pris en compte lors de la prise de décision au niveau de chacun des centres décisionnels.

- La méthode SimulValor a pour but d'évaluer des décisions stratégiques pour apporter une aide à la comparaison d'alternatives et au choix fait par les managers. La méthode GRAI a pour but d'analyser et de concevoir des systèmes décisionnels pour apporter une aide au pilotage cohérent de l'ensemble des activités de l'entreprise à différents niveaux de de décision (stratégique, tactique, opérationnelle).

- SimulValor est une méthode de modélisation des influences causales qui impactent les performances et d'évaluation de décisions stratégique, alors que GRAI est une méthode de modélisation des processus décisionnels. C'est pourquoi, SimulValor, en tenant compte de l'aspect temporel du déroulement des activités, adopte une approche dynamique basée sur la simulation de l'ensemble des influences causales pour évaluer l'évolution des performances et des valeurs générées.

5.5. Conclusion

En entreprise, une modélisation du système d'activités et de performances ne peut pas être réduite à sa vue physique seule représentée par des flux et des stocks matériels et des variables de type quantitatif liées souvent à ces éléments matériels. En effet, il est important de comprendre la structure causale qui sous-tend la vue matérielle du système étudié car elle régule justement ces flux matière. Cette structure implique souvent des éléments à aspect immatériel et informationnel.

Dès lors, le langage de modélisation proposé dans ce travail met en exergue principalement les deux aspects suivants :

- La superposition de la logique causale à l'architecture des activités.
- La représentation des détails importants pour la caractérisation de la dynamique causale et temporelle : l'aspect multicritère (agrégation d'utilités pondérées) et les délais de concrétisation des influences causales.

Ainsi, un modèle valorique constitué par la superposition des deux vues physique et informationnelle donne une vue globale du mode de réalisation des activités et de leurs résultats.

Fonctionnalités de modélisation

6.1. Introduction

Le langage de modélisation décrit dans le chapitre précédent et utilisé pour la modélisation des systèmes de valeurs en entreprise part des hypothèses suivantes :

- Un décideur, lors de la prise d'une décision, dispose d'un ensemble d'alternatives qui sont définies par des combinaisons de **variables d'action**.
- Ces alternatives sont évaluées par rapport aux **valeurs** perçues et attendues par un ensemble de parties bénéficiaires dont l'entreprise fait elle-même partie.

L'approche de modélisation valorique proposée est une approche :

- **dynamique** : elle modélise la dynamique causale et temporelle des influences dont dépendent les performances des activités d'une entreprise et les valeurs qu'elles génèrent ;
- **multicritère** : qui essaye de quantifier les influences qualitatives multiples agissant sur une variable ainsi que les poids de ces influences.
- **par activités** : qui considère que les activités de l'entreprise sont d'une part l'objet des décisions managériales et d'autre part le siège de génération de valeurs.

Le présent chapitre présente deux fonctionnalités de modélisation qui étendent les possibilités et les capacités de représentation du langage SimulValor. Ces deux fonctionnalités sont : l'utilisation d'éléments de modélisation dans une bibliothèque et la modélisation hiérarchique.

6.2. Bibliothèque d'éléments

La bibliothèque proposée regroupe un ensemble d'éléments caractéristiques ou typiques de l'usage visé du langage SimulValor comme outil de modélisation des réseaux de valeurs en entreprise. Les éléments proposés sont les suivants :

- les **influenceurs** : c'est l'ensemble des données externes aux activités et qui ont un impact sur leur fonctionnement et leurs performances. Les influenceurs des performances d'une entreprise peuvent être contrôlables ou non contrôlables par les managers. Les premiers représentent des variables d'action modifiées par les managers (choix des fournisseurs, marché visé, allocation et taille des ressources, configuration des activités…). Les seconds caractérisent l'environnement industriel et économique externe (cours des matières premières, la taille potentielle du marché visé, les caractéristiques des produits concurrents…). Dans SimulValor, les influenceurs sont modélisés par des informations immatérielles.

- les **ressources** : on parle ici des ressources de type physique ou matériel. Ce sont les éléments tangibles utilisés par l'entreprise lors de la réalisation de ses activités. Les ressources englobent les moyens de production et les stocks de matières et de produits d'une part et les acteurs humains d'autre part. Dans SimulValor, une ressource est modélisée par un stock matériel.

- les **activités** : Les activités sont modélisées comme des unités fonctionnelles caractérisées par des **indicateurs de performance** qui dépendent de **paramètres d'efficacité**[7] de fonctionnement. Ce sont des opérations de transformation qui utilisent des ressources et dont les caractéristiques des éléments produits peuvent dépendre des caractéristiques des éléments en entrée, des

[7] Nous dépassons ici la distinction classique entre les notions d' «efficience » et d' « efficacité ». En effet, il nous semble que de nos jours les managers savent bien accorder de l'importance à l'aspect « ressources consommées et moyens utilisés » devenu lui-même un critère de performance. Ainsi, nous utilisons le terme efficacité dans un sens global qui couvre ces deux notions.

paramètres d'efficacité et des influenceurs. Dans SimulValor, une activité est modélisée par un bloc de transformation. En partant de la classification des activités d'une chaîne de valeur faite par Porter [Porter 1986] et en distinguant les activités suivant le type de transformation et les éléments transformés, on peut classer les activités en trois catégories : activités de production, de commercialisation et de développement. La figure 6.1 donne des exemples d'activités de chaque catégorie.

Catégorie	Exemples d'activités
Production	Approvisionnement en matières, fabrication, assemblage, entreposage, livraison, services après vente…
Commercialisation	Prospection, traitement des demandes, traitement des commandes, ventes …
Développement	Recrutement et formation du personnel, entretien et renouvellement des moyens de production, développement de produits et de technologies…

Figure 6.1 Exemples d'activités

- les **paramètres d'efficacité** : ce sont les données internes à l'entreprise de façon générale, et aux activités réalisées de façon plus particulière, qui ont un impact sur les performances. Ces paramètres sont de deux catégories. Les premiers représentent des caractéristiques des ressources utilisées par les activités. Ils décrivent la qualité des matières et des composants, la qualité et fiabilité du matériel. En ce qui concerne les acteurs humains, ils décrivent les compétences et les attitudes qui incluent la motivation et l'implication. Les paramètres faisant partie de cette première catégorie sont modélisés comme des composantes informationnelles de stocks. Les seconds sont liés aux aspects de management et d'organisation qui conditionnent l'utilisation des ressources tels que les méthodes, les relations et l'ambiance de

travail. Les paramètres de cette deuxième catégorie sont modélisés comme des informations immatérielles.

- les **indicateurs de performance** : ils caractérisent le résultat de la réalisation des activités. Un indicateur de performance est modélisé par une composante informationnelle s'il décrit le contenu d'un stock ou par une information immatérielle dans le cas contraire.

- les valeurs pour les **parties bénéficiaires** : une partie bénéficiaire est une partie qui bénéficie d'une valeur générée par l'entreprise et dont la satisfaction intéresse les managers. Parmi les parties bénéficiaires, on trouve l'entreprise elle-même, les employés, les clients et la société. La satisfaction d'une partie bénéficiaire est caractérisée par des **indices d'appréciation** qui mesurent l'appréciation par ces parties des performances des activités et par des **indices de valeurs** qui sont des agrégations des indices d'appréciation. Dans SimulValor, les indices d'appréciation et les indices de valeurs sont modélisés par des informations immatérielles. Les indices d'appréciation sont liés aux indicateurs de performance par des flux d'influences caractérisés par des éléments de délai et d'utilité. Des agrégateurs d'utilité lient les indices d'appréciation pour définir les indices de valeurs pour les parties bénéficiaires.

La figure 6.2 donne la structure de la bibliothèque d'éléments proposée ci-dessus.

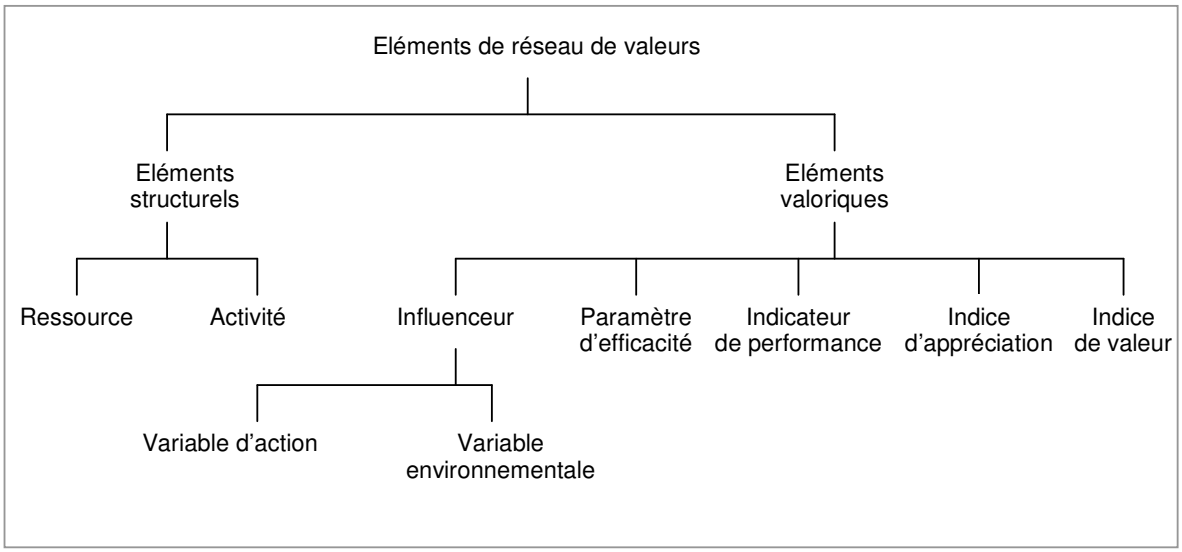


Figure 6.2 Structure de la bibliothèque de réseaux de valeurs

Les éléments structurels sont les éléments qui définissent l'aspect physique du réseau de valeur modélisé. Ces éléments sont les ressources et les activités. Les éléments valoriques représentent plutôt l'aspect informationnel du réseau de valeur. Ces éléments sont : les influenceurs, les paramètres d'efficacité et les indices d'appréciations et de valeurs.

La figure 6.3 donne l'architecture causale générique proposée d'un modèle de réseau de valeur.

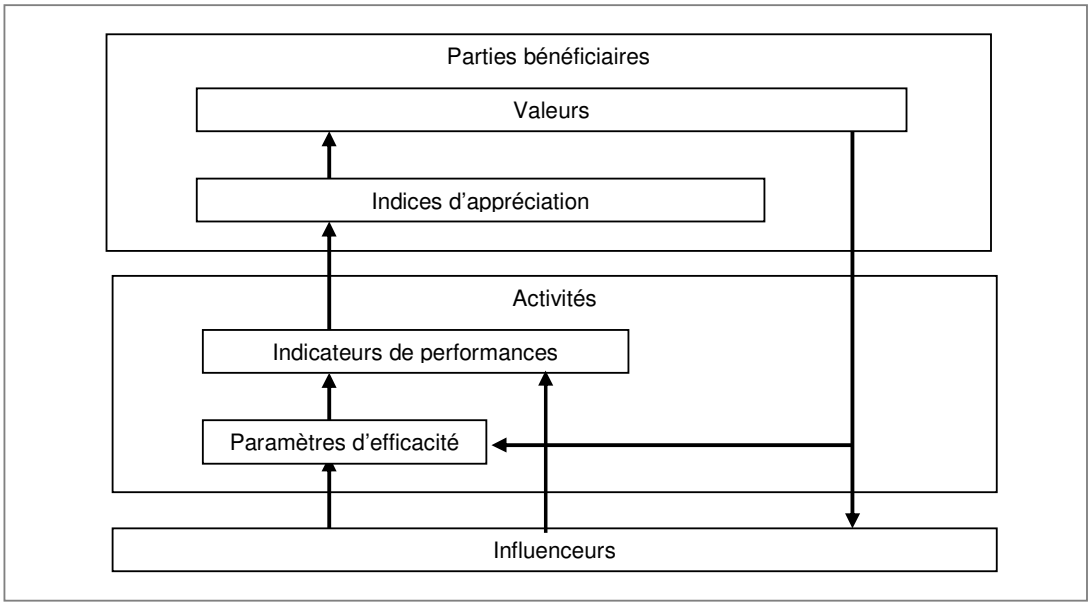


Figure 6.3 Architecture causale proposée d'un réseau de valeurs

Des flux d'influence lient les différents éléments d'un réseau de valeurs et dessinent la cartographie des liens de causes à effets existants entre les influenceurs, les activités et les parties bénéficiaires. Les influenceurs ont une influence sur les indicateurs de performances soit directement soit indirectement à travers les paramètres d'efficacité. Les indices d'appréciation mesurent l'appréciation des parties bénéficiaires des niveaux atteints par les indicateurs de performances. Les indices de valeurs sont des agrégations des indices d'appréciations. En rétroaction, ces valeurs peuvent influencer les paramètres d'efficacité (exemple : valeur perçue par les employés) et les influenceurs soit en modifiant les caractéristiques environnementales (position concurrentielle, image de l'industrie…) soit en incitant les managers à ajuster leurs décisions concernant les variables d'action qu'ils contrôlent.

6.3. Modélisation hiérarchique

La modélisation hiérarchique consiste à ajouter des sous-modèles au sein d'un modèle parent. Un sous-modèle peut lui-même aussi contenir un sous-modèle. L'avantage de cette fonctionnalité est la possibilité de subdiviser un modèle en des sous-modèles interconnectés de façon à réduire la

complexité du modèle de départ et à avoir différents niveaux hiérarchiques (ou couches superposées) d'appréhension du système modélisé et analysé.

En outre, la modélisation hiérarchique est utile aussi pour la capitalisation et la réutilisation de bouts de modèle génériques.

Dans un modèle SimulValor, il est possible d'implémenter un sous-modèle qui peut être connecté aux autres éléments ou sous-modèles du modèle de départ. Un sous-modèle est schématisé par un rectangle en traits gras connecté aux autres éléments par des flux matériels et des flux d'influences causales qui y entrent ou en sortent (voir figure 6.4).

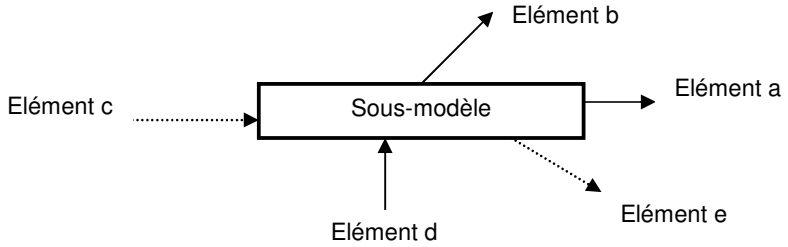


Figure 6.4 Schématisation d'un sous-modèle

Les flux intrants à un sous-modèle sont connectés aux éléments internes de celui-ci en respectant les règles de modélisation présentées dans le chapitre précédent. Ainsi, un flux matériel est connecté à un stock, à un bloc de transformation, à un coefficient ou à une jonction ; et un flux d'influence causale est connecté à une composante informationnelle d'un stock, à un flux matériel, à une information immatérielle ou à un agrégateur d'utilités. Les mêmes règles sont respectées par les flux sortants du sous-modèle et allant vers des éléments du modèle de départ.

Afin de distinguer les points de connexion des éléments externes au sous-modèle aux frontières de celui-ci et afin de pouvoir les identifier lors du passage du niveau de départ à celui du sous-modèle, un identifiant est attribué à chaque flux. Cet identifiant est constitué de deux parties : un numéro d'ordre et le nom de l'élément externe connecté. A l'intérieur du sous-modèle, cet identifiant est étiqueté au bout de la flèche représentant le flux. Ce bout de

flèche contient les informations suivantes : type de flux (matériel ou informationnel) et sens du flux (intrant ou sortant). Le nom de l'élément externe sert à identifier l'élément qui se trouve de l'autre bout du flux. Le numéro d'ordre sert, en plus de la mesure du niveau d'interaction entre le sous-modèle et le reste des constituants du modèle de départ, à différencier, si nécessaire, deux flux qui sont de même type, de même sens et qui sont liés à un même élément externe.

Ainsi, par exemple, le sous-modèle représenté par la figure 6.4 sera vu de l'intérieur comme représenté par la figure 6.5.

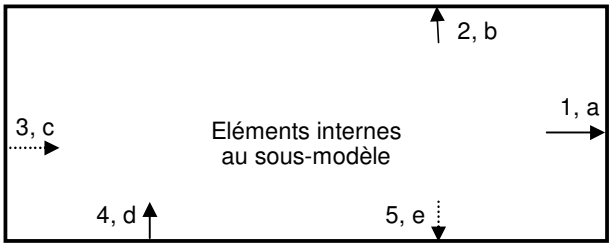


Figure 6.5 Vue interne d'un sous-modèle

De cette façon, lors de la modélisation des éléments internes au sous-modèle, les connections à établir avec les éléments externes apparaissent avec leurs caractéristiques.

Exemple de modélisation hiérarchique

Reprenons l'exemple représenté par la figure 5.7 du chapitre précédent. Essayons de structurer le modèle en deux niveaux hiérarchiques : le premier contient deux macro-activités nommées « commercialisation » et « production » ; et le deuxième contient deux sous-modèles décrivant les détails de chacune de ces deux macro-activités. La figure 6.6 représente le modèle parent résultant.

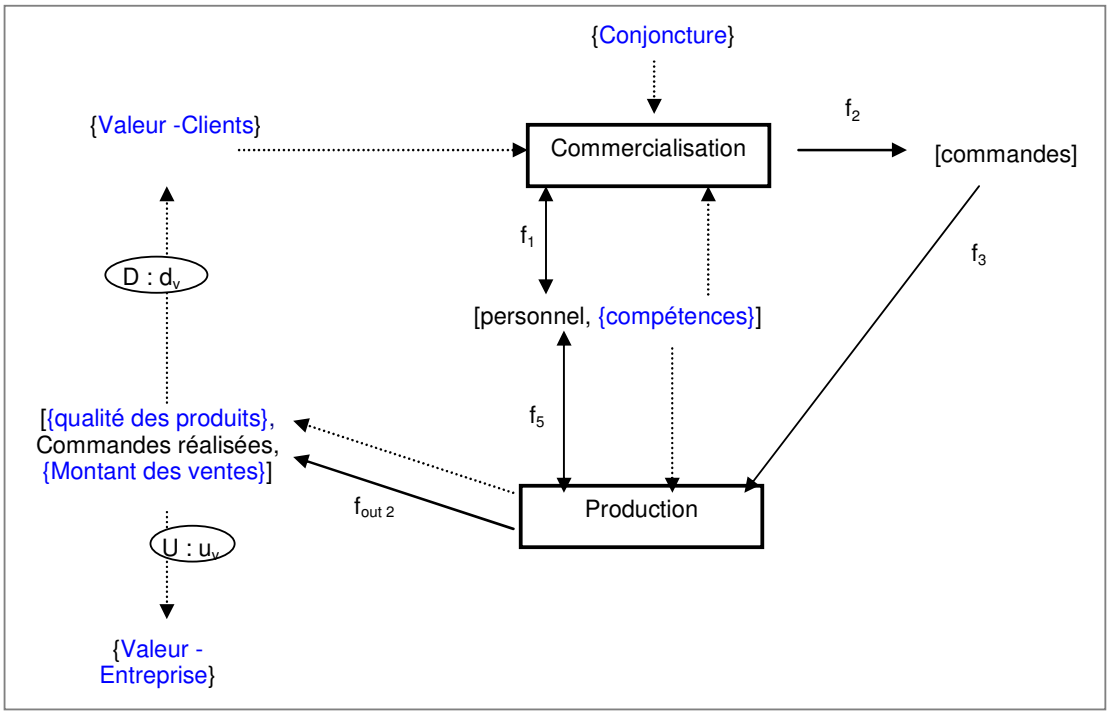


Figure 6.6 Modèle parent avec des sous-modèles

La réception et le traitement des commandes ont été groupés dans le sous-modèle « commercialisation ». L'approvisionnement et la production ont été groupés dans le sous-modèle « production ». La figure 6.6 montre les interconnections qu'ont ces deux sous-modèles avec le reste des éléments du modèle. Le schéma interne du sous-modèle « commercialisation » est donné par la figure 6.7.

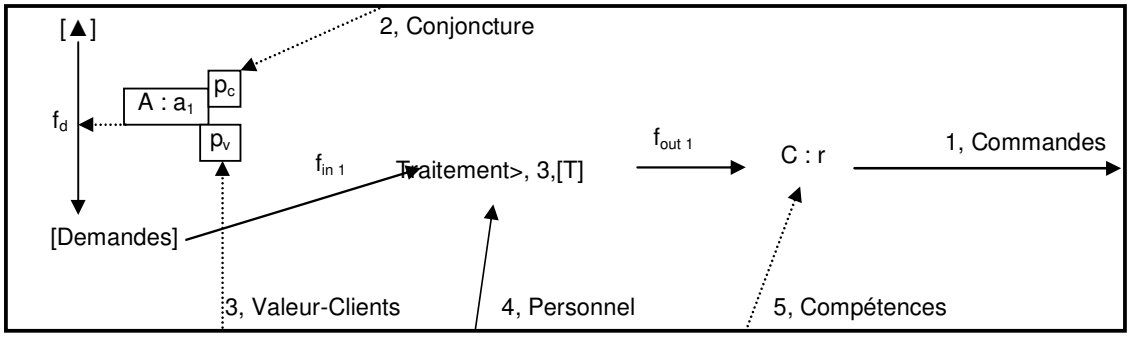


Figure 6.7 Sous-modèle « commercialisation »

La figure 6.8 représente le sous-modèle « production ».

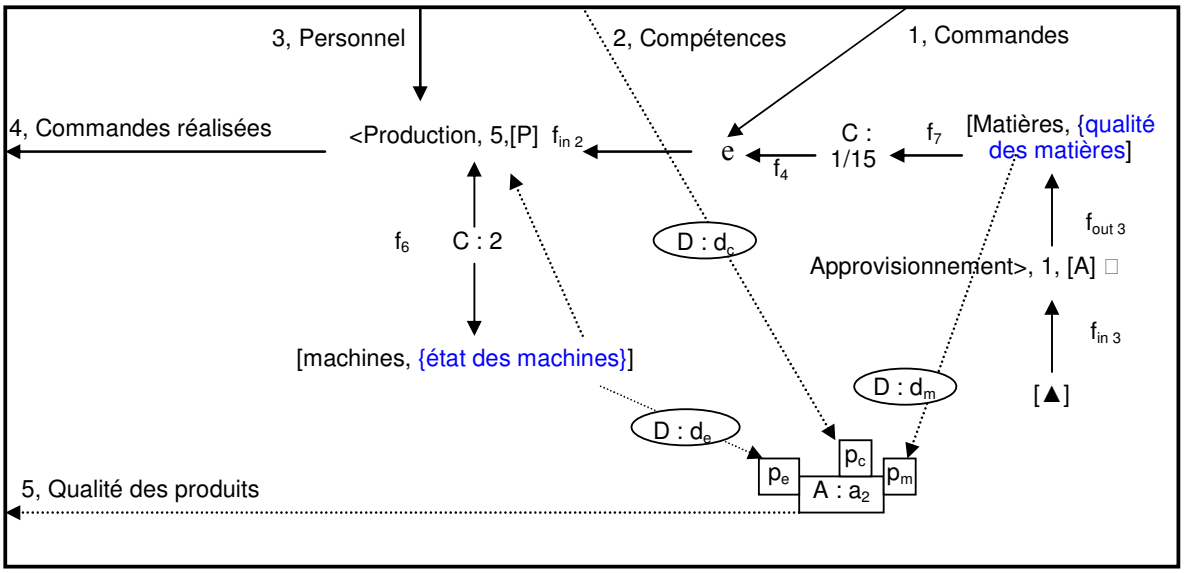


Figure 6.8 Sous-modèle « production »

6.4 Conclusion

Deux fonctionnalités de modélisation des réseaux de valeurs en entreprise ont été présentées dans ce chapitre. La première est une bibliothèque d'éléments de modélisation qui regroupe un ensemble structuré d'éléments de construction de modèles d'entreprise selon l'approche SimulValor. La seconde est la modélisation hiérarchique.

La bibliothèque d'éléments offre au modélisateur un répertoire d'éléments d'utilisation récurrente qui lui facilite la construction de modèles de réseaux de valeurs. La modélisation hiérarchique permet de structurer un modèle global en différents niveaux d'appréhension. Cette structuration facilite la compréhension et l'analyse des éléments de chaque niveau tout en réduisant la complexité éventuelle liée au nombre élevé des éléments d'un même modèle de réseaux de valeurs.

SimulValor : Méthode d'implémentation

7.1. Introduction

Ce chapitre présente les détails d'implémentation de la méthode SimulValor. Il traite d'abord les phases de construction d'un modèle. Ensuite, il décrit l'exploitation du modèle à travers la simulation et l'évaluation d'un certain nombre de scénarios. Un cas d'étude pratique est décrit pour illustrer phase par phase la méthode d'implémentation. Ce cas d'étude retrace l'application de la méthode qui a été menée sur une PME que nous allons désigner ci-après par EEE, pour raisons de confidentialité[8].

7.2. Construction du modèle

7.2.1. Définition du contexte de l'étude

Cette phase sert comme introduction à l'étude à mener. L'objectif de cette phase est d'avoir une idée préliminaire sur la situation de prise de décision à laquelle une aide devrait être apportée.

Cette phase consiste à collecter des informations générales relatives à l'entreprise, à son environnement et à la situation de décision traitée. La figure 7.1 donne les informations à collecter.

Sujet	Informations
Entreprise	Domaine d'activité (produits et services), taille (nombre d'employés), volume d'activité (chiffre d'affaires), situation actuelle (situation économique).
Environnement	Clients, fournisseurs, partenaires, concurrents.
Situation de décision	Objet de la décision, alternatives de décision, critères globaux d'évaluation des alternatives.

Figure 7.1 Description du contexte de l'étude

[8] Cet exemple a été développé en partenariat avec la société Cesame3, basée à Lyon, et qui réalise des audits des entreprises. Il s'agit d'un client de la société Cesame3 qui désirait simuler plusieurs scénarios prospectifs de développement stratégique.

Cas d'étude

EEE est un cabinet de conseil qui fournit aux entreprises des prestations de formation et de conseil en matière de processus de développement et d'innovation de produits.

EEE avait il y a quelques années un chiffre d'affaires annuel d'environ 200 000 €. En plus du consultant-manager actuel, EEE a compté jusqu'à quatre consultants. Suite à des difficultés économiques, le manager est actuellement seul dans l'entreprise.

Actuellement, l'objectif principal de EEE est la pérennité de l'entreprise et la reprise d'un niveau d'activité équivalent à celui qu'elle avait auparavant. Le contexte de choix global concerne deux modes de rebondissement et de croissance : avec embauche de consultants ou avec sous-traitance de prestations de conseil et de formation.

Le cas d'étude présenté ici se positionne dans le cadre de la sous-traitance. Il évalue des alternatives de dimensionnement et de réglage de l'architecture de l'entreprise résultante du choix de ce mode.

7.2.2. Identification des éléments du modèle

Les éléments à identifier sont :

- Les activités de l'entreprise. Pour chaque activité, on identifie les paramètres d'efficacité et les indicateurs de performances.
- Les variables d'action qui décrivent le contenu des alternatives.
- Les parties bénéficiaires prises en compte lors de l'évaluation des alternatives. Pour chaque partie, on identifie les valeurs attendues et les critères d'appréciation qui rendent compte de ces valeurs.
- Les influenceurs externes à l'entreprise.

Cas d'étude

Dans le cas de EEE, les activités identifiées sont les suivantes :

- une activité commerciale qui comporte une sous-activité de prospection et de prises de contacts avec des interlocuteurs en entreprises et une sous-activité de communication via la participation à l'organisation de conférences professionnelles et académiques.
- une activité de recherche, innovation et développement (RID) de la forme et du contenu des prestations qui constituent l'offre de l'entreprise.
- une activité de production qui consiste en des interventions chez les entreprises clientes. Ces interventions sont de deux types : de conseil et de formation.

Type de l'activité	Activités	Indicateurs de performances	Paramètres d'efficacité
Activité commerciale	Prospection Communication	Flux de contacts Flux d'interlocuteurs Flux de clients Flux de commandes Flux de conférences	Temps alloué à l'activité commerciale
Activité de production	Conseil Formation	Flux d'affaires réalisées (conseil) Flux d'affaires réalisées (formation) Qualité de la production	Temps restant pour la production Taux de sous-traitance (production par les collaborateurs)
Activité de développement	RID support RID contenu	Qualité de l'offre (support) Qualité de l'offre (contenu)	Temps alloué à l'activité de RID
Activité globale	Globale	Chiffre d'affaires (CA) Résultat financier	Prix de vente Rémunération des collaborateurs Charges

Figure 7.2 Cas d'étude : description des activités

La figure 7.2 donne les indicateurs de performances de ces activités.

Les parties bénéficiaires identifiées sont les suivantes :

- l'entreprise elle-même.

- les entreprises clientes.

La figure 7.3 donne les valeurs générées pour ces deux parties et les critères d'appréciation correspondants.

Parties bénéficiaires	**Valeurs**	**Critères d'appréciation**
Entreprise	Image	Notoriété technique Niveau du prix de vente
	Valeur financière (entreprise)	Niveau du chiffre d'affaires Niveau du résultat
Clients	Valeur financière (clients)	Niveau du prix de vente
	Valeur – service obtenu	Pertinence de l'offre Pertinence de la production

Figure 7.3 Cas d'étude : description des parties bénéficiaires

Les influenceurs identifiés sont les suivants :

- l'intégration des connaissances chez les clients,
- l'état de l'innovation dans les domaines de management des connaissances et de recherche et développement (KM et R&D),
- l'impact conjoncturel sur le taux de commande par les clients,
- l'impact concurrentiel sur le nombre de clients,
- l'impact conjoncturel sur la part de conseil dans les commandes reçues,
- et l'impact conjoncturel sur le nombre d'interlocuteurs issus des contacts prospectifs faits avec les entreprises clientes.

Les variables d'action identifiées sont les suivantes :

- temps alloué à l'activité commerciale,
- temps alloué à l'activité RID,

- niveau d'orientation vers le conseil,
- et prix de vente de la journée d'intervention.

7.2.3 Identification des influences inter-éléments du modèle

Dans cette étape, on identifie les influences causales qui lient les éléments du modèle. Pour ceci, on construit une matrice qu'on désigne par "matrice des influences" dans laquelle les éléments du modèle sont mis en lignes et en colonnes. Chaque fois qu'un élément de la ligne *i* a une influence directe sur l'élément *j*, la case (*i, j*) de la matrice est cochée.

Cas d'étude

La figure 7.4 donne la matrice des influences du cas d'étude de l'entreprise EEE. Dans ce cas d'étude, les éléments de type « variables de décision » et « influenceurs externes » sont considérés comme indépendants des autres éléments. C'est pourquoi, ils figurent dans les lignes de la matrice et ne figurent pas dans les colonnes.

D'autre part, les éléments du type « impact conjoncturel » sont représentés par un seul élément agrégé désigné par « impact conjoncturel ». Une influence exercée par cet élément agrégé représente une influence par au moins l'un des éléments qu'il représente.

La taille et le contenu de la matrice construite donne une idée de la complexité causale du modèle (nombre de variables et nombre de liens de causalité). Cette complexité est amplifiée par l'existence d'interactions bidirectionnelles entre certains éléments (entre les activités commerciale et de production) par exemple.

a une influence directe sur → ↑		Activités				Valeurs			
		Commerciale	RID	Production	Globale	Image	Financière (entreprise)	Valeur financière (clients)	Valeur – service obtenu (clients)
Variables d'action	Temps alloué à l'activité commerciale	√		√					
	Temps alloué à l'activité RID		√	√					
	Niveau d'orientation vers le conseil			√					
	Prix de vente				√	√		√	
I. externes	Intégration des connaissances chez les clients		√						
	Etat de l'innovation KM et R&D		√						
	Impact concurrentiel sur le flux de clients	√							
	Impacts conjoncturels	√		√					
Activités	Commerciale			√		√			
	RID			√					√
	Production	√			√				√
	Globale						√		
Valeurs	Image	√							
	Valeur financière (entreprise)								
	Valeur financière (clients)	√							
	Valeur – service obtenu (clients)	√							

Figure 7.4 Cas d'étude : matrice des influences

7.2.4. Caractérisation des influences du modèle

Il s'agit de définir les caractéristiques des relations d'influence identifiées lors de l'étape précédente. Une caractérisation systématique est faite en traitant un à un les éléments des colonnes de la matrice des influences. Pour chaque élément, on détaille les influences subies par ses variables. Ces influences proviennent d'une part des éléments en lignes ayant été identifiés comme influençant l'élément en colonne. D'autre part, des influences internes peuvent être ajoutées au modèle.

La caractérisation consiste à déterminer pour chaque variable influencée les variables qui l'influencent et à préciser pour chaque variable influençante :

- **le type de l'influence** : quantitative directe ou qualitative indirecte. Dans le premier cas, la variable influençante intervient directement par sa valeur numérique dans le calcul de la variable influencée. Dans le deuxième cas, elle intervient indirectement à l'aide d'un indice qualitatif que nous désignons par "indice d'appréciation". Dans ce dernier cas, une fonction de préférence est à construire pour passer de l'échelle de quantification habituelle de la variable influençante à une échelle qualitative.

- l'existence ou non d'un **délai** pour la concrétisation de l'influence.

- les poids affectés aux variables influençantes si elles (toutes ou en partie) exercent une influence conjointe calculée par une agrégation pondérée.

Construction d'une fonction de préférence

La méthode SimulValor propose de construire une fonction de préférence élémentaire pour modéliser chaque influence qualitative indirecte d'une variable A sur une variable B. Cette fonction exprime les préférences des représentants de l'élément (partie bénéficiaire ou activité) dont B fait partie

(désignés ci-après par *utilisateurs*) vis-à-vis des niveaux de A dans une perspective d'optimisation de la variable influencée B.

Cette fonction sert à assigner à chacun des niveaux possibles de A un degré de préférence situé dans l'intervalle [0, 100].

Parmi les méthodes qui peuvent être utilisées pour construire une fonction de préférence, SimulValor propose les méthodes suivantes citées par Pomerol [Pomerol et al., 1993] :

- la méthode des écarts : il s'agit de demander aux utilisateurs si leur préférence d'un niveau i de A à un niveau j est n fois plus forte que celle du niveau k à j, auquel cas les différences de préférences vérifient la relation suivante : U(i) – U(j) = n (U(k) – U(j)). Ainsi, une approximation raisonnable de la courbe de préférence est faite en posant un nombre suffisant de questions de ce type aux utilisateurs.

- la méthode des rapports : partir d'un niveau dont la préférence sert d'unité et évaluer la préférence de l'utilisateur des autres niveaux par rapport à ce niveau-unité.

- la méthode de bissection : déterminer les préférences des niveaux extrêmes, déterminer le niveau qui procure une satisfaction intermédiaire puis réitérer pour les nouveaux intervalles.

- l'évaluation directe : travailler directement sur la courbe en évaluant les préférences attribuées à un nombre suffisant de niveaux et valider l'allure de la courbe.

Une autre méthode qui peut être utilisée est celle proposée par la théorie de l'utilité [Keeney et Raiffa 76] : il s'agit de la méthode des "jugements d'indifférence". Cette méthode permet de tenir compte de l'éventuelle incertitude sur les niveaux des variables et de construire une fonction de préférence linéaire.

L'annexe 3 donne un aperçu de la théorie de l'utilité et un exemple d'application de la méthode des jugements d'indifférence.

Le principe de cette méthode est le suivant : l'utilisateur est invité à identifier le niveau (de la variable) qui correspond à l'équivalent certain d'un certain nombre de situations probabilistes. Par exemple, partant des deux niveaux x_0 et x_1 qui correspondent respectivement à une préférence nulle et une préférence égale à 100, on lui demande d'identifier le niveau x_{50} qui le rend indifférent entre les deux situations : (x_{50} avec une probabilité 1) et (x_0 avec une probabilité 0.5 et x_{100} avec une probabilité 0.5). Cette équivalence implique que la préférence $p(x_{50}) = 0.5*p(x_0)+0.5*p(x_{100}) = 50$. On obtient ainsi un troisième point sur la courbe. De façon similaire, on identifie les valeurs x_{25}, x_{75},…et on obtient de nouveaux points sur la courbe de préférence.

SimulValor préconise de choisir, selon les utilisateurs interrogés et selon les variables concernées par l'influence, la méthode la plus adéquate pour construire une fonction de préférence donnée.

Indépendamment de la méthode utilisée, le point de départ pour la construction de la fonction de préférence est une échelle de quantification de la variable influençante A. On précise sur cette échelle les limites de la gamme préférentielle : ces limites regroupent tout niveau considéré comme inacceptable et tout niveau considéré comme idéal par l'utilisateur.

Avant de passer à la caractérisation quantitative de la courbe de préférence de l'utilisateur, il est important de caractériser qualitativement la préférence de l'utilisateur. Une préférence peut être monotone, croissante ou décroissante sur l'intervalle des niveaux de A, comme elle peut présenter un extremum.

Détermination des poids

Les poids accordés aux variables influençantes représentent une mesure de l'importance relative de l'influence de chacune d'entre elles telle que vue par les utilisateurs.

Parmi les méthodes qui peuvent être utilisées pour déterminer directement les poids, Pomerol [Pomerol et al., 1993] cite :

- Le classement simple : l'utilisateur ordonne les variables dans un ordre croissant, les poids sont déduits à partir des rangs accordés aux variables (poids = rang/(somme des rangs)). Quoique simple, l'inconvénient de cette méthode est qu'elle empêche les poids de prendre toutes les valeurs possibles entre 0 et 1.

- L'évaluation cardinale simple : le décideur utilise une échelle de mesure prédéfinie (exemple : de 0 à 5, de 0 à 100 , …) pour évaluer chacune des variables. Les notes sont ensuite normalisées en les divisant par leur somme.

Une autre méthode moins directe est la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process) [Saaty 80] qui consiste à bâtir une hiérarchie pondérée de critères. A chaque niveau de pondération, une procédure de *comparaisons par paires* est appliquée pour déterminer un vecteur de poids. Dans la méthode AHP très utilisée, la comparaison par paires se base sur une méthode dite du *vecteur propre* ; cette méthode est brièvement introduite en annexe 4. Cette méthode présente l'avantage de conduire à une détermination aisée et robuste des poids dans le cas où on a un nombre élevé de variables. D'autre part, elle propose un moyen de vérification de la cohérence de jugement des décideurs (en recoupant les comparaisons redondantes de la matrice des comparaisons subjectives remplie par le(s) décideur(s)).

Limayem [Limayem 01] a considérablement étendu les fonctionnalités des méthodes de comparaisons par paires pour prendre en compte l'incertitude du jugement tout en autorisant des comparaisons manquantes

dans le cadre multi-décideurs. Il a surtout proposé de paramétrer les incohérences qu'on désire ne pas tolérer (voir [Limayem et Yannou 05]) dans les cas mono et multi-décideurs, tout en conseillant le ou les décideurs pour une révision concertée de leurs jugements élémentaires allant dans le sens d'une amélioration de la cohérence individuelle et de la synergie du groupe.

On voit, par conséquent, qu'il peut exister des méthodes diverses et sophistiquées pour mener à la détermination d'un vecteur de poids.

SimulValor ne fait pas un choix exclusif de l'une des méthodes mais propose de choisir pour chaque cas rencontré la méthode avec laquelle les utilisateurs sont susceptibles d'évaluer au mieux les poids des variables.

Cas d'étude

Pour chacun des éléments des colonnes de la matrice d'influences, les influences subies sont renseignées comme suit.

- Activité commerciale : les influences subies sont regroupées dans le tableau de la figure 7.5.

Variable influencée	Variable influençante	Type de l'influence	Délai	Poids
Temps effectivement consacré à l'activité commerciale (teac)	Temps alloué à l'activité commerciale	Directe	---	---
	Nombre de clients	Indirecte	1mois	---
Flux de conférences	Teac	Directe	---	---
Flux de contacts	Teac	Directe	---	---
Flux d'interlocuteurs	Flux de contacts	Directe	---	---
	Part de commandes de type conseil	Indirecte	---	0.2
	Impact conjoncturel sur interlocuteurs	Directe	---	0.6
	Niveau image	Directe	---	0.2
Flux de nouveaux clients	Flux d'interlocuteurs	Directe	3 mois	---
	Impact pression concurrentielle	Directe	---	0.5
	Valeur clients	Directe	3 mois	0.5
Flux de perte de clients	Impact pression concurrentielle	Directe	---	0.5
	Valeur clients	Directe	---	0.5
Flux de commandes	Nombre de clients	Directe	---	---
	Impact conjoncturel sur le taux de commande	Directe	---	---
Part de commandes de type conseil	Orientation conseil	Directe	---	0.3
	Impact conjoncturel sur la part de conseil	Directe	---	0.7

Figure 7.5 Cas d'étude : description des influences sur l'activité commerciale

- Activité RID : les influences subies sont regroupées dans le tableau de la figure 7.6.

Variable influencée	Variable influençante	Type de l'influence	Délai	Poids
Temps effectivement consacré à l'activité RID (tear)	Temps alloué à l'activité RID	Directe	---	---
	Qualité de l'offre	Indirecte	1mois	---
Qualité de l'offre (contenu)	Tear	Directe	---	---
	Etat de l'innovation en KM et R&D	Directe	---	0.5
	Intégration des connaissances chez les clients	Directe	---	0.5
Qualité de l'offre (support)	Tear	Directe	---	---
Qualité de l'offre	Qualité de l'offre (contenu)	Directe	---	0.7
	Qualité de l'offre (support)	Directe	---	0.3

Figure 7.6 Cas d'étude : description des influences sur l'activité RID

- Activité de production : les influences subies sont regroupées dans le tableau de la figure 7.7.

Variable influencée	Variable influençante	Type de l'influence	Délai	Poids
Flux d'affaires réalisées (conseil)	Flux de commandes (conseil)	Directe	>1.5 mois	---
Flux d'affaires réalisées (formation)	Flux de commandes (formation)	Directe	>1.5 mois	---
Qualité de la production	Taux de sous-traitance	Indirecte	---	---
Taux de sous-traitance	Flux d'affaires réalisées	Directe	---	---
	Temps effectivement consacré à l'activité RID	Directe	---	---
	Temps effectivement consacré à l'activité commerciale	Directe	---	---

Figure 7.7 Cas d'étude : description des influences sur l'activité de production

Remarque : Le délai entre la commande et la réalisation d'une affaire dépend de la charge de travail. En tout cas, un délai minimum de 1.5 mois est supposé nécessaire avant le lancement de la réalisation.

- Activité globale : les influences subies sont regroupées dans le tableau de la figure 7.8.

Variable influencée	Variable influençante	Type de l'influence	Délai	Poids
Chiffre d'affaires (CA)	Flux d'affaires réalisées (conseil)	Directe	---	---
	Flux d'affaires réalisées (formation)	Directe	---	---
	Prix de vente	Directe	---	---
Résultat	CA	Directe	---	---
	Taux de sous-traitance	Directe	---	---

Figure 7.8 Cas d'étude : description des influences sur l'activité globale

- Valeurs : les influences subies sont regroupées dans le tableau de la figure 7.9.

Variable influencée	Variable influençante	Type de l'influence	Délai	Poids
Niveau image	Prix de vente	Indirecte	---	0.5
	Flux conférences	Indirecte	5 mois	0.5
Valeur financière (entreprise)	CA	Indirecte	---	0.6
	Résultat	Indirecte	---	0.4
Valeur financière clients	Prix de vente	Indirecte	---	
Valeur service (clients)	Qualité de l'offre	Directe	---	0.5
	qualité de la production	Directe	---	0.5
Valeur pour l'entreprise	Niveau image	Directe	---	0.3
	Valeur financière (entreprise)	Directe	---	0.7
Valeur pour les clients	Valeur financière clients	Directe	---	0.5
	Valeur service (clients)	Directe	---	0.5

Figure 7.9 Cas d'étude : Influences subies par les indices de valeurs

7.2.5. Construction du modèle SimulValor

Il s'agit de construire les deux vues physique et informationnelle du modèle développé. Pour la vue physique, on part des activités qu'on modélise comme des blocs de transformation. Puis, on positionne autour des activités les flux et les stocks de type matériel traités par ces activités. Ensuite, la vue informationnelle est superposée à la vue physique en utilisant les informations recueillies dans les étapes précédentes.

Cas d'étude

La figure 7.10 donne le modèle SimulValor résultant.

Le processus commercial consiste à faire des contacts prospectifs pour constituer une base d'interlocuteurs en entreprises qui peuvent être considérés comme des clients potentiels. Le flux de nouveaux clients dépend de la valeur perçue par les clients et de l'impact de la concurrence.

Le nombre de clients sert à ajuster le temps consacré à l'activité commerciale et à calculer le flux de commandes. Ce dernier dépend aussi de l'impact concurrentiel sur le taux de commande. Les commandes sont réparties sur les deux types "formation" et "conseil" selon la valeur de la variable "part de conseil".

Celle-là dépend d'un impact conjoncturel sur le type des commandes et du niveau d'orientation de l'activité de l'entreprise vers le conseil à travers sa communication avec ses clients. Une affaire de conseil génère en moyenne 15 jours d'intervention vendus alors qu'une affaire de formation n'en génère que 3. Cependant, d'une part, une affaire de formation est plus facile à obtenir. D'autre part, elle constitue une voie d'accès importante à des interlocuteurs en entreprise. C'est pourquoi, il est intéressant pour l'entreprise de garder une activité mixte.

La qualité de l'offre de l'entreprise de point de vue contenu (connaissances) et support (produit ou service fourni) varie avec le temps consacré à l'activité de recherche, innovation et développement et avec deux paramètres conjoncturels : l'état général de l'avancement de la recherche et de l'innovation dans le domaines de management des connaissances (dans les milieux industriels et académiques) et le niveau d'intégration des nouvelles connaissances par les clients. Le temps de RID effectif est ajusté en fonction de la qualité globale de l'offre.

La réalisation d'une affaire de conseil prend une durée de trois mois, celle d'une affaire de formation en prend un mois. Le manager passe le temps qui lui reste, après soustraction du temps des activités commerciales, de RID et de gestion administrative et informatique, à la production. En cas de besoin, il a recours à des collaborateurs pour la sous-traitance d'un certain nombre de

jours d'interventions. La qualité de la production décroît avec l'augmentation de la sous-traitance.

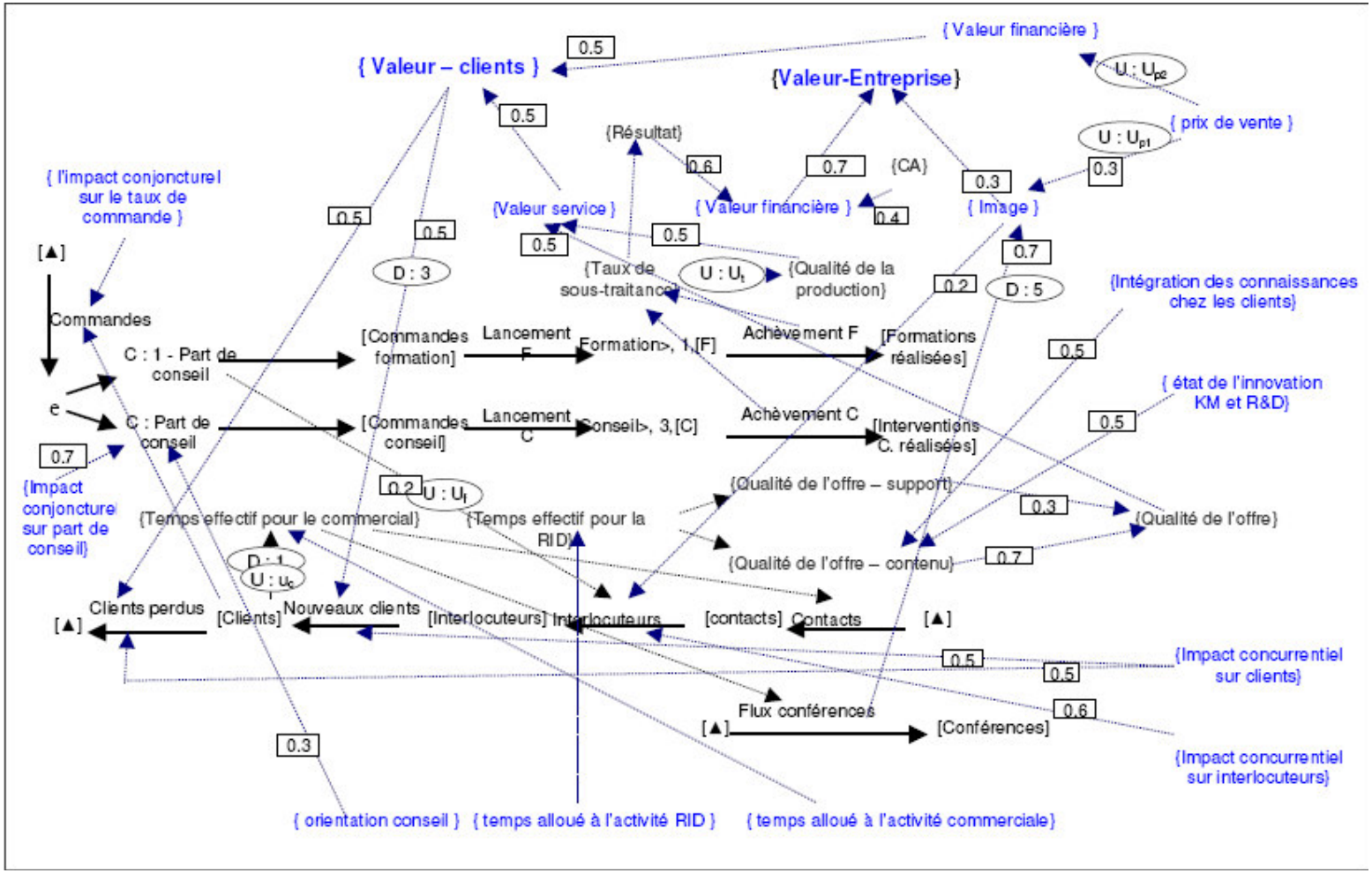


Figure 7.10 Cas d'étude : modèle SimulValor

7.3. Simulation du modèle

7.3.1 Définition des scénarios

Un scénario est une combinaison de niveaux des variables de décision. Chaque scénario correspond à une alternative d'action appartenant à un ensemble de choix défini a priori avec les responsables de l'entreprise en fonction des caractéristiques de leurs activités.

Bien que les domaines de variation des variables d'action puissent être continus, un nombre limité de niveaux de ces variables sont choisis pour définir et évaluer les scénarios. Ce choix est fait d'une telle façon que les scénarios décrivent au mieux l'ensemble de choix. Ainsi, notre méthode n'est pas une méthode d'optimisation continue mais plutôt une méthode d'évaluation multicritère et de comparaison d'un ensemble discret d'alternatives d'action représentées par des scénarios.

Les scénarios sont définis de façon relative par rapport à un **scénario de référence**. Ainsi, au lieu de comparer des niveaux d'action de manière absolue, ces derniers sont comparés relativement par rapport aux actions et d'un scénario de référence. Ceci facilite la comparaison des scénarios en ramenant les actions d'une échelle absolue à une échelle relative.

Cas d'étude

Pour le cas d'étude traité, les variables d'action sont les suivantes :

- temps alloué à l'activité commerciale,
- temps alloué à l'activité RID,
- le niveau d'orientation vers le conseil,
- et le prix de vente de la journée d'intervention.

Nous ne considérons que les deux premières variables pour définir les scénarios.

Les niveaux des deux variables « temps commercial » et « temps RID » sont définis par rapport au scénario de référence qui correspond à l'activité actuelle. Les deux niveaux de référence sont respectivement de 4 et de 2.7 jours par mois. Les variables qui définissent les scénarios correspondent à des niveaux d'activité régulière qui sont sujets à des ajustement en cours de la simulation en fonction des autres variables du modèle comme cela est décrit dans les paragraphes précédents.

La figure 7.11 donne la définition des scénarios considérés pour ce cas d'étude.

N°	Scénario	Temps commercial relatif	Temps RID relatif
1	De référence	100	100
2	Plus de commercial	150	100
3	Plus de RID	100	150
4	Plus de commercial et de RID	150	150
5	Moins de commercial	50	100
6	Moins de RID	100	50
7	Moins de commercial et de RID	50	50
8	Plus de commercial. Moins de RID	150	50
9	Moins de commercial. Plus de RID	50	150

Figure 7.11 Cas d'étude : Définition des scénarios

7.3.2 Evaluation des scénarios

Les scénarios sont évalués par rapport aux indicateurs de performances et par rapports aux indices de valeurs considérés dans le modèle.

Le ou les scénarios qui présentent la meilleure valeur globale font par la suite l'objet d'une analyse de sensibilité par rapport aux incertitudes environnementales pour évaluer la robustesse des résultats évalués.

Cas d'étude

Pour le cas d'étude traité, on part d'une hypothèse d'environnement favorable (toutes les variables environnementales sont fixées à un niveau égal à 75) sous laquelle on évalue les performances relatives par rapport à celles du scénario de référence. La figure 7.12 donne les résultats des simulations des scénarios.

Scénario	*Valeur financière*			*Image*			*Valeur entreprise*			*Valeur service*			*Valeur clients*			*Valeur globale*		
	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3
1	66	24	7	85	87	89	72	43	32	75	73	70	79	78	76	74	53	45
2	60	22	10	90	93	95	69	43	35	71	66	67	76	73	74	72	52	47
3	60	17	7	84	86	88	67	38	31	83	79	77	85	82	81	72	51	46
4	55	19	9	89	93	95	65	41	35	81	72	67	84	77	70	71	52	47
5	70	11	4	72	74	76	69	30	26	84	75	70	86	80	76	74	45	41
6	80	45	6	85	88	90	82	58	31	62	60	58	70	69	67	78	61	42
7	68	9	4	73	75	77	70	29	26	66	60	58	73	69	67	71	41	38
8	84	39	13	92	94	95	86	55	38	54	56	58	65	67	67	80	59	47
9	65	13	4	71	73	76	67	31	26	93	85	77	92	86	81	74	48	42

Figure 7.12 Cas d'étude : Evaluation des scénarios

La figure 7.13 rappelle l'arbre de valeurs utilisées pour évaluer les scénarios.

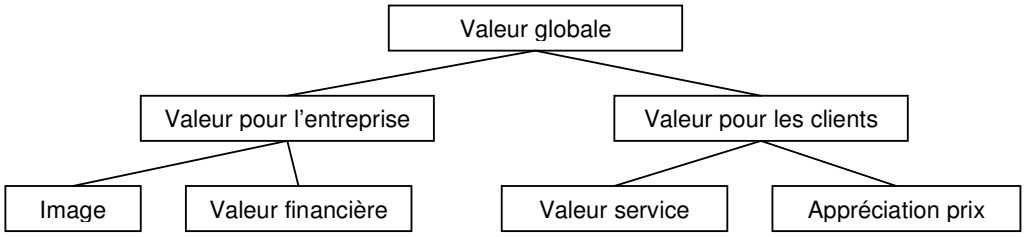


Figure 7.13 Cas d'étude : Arbre de valeurs

L'appréciation des clients du prix de vente d'une journée d'intervention en entreprise n'est pas représentée dans la figure 7.12 car le prix de vente est

considéré toujours fixe égal à 1200 €, ce qui correspond à une appréciation égale à 90 sur une échelle de 100 points.

Pour chaque colonne, les trois sous-colonnes donnent les valeurs attribuées aux scénarios sous trois hypothèses (H_1, H_2 et H_3) de niveau des variables environnementales. Ces trois niveaux sont respectivement : 75, 65 et 55 sur une échelle qualitative de 100 points.

La figure 7.14 donne les valeurs globales des scénarios sous les différentes hypothèses environnementales. Les scénarios sont classés par ordre décroissant de la valeur globale sous la première hypothèse.

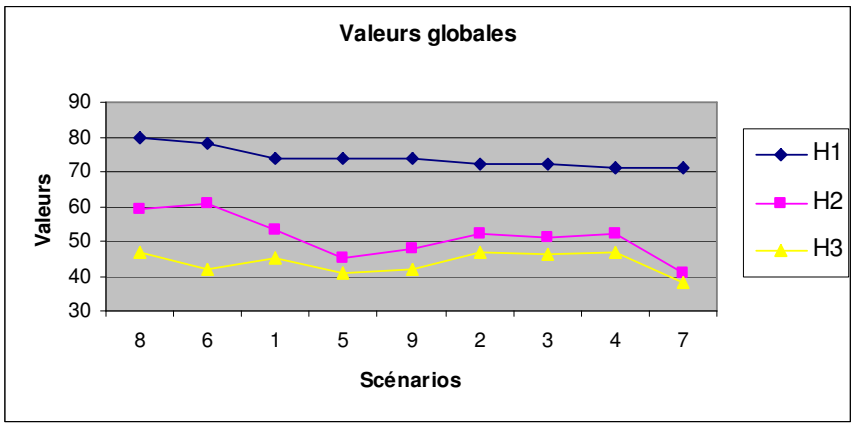


Figure 7.14 Cas d'étude : Valeurs globales des scénarios

La figure 14 montre que sous l'hypothèse 1, le scénario 8 est le meilleur. En passant aux hypothèses 2 et 3, le niveau des valeurs générées par les différents scénarios décroît et l'ordre de classement de ces scénarios n'est pas préservé mais le scénario 8 reste quand même parmi les meilleurs.

De façon générale, une analyse des conditions environnementales probables peut aider le décideur à mieux approcher le scénario susceptible de générer le plus de valeur. En considérant par exemple la distribution de probabilités suivante : 0.5, 0.3 et 0.2 respectivement pour les hypothèses H_1, H_2 et H_3. En supposant que la valeur accordée à un scénario est égale à la somme des valeurs probables multipliées par les probabilités correspondantes, on obtient les scores et le classement de la figure 7.15.

Scénario	Score global
8	67
6	66
1	62
2	61
3	61
4	61
9	60
5	59
7	55

Figure 7.15 Cas d'étude : Scores probabilistes des scénarios

7.4. Commentaire de la méthode

Ce paragraphe essaye de répondre à des questions concernant les choix méthodologiques faits par l'approche SimulValor.

Rappelons d'abord que l'approche de simulation SimulValor est à la base une approche de Dynamique des Systèmes. Le choix de la dynamique des systèmes est dû au fait que l'analyse visée par SimulValor est une analyse de haut niveau managérial où des décisions stratégiques et leurs impacts sur les performances globales de l'entreprise à long et moyen termes sont considérés. C'est pourquoi, nous avons choisi une approche de simulation à dominante continue. Vu que notre intérêt principal ne porte pas principalement sur les aspects opérationnels de bas niveau concernant le déroulement des opérations et l'utilisation des ressources, notre choix n'a pas porté sur des approches plus adaptés à la modélisation d'évènements discrets (réseaux de Petri, chaînes de Markov, …).

Ensuite, nous avons choisi les « Kinetic Process Graphs » comme approche de modélisation de dynamique des systèmes. Ce langage remplace la métaphore usuelle de stocks-flux par une métaphore de réaction chimique qui a des avantages de clarté de représentation et d'adaptation aux phénomènes industriels de haut niveau décisionnel rencontrés en entreprise [Lefèvre 2004]. Les KPG adoptent certains éléments de modélisation utilisés dans les graphes de liaison (Bond Graphs). Néanmoins, les éléments liés à la

modélisation des flux énergétiques ne sont pas adoptés. En fait, SimulValor, tout comme les KPG et la Dynamique des Systèmes de façon générale, adopte une approche de modélisation qui s'intéresse plutôt à la **cinétique** des variables modélisées en considérant les flux d'influence qui les lient et qui impactent leurs variations temporelles.

L'approche SimulValor adapte des éléments des KPG et propose de nouveaux éléments de modélisation adaptés au niveau d'analyse qu'elle vise et au cadre valorique dans lequel elle se place.

La pertinence d'un modèle SimulValor et plus précisément la pertinence de la valuation des fonctions causales qui lient les variables du modèle est vérifiée par des méthodes usuellement utilisées par les praticiens de la Dynamique des systèmes comme outil d'intervention et de conseil en management d'entreprise (voir [Wolstenholme 1992], [Vennix et al. 1992], [Thompson 1999], [Lyneis 1999]). Le principe de ces méthodes est de partir des données éventuellement disponibles en entreprise (historique des indicateurs mesurés, analyses de marché, études de satisfaction…) et des modèles mentaux des responsables de l'entreprise. Une analyse de ces données et de ces modèles est utilisée pour avoir des fonctions causales préliminaires qui constituent un modèle de départ. Ensuite, des simulations successives de ce modèle (en adoptant des hypothèses correspondant au fonctionnement de l'entreprise dans le passé) ont pour but d'affiner ces fonctions. Le critère de pertinence utilisé est l'écart entre les résultats passés réels enregistrés dans l'entreprise et les résultats des simulations du modèle.

L'apport de la méthode SimulValor par rapport à la construction de ces fonctions causales est qu'elle adopte le cadre de la théorie de l'utilité pour construire les liens entre les paramètres d'efficacité et les performances d'une activité d'une part et entre les appréciations des performances et les valeurs pour les parties bénéficiaires d'autre part.

7.5. Processus de mise en œuvre

Ce paragraphe présente les étapes de mise en œuvre de la méthode d'aide à la décision SimulValor.

La première étape est une étape de collecte des données. L'objectif de cette étape est d'arriver à comprendre, à structurer et à analyser le contexte de l'aide à la décision souhaitée en travaillant avec le groupe de responsables de l'entreprise impliqués dans l'étude.

Il est préférable de scinder cette étape d'extraction de données par échange direct avec le groupe de travail en deux séances séparées. Dans la première, les éléments importants de l'entreprise et de son environnement sont définis : les alternatives et leur contenu décisionnels, les parties bénéficiaires et leurs valeurs et entre les deux les activités de l'entreprise. Un diagramme de causalité global peut être élaboré dans lequel les interactions et les influences sont caractérisées qualitativement.

Dans la seconde, les éléments valoriques et dynamiques du modèle SimulValor (délais, poids et fonctions de préférence) sont caractérisées de façon structurée (matrice des influences et caractérisation des influences) et détaillées.

A partir des données collectées, le modélisateur prépare un modèle préliminaire. Ce modèle est soumis à une séance de validation et affinement.

D'abord, le modèle SimulValor résultant des échanges précédents est présenté aux membres du groupe pour une revue de la complétude et de la cohérence de l'ensemble du réseau de valeurs.

Ensuite, on procède à des simulations du mode d'activité actuel de l'entreprise. Il s'agit de comparer les résultats de la simulation aux résultats réels. Les écarts détectés déclenchent des opérations d'ajustement et de modification qui peuvent porter sur la structure du modèle comme sur la caractérisation mathématique des influences et des interactions. L'objectif de

cette séance est d'arriver à calibrer le modèle de façon à ce qu'il reproduise au mieux le comportement réel des éléments modélisés.

Une fois un modèle validé et testé, il peut être utilisé lors de la séance d'évaluation des alternatives de décision. Cette étape commence par l'identification des variables qui servent à définir et distinguer les scénarios d'action d'une part et les variables dotées d'une incertitude (bruits, aléas) à prendre en compte lors de l'évaluation des scénarios. Les résultats des simulations sont enfin traités pour évaluer et comparer les différentes alternatives sous les différentes hypothèses de variation des variables incertaines considérées.

La figure 7.16 représente les différentes étapes de mise en œuvre de la méthode SimulValor décrites ci-dessus.

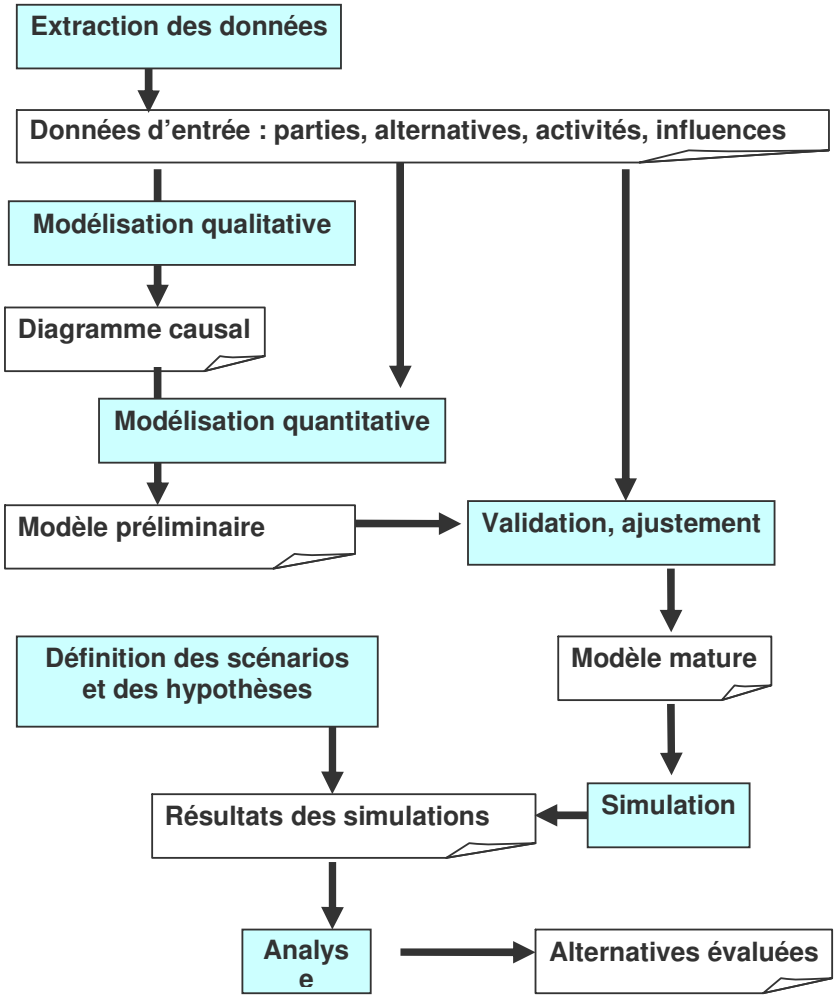


Figure 7.16 Processus de mise en œuvre d'une étude SimulValor

7.5. Conclusion

Modéliser le chemin causal qui mène des actions aux valeurs générées en tenant compte de la complexité causale et temporelle des phénomènes qui entrent en jeu : c'est l'objectif d'un modèle SimulValor.

Considérer les activités, leurs interactions, leurs paramètres d'efficacité et leurs performances comme objet central de l'analyse de la corrélation entre actions et valeurs : c'est la spécificité de la méthode d'analyse SimulValor.

Quantifier les influences qualitatives liant les divers éléments d'un modèle à l'aide de variables d'appréciation déduites à l'aide de fonctions de

préférences, utiliser la dynamique des systèmes pour simuler et comparer les résultats de divers scénarios d'action en tenant compte de la variabilité des variables d'action et des variables environnementales : voilà l'essentiel de la méthode d'évaluation d'alternatives de décision SimulValor.

Conclusion

Pour aider un décideur à faire le choix entre différentes options d'action, il est important d'évaluer ces options selon un certain nombre de critères et d'affecter un score global à chaque option afin de pouvoir les classer.

Une telle évaluation nécessite la prise en compte de l'ensemble des influences causales qui relient les éléments d'un réseau de valeurs qui lie les décisions aux critères d'évaluation. Selon SimulValor, ce réseau établit cette liaison en passant par les activités réalisées dans l'entreprise.

Pour réaliser une telle évaluation, la méthode SimulValor, propose un langage de modélisation des réseaux de valeurs en entreprise et utilise la dynamique des systèmes pour simuler les modèles construits.

Malgré les vertus du management par la valeur qui est à la fois un style de management et une approche d'amélioration de la performance globale d'une entreprise, ce style de management manque d'outils permettant d'étendre son application dans les entreprises.

L'approche SimulValor est adéquate pour réaliser un tel objectif. Le modèle des flux de valeur dans une entreprise que nous avons proposé sert à simuler les flux de valeur dans l'entreprise, à suivre le cheminement de valeur à travers ses différentes composantes et à évaluer des alternatives de décision en termes de leurs effets sur les valeurs générées.

Certes, les managers disposent actuellement d'outils d'amélioration de la performance, mais ceux-ci restent limités soit au contrôle des coûts soit à l'amélioration du rendement au niveau d'un métier ou d'une fonction spécifique de l'entreprise.

SimulValor présente l'avantage d'être une approche d'aide à la décision stratégique qui adopte une vision systémique de l'entreprise et qui combine dans son analyse des facteurs quantitatifs et qualitatifs en ayant recours à la dynamique des systèmes et aux méthodologies offertes par les théories d'aide à la décision.

Nous sommes persuadés que le modèle SimulValor pourrait et devrait :

- être testé sur des modèles d'entreprise de types divers (notre cas d'étude qui traite de services avait pour but d'être un cas difficile car relativement immatériel),

- faire l'objet d'un développement d'application informatique,

- être étendu à des fonctionnalités d'optimisation,

- être amélioré dans l'aide à la génération de scénarios de développement stratégique,

- être amélioré dans l'aide au dépouillement multi-critère ou à la consolidation de la note finale des scénarios,

- être amélioré dans l'analyse temporelle des valeurs de scénarios (en effet, un scénario peut présenter une valeur importante à un horizon de temps donné et une valeur moins importante dans le long terme).

Annexe 1 La dynamique des systèmes

Dans un environnement de plus en plus intégré, les modèles mentaux sur lesquels sont basées les prises de décisions par les managers doivent être plus globaux à cause du fort couplage entre les différents composants de l'environnement. Ainsi, le besoin d'une réflexion systémique n'a jamais été aussi fort. De plus, les entreprises ont besoin d'un modèle mental partagé par toute l'organisation afin de permettre aux décideurs de prendre des décisions pertinentes et efficaces.

La dynamique des systèmes offre un ensemble d'outils et de techniques pour développer de tels modèles, tester leur validité par des simulations et évaluer l'impact des alternatives de politiques à travers des analyses de sensibilité.

Le premier article sur la dynamique des systèmes est apparu dans Harvard Business Review en 1959 et fut écrit par Jay W. Forrester. Dans cet article, Forrester utilisa les principes du contrôle de reflux d'informations (découvert dans les études des servomécanismes) pour expliquer comment une campagne agressive de publicité peut créer des fluctuations de la charge de travail dans les ateliers de fabrication d'une entreprise. Cette approche de modélisation des processus de management était nouvelle à cette époque ; encore plus, elle a introduit que la dynamique d'un système industriel résulte de sa structure. L'élément structurel de base est *la boucle de rétroaction*. La structure est constituée de l'ensemble des boucles de rétroaction contenues dans le système. Ce lien entre la structure et le comportement est considéré comme le principe de base de la dynamique des systèmes.

En 1961, Forrester a écrit son livre intitulé « Industrial Dynamics » dans lequel il a décrit la méthodologie de modélisation des systèmes industriels par les flux physiques (de personnel, d'argent, de matière et d'équipements), les stocks d'accumulation correspondants et les mécanismes de prise de décision basés sur des flux d'informations et qui contrôlent les différents flux pour atteindre les niveaux de stocks désirés. L'idée centrale était que toutes les

décisions sont faites suivant la structure de rétroaction d'information. Ainsi, l'étude de la structure de rétroaction offre une bonne compréhension de la dynamique du système.

En utilisant un cadre unifié pour modéliser toutes les parties d'une organisation et leurs interrelations, la dynamique des systèmes est bien adaptée pour visualiser l'organisation d'une perspective systémique.

Suite à la publication du livre, la méthodologie était appliquée à des échelles variées, dans des contextes variés (management de la chaîne logistique, management des projets, infrastructure IT et planification stratégique) et pour différentes activités (production, services, recherche et développement et départements gouvernementaux).

La **méthodologie** de la modélisation en dynamique des systèmes est basée sur trois principes :

1) la structure détermine le comportement : La structure implique les interrelations complexes entre les différentes parties de l'organisation et inclue les procédés de prise de décision.

2) la structure des systèmes organisationnels implique souvent des variables « soft » : telles que la perception de la qualité, la satisfaction du client…

3) la compréhension et la modification du modèle mental peuvent avoir un effet de levier sur les résultats atteints [Dutta and Roy 2002].

Pour modéliser un système dynamique, on peut partir de la construction d'un diagramme de causalité. Pour ceci, les éléments du système sont considérés comme des variables dont les niveaux peuvent changer au cours du temps, sans se préoccuper de l'existence ou non d'échelles réelles de mesure des valeurs de ces variables. Ainsi, il est possible de considérer des variables à caractère subjectif ou qualitatif tels que la satisfaction des clients, leur fidélisation, l'attrait du produit… Ensuite, les influences causales entre les variables sont représentées de manière semblable à celle des modèles

cognitifs. On représente les influences principales sans oublier les influences qui peuvent nous paraître secondaires. Ces influences sont caractérisées par un signe positif dans le cas d'une influence positive, c'est-à-dire si l'augmentation de la variable d'origine induit une augmentation de celle de destination, et par un signe négatif dans le cas contraire.

Généralement, à ce stade de la modélisation, on remarque l'apparition de boucles causales : chaînes de causalité fermées, c'est-à-dire qu'au bout d'un certain chemin causal, on se retrouve au niveau de la variable d'où on était parti.

Ces boucles sont importantes à déterminer car ce sont elles qui sont généralement responsables des profils de comportement dynamique du système et de ses variables. Une boucle est dotée d'un signe positif est dite de renforcement si le produit des signes des influences qui la constituent est positif. Elle est dotée d'un signe négatif et est dite de régulation dans le cas contraire.

En plus des boucles de causalité, le deuxième aspect intéressant de la dynamique des systèmes est qu'elle permet de modéliser les délais de concrétisation des influences causales, ce qui permet d'inclure dans le même modèle l'analyse d'influences causales qui se manifestent à court, moyen et long termes.

Le deuxième niveau de modélisation et qui permet de faire des simulations est le modèle de stocks-flux déduit du diagramme de causalité. L'avantage de ce deuxième modèle est qu'il est quantitatif et qu'il permet d'introduire la dimension temporelle en considérant les taux de changement ou d'évolution des niveaux des variables au cours du temps.

Au niveau de ce modèle, on distingue deux types de variables : les variables cumulatives dites aussi stocks et les variables de flux représentant les taux de changement des stocks.

Les influences causales entre les variables sont représentées par des liens d'informations entre ces variables. Les lois d'évolution de chaque variable tiennent compte des valeurs des variables qui l'influencent et desquelles elles reçoivent des liens d'information.

La simulation des équations du système sur une période de temps avec des valeurs initiales pour les variables génère le comportement dynamique du système. A ce stade, des tests de validation du modèle sont réalisés. Un modèle validé peut être utilisé pour des analyses de sensibilité pour assister la prise de décision.

Annexe 2 Kinetic Process Graphs

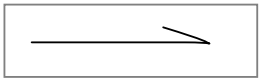
Les kinetic process graphs (KPG), développés par Jacques LeFèvre [Lefèvre 2002], sont un langage de modélisation graphique qui d'une part étend les diagrammes stocks – flux de la dynamique des systèmes (DS) et d'autre part apporte une solution au problème de complexité visuelle des modèles de DS faisant traditionnellement intervenir un nombre relativement élevé de variables et d'influences causales.

L'idée de base des KPG est la métaphore des réactions chimiques de la forme générale n A + m B ➔ p C + q D (A, B, C et D étant des stocks et n, m, p et q des coefficients stœchiométriques) adoptée pour représenter des processus dynamiques à inputs et outputs multiples tels que par exemple :

Financement + matières + ressources → produits + ressources.

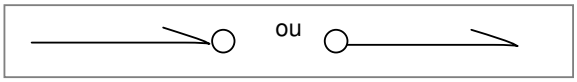
La première étape de représentation d'un KPG est la définition quantitative de la structure de flux matériels à l'aide d'un « graphe de flux structurels ». Les éléments de base utilisés pour construire ce graphe sont :

- le lien de flux matériel généralisé :



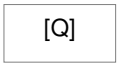
Le flux est positif dans la direction de la flèche.

- le marqueur circulaire de flux de causalité :



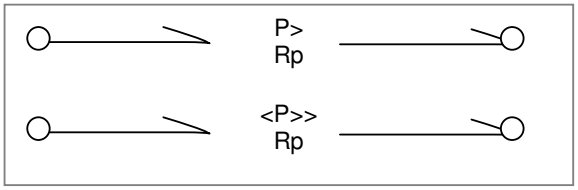
Le marqueur indique le côté de l'élément qui reçoit l'information concernant le flux.

- le stock matériel généralisé :



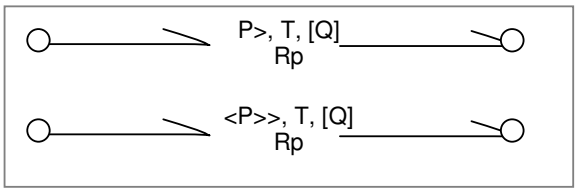
Q = Q(0) + INT (somme des flux en entrée – somme des flux en sortie).

- le taux de processus :



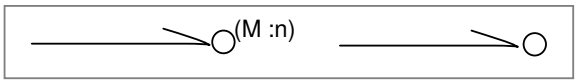
Le taux Rp est imposé aux flux en entrée et en sortie. Pour le cas supérieur, Rp est toujours positif. Pour l'autre cas, Rp est positif dans le sens >> et négatif dans l'autre sens.

- le taux de processus avec délai:



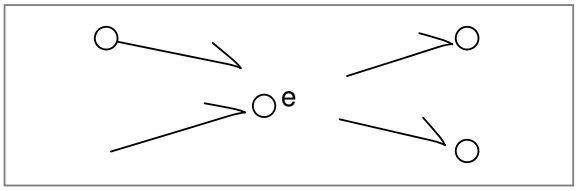
Même comportement que l'élément précédent, mais le flux en entrée est égal à Rp(t) et celui en sortie est égal à Rp(t-T). un stock d'en cours [Q] résulte du délai T.

- le modificateur :



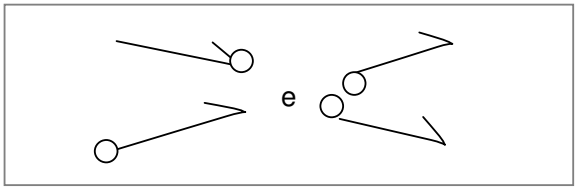
Reçoit l'information sur le flux de gauche et l'impose sur le flux de droite en la multipliant par n.

- la jonction d'égalisation :



Reçoit de l'un des liens une valeur et l'impose aux autres liens.

- la jonction de balance :



Reçoit de tous les liens sauf un des valeurs dont il impose la somme au lien restant.

Le graphe de flux structurels résume les propriétés du système qui dépendent uniquement de sa structure (stœchiométrie et interconnections) et ne représente pas la cinétique utilisée. Si on connaît les taux au niveau de chacun des processus, on peut déduire les valeurs des autres flux du graphe.

La seconde étape est la définition de l'ensemble des signaux ou influences nécessaires pour calculer les taux des processus et par suite les autres flux du graphe. Le KPG résulte de la superposition des influences au graphe de flux structurels.

Une influence est représentée par une flèche complète : ⟶

Pour avoir une représentation parcimonieuse des influences, les KPG utilisent les deux éléments suivants :

- une composante influence peut être ajoutée à chaque élément de type : stock, jonction d'égalisation ou modificateur. Cette composante indique un signal ou une information fournie par l'élément correspondant.

- Un petit trait ajouté à l'un des bouts d'un lien de type flux matériel indique le sens d'une influence qui existe entre les deux éléments liés par le flux. Le trait est mis du côté de l'élément influencé. Ceci évite d'ajouter en plus du lien de flux matériel une autre flèche pour représenter l'influence.

Ces deux éléments sont utilisés pour représentés les influences proches, c'est-à-dire exercés sur le taux du processus par des éléments en son entrée ou en son sortie.

Annexe 3 Théorie de l'utilité

Eléments de la théorie de l'utilité

Soit A et B deux résultats évalués selon les préférences d'un utilisateur U.

A > B : U préfère A à B.

A = B : U est indifférent lors d'un choix entre A et B.

[p, A; q, B] : une situation où A et B sont probables avec les probabilités respectives p et q.

Axiomes

Ordre : (A > B) ou (B > A) ou (A = B)

Transitivité : (A > B) et (B > C) implique (A > C)

Continuité : A > B > C implique il existe p tel que [p, A; 1-p, C] = B

Substituabilité : A = B implique [p, A; 1-p, C] = [p, B; 1-p, C]

Monotonicité :

A > B implique (p >= q équivaut à [p, A; 1-p, B] >= [q, A; 1-q, B])

Décomposition :

[p, A; 1-p, [q, B; 1-q, C]] = [p, A; (1-p)q, B; (1-p)(1-q), C]

Théorème de l'utilité

Etant données des préférences qui satisfont les axiomes ci-dessus :

Il existe une fonction numérique P telle que :

P(A) > P(B) si et seulement si A > B, et

P(A) = P(B) si et seulement si A = B.

Principe de maximisation de l'utilité :

L'utilité d'une situation est la somme des probabilités des résultats multipliées par leurs utilités.

Exemple de construction d'une courbe de préférence :

Considérons l'indicateur de performance C égal au coût de production d'un produit. Le niveau idéal visé par les managers de l'entreprise est de 35 € par unité. Le niveau de coût considéré comme inacceptable est égal à 55 €. Ces deux informations nous donnent deux points de la courbe de préférence qui décrit l'appréciation des managers des niveaux possibles de cet indicateur de performance. Ces deux points sont : x_0 (C=55, U=0) et x_1 (35, 1).

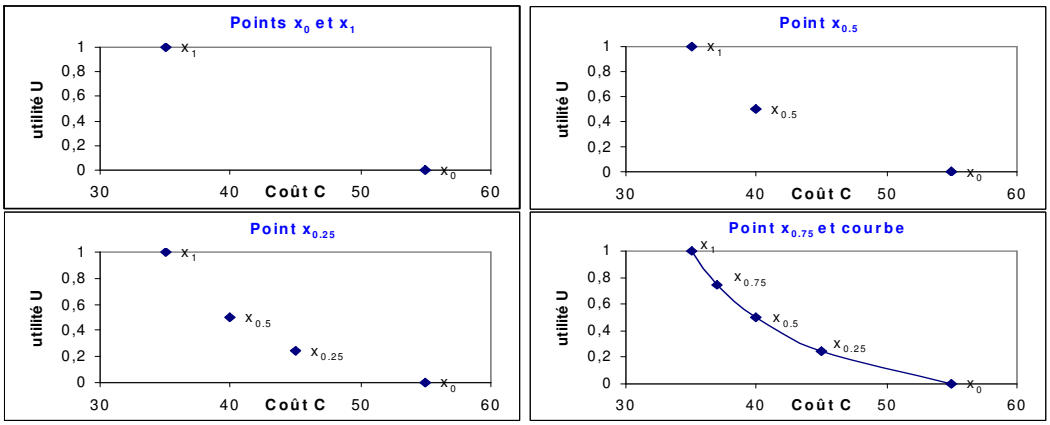
Les managers sont par suite appelés à exprimer leurs équivalents certains de certaines situations probabilistes en terme d'appréciation du coût. Ceci permet de déterminer d'autres points sur la courbe de préférences.

Les managers sont appelés à répondre à la question suivante : pour quel coût x entre 35 et 55 €, ils sont indifférents entre les deux situations : (C = x € avec une probabilité 1) et (C = 55 € avec une probabilité 0.5 et C = 35 € avec une probabilité 0.5). La réponse est : x = 40. Donc, les managers expriment leur indifférence entre les deux situations : (C = 40 € avec une probabilité 1) et (C = 55 € avec une probabilité 0.5 et C = 35 € avec une probabilité 0.5). Ce qui nous permet d'avoir un troisième point sur la courbe. C'est le point $x_{0.5}$ (40, 0.5).

D'autre part, une question analogue montre que les managers apprécient de manière équivalente : (C = 45 € avec une probabilité 1) et (C = 55 € avec une probabilité 0.5 et C = 40 € avec une probabilité 0.5). Ce qui nous permet d'avoir un quatrième point sur la courbe. C'est le point $x_{0.25}$ (45, 0.25).

Un cinquième point correspondant à une utilité égale à 0.75 est obtenu de façon analogue ce qui nous permet d'avoir l'allure de la courbe de préférence (figure 1).

Le deuxième niveau d'utilisation de la théorie de l'utilité est l'agrégation des préférences de chaque partie bénéficiaire pour obtenir les indices de valeurs.



Nous voudrons définir une fonction de préférence telle que :

Figure 1. Exemple de construction d'une courbe de préférence

Il s'agit d'agréger les fonctions de préférence associées aux indicateurs de performance en une fonction de préférence globale.

$$u(C_1,....,C_n) = f[u_1(C_1),...,u_n(C_n)]$$

où u_i est la fonction de préférence relative à l'indicateur C_i et f est la fonction d'agrégation.

Si les indicateurs vérifient certaines conditions d'indépendance, alors la fonction de préférence multicritère peut prendre une forme additive :

$$U = \sum_{i=1}^{n} k_i u_i(C_i)$$

Si les conditions ne sont pas vérifiées, cela n'implique pas qu'une fonction de préférence multicritère ne peut pas être construite, mais seulement que sa construction sera plus difficile. Signalons ici qu'en pratique, supposer que ces conditions sont satisfaites est généralement accepté comme une approximation raisonnable [Mistree et al. 01]. Les constantes d'agrégation (les k_i) sont obtenues en identifiant un nombre suffisant d'équations indépendantes

résultant d'indifférences de jugement entre des loteries et leurs équivalents certains.

L'évaluation d'une alternative d'action passe par la simulation de l'évolution dynamique du modèle sur un horizon raisonnablement choisi en fonction de la nature des activités et des performances évaluées. La simulation nous permet d'avoir pour chaque scénario candidat les valeurs générées pour l'ensemble des parties bénéficiaires.

Annexe 4 Analytic Hierarchy Process

L' AHP (voir [Saaty 80]) est une méthode d'aide à la décision multicritère dont la détermination des poids des critères d'évaluation est une étape. Cette pondération est faite comme suit :

- Comparaisons par paires :

Constituer une matrice de comparaisons par paires A où :

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$$

indique une estimation du rapport des importances du critère i relativement au critère j.

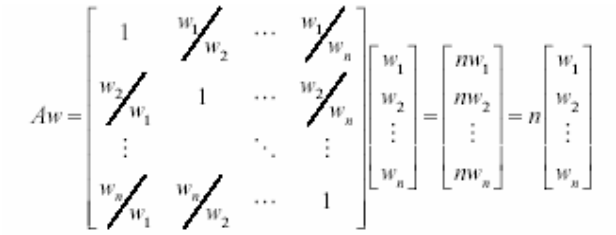
$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Dans la méthode AHP, une échelle de valeurs absolues de 1 à 9 est employée pour faire les comparaisons par paires des critères à pondérer. Les valeurs sont énumérées et expliquées dans le tableau suivant.

Valeur	Définition
1	Même importance
3	Plus important
5	Beaucoup plus important
7	Manifestement plus important
9	Extrêmement plus important

Cohérence :

Si A est cohérente alors on a :



Ce qui veut dire que le vecteur des poids w est un vecteur propre de A ; n est la valeur propre correspondante.

Il peut être montré que si A est cohérente, n est la plus grande valeur propre ; sinon la plus grande valeur propre λ_{max} est supérieure à n.

Saaty propose de choisir la plus grande valeur propre et de considérer le vecteur propre associé comme vecteur des poids.

L'écart entre λ_{max} et n est un indicateur d'incohérence de A.

Indice de cohérence : IC = $(\lambda_{max} - n)/(n-1)$

Ratio de cohérence : RC = IC / ICA où ICA est un IC moyen pour un grand nombre de matrices aléatoires A.

Saaty suggère que si RC > 0.1, les comparaisons sont à refaire.

Références

[Arrègle 1996] Arrègle J.L., "Analyse Resource Based et identification des actifs stratégiques", Revue française de gestion, Mars 1996.

[Blair 1998] Blair, M.M. "For whom should corporations be run: an economic rationale for stakeholder management". Long Range Planning 31(2), 195–200.

[Donaldson et al. 04] Donaldson K., Ishii K., Sheppard S., "Customer value chain analysis", Proceedings of DETC 2004, ASME 2004 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Salt Lake City, Utah, September 28 - October 2.

[Doumeingts 84] G. Doumeingts, "La méthode GRAI", Thèse d'Etat, Université de Bordeaux I, 1984.

[Dutta and Roy 2002] Amitava Dutta and Rahul Roy, “System Dynamics”, ORMS Today, Volume 29, number 3, Juin 2002, pages 30-35.

[Eynard 1999] Eynard, B., « Modélisation du produit et des activités de conception. Contribution à la conduite et à la traçabilité du processus d’ingénierie. », *Thèse de l’université Bordeaux 1,*1999.

[Eisenhart et Zbaracki 1992] Eisenhardt K., Zbaracki M.A., (1992) "Strategic decision making", Strategic Management Journal,13(Special issue), 17–37 ; cité dans [Vining et Meredith 2000].

[Epstein et Manzoni 1998] Epstein M., Manzoni J.F., "Implementing Corporate Strategy: From Tableaux de Bord to Balanced Scorecards", European Management Journal, Volume 16, Issue 2, 1998, pp 190-203.

[Ford et Sterman 1997] Ford D.N., Sterman J.D., "dynamic modelling of product development processes",1997, http://web.mit.edu/jsterman/www/SDG/ford_sterman.html.

[Galanos 98] Galanos J., "Quel type de valeur choisir en qualité totale pour maîtriser le progrès continu dans les processus ?", Marketing, Stratégie et Organisation, Actes des XIVèmes Journées des I.A.E, Nantes, p : 331- 348.

[Hafeez et al. 2002] Hafeez K., Zhang Y., Malak N., "Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process", International Journal of Production Economics, 76(1), 39-51.

[Hasting 1996] Hastings S., "A strategy evaluation model for management", Management Decision, 34 (1), 25-34.

[Hayes et Garvin 1982] Hayes R.D. and Garvin D.A., "Managing as if tomorrow mattered", Harvard Business Review, 60(3), 71–79 ; cité dans [Vining et Meredith 2000].

[Ishii 01] Ishii, K., "Customer Value Chain Analysis (CVCA)," ME317 dfM: Product Definition Coursebook. ed(s): K. Ishii. Stanford Bookstore, Stanford University.

[Kaplan et Norton 1992] Kaplan R.S., Norton D.P., "The Balanced Scorecard – Measures that drive performance", Harvard Business Review, January-February 1992.

[Kaplan et Norton 1996] Kaplan R. , Norton D. , "Using the Balanced Scorecard as a strategic management system", Harvard Business Review, January/February 1996, pp 75-85.

[Keating et al. 1999] Keating E.K., Oliva R., Repenning N.P., Rockart S., Sterman J.D., "Overcoming the improvement paradox", European Management Journal , 17(2), 120-134.

[Keeney et Raiffa 76] Keeney R., Raiffa H., "Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs", Wiley.

[Lefèvre 2002] Lefèvre J., “Kinetic Process Graphs: Building Intuitive, Suggestive and Parsimonious Material Stock-Flow Diagrams with Modified

Bond Graph Notations", in 20th International Conference of the System Dynamics Society, Palermo, July 28 - August 1, 2002.

[Lefèvre 2004] Lefèvre J., "Why and How Should We Replace the Tank-Pipe Analogy of our Stock-Flow Models by a Chemical Process Metaphor", in 25th World Congress of the System Dynamics Society, Oxford, July 2004, paper 102.

[Limayem 01] Limayem, F., « Modèles de pondération par les méthodes de tri croisé pour l'aide à la décision collaborative en projet », Thèse de doctorat de l' Ecole Centrale Paris, 23 novembre 2001.

[Limayem et Yannou 05] Limayem F., Yannou B., "Selective assessment of judgemental inconsistencies in pairwise comparisons for group decision rating", Computers & Operations Research, 2005.

[Lyneis 1999] Lyneis J. M., "System Dynamics for Business Strategy: A Phased Approach", System Dynamics Review , 15 (1), 1999, p : 37-70

[Martinet et Reynaud 2001] Martinet A.C., Reynaud E., "Shareholders, stakeholders et stratégie", Revue française de gestion, Novembre 2001.

[Martinet et Reynaud 2001] Martinet A.C., Reynaud E., « Shareholders, stakeholders et stratégie », Revue française de gestion, Novembre 2001.

[Métais 2002] Métais E., "Vers la notion de polyvalence stratégique", Revue française de gestion, Avril 2002.

[Mills 1988] Mills R.W., "Capital budgeting - the state of the art", Long Range Planning 21(4), 76–81 ; cité dans [Vining et Meredith 2000].

[Mintzberg et al. 1976] Mintzberg H., Ralsinghani D., Theoret A., "The structure of unstructured decisions", Administrative Science Quarterly, 21(1), 246-275.

[Mistree et al. 01] Mistree F., Fernandez M.G., Seepersad C.C., Rosen D.W., Allen J.K., (2001) « Utility-based decision support for selection in engineering design », Proceedings of DETC 2001, Pittsburgh, September 9-12.

[Nutt 1984] "Types of organisational decision processes", Administrative Science Quarterly, 29(3), 414-450.

[Nutt 1998 a] Nutt P.C., "Evaluating alternatives to make strategic choices", Omega, International Journal of Management Science 26(3), 333–354.

[Nutt 1998 b] Nutt P.C., "How decision makers evaluate alternatives and the influence of complexity", Management Science 44(8), 1148-1166 ; cité dans [Vining et Meredith 2000].

[Olve et al. 1999] Olve, N., Roy, J and Wetter, M. (1999), Performance Drivers: A Practical Guild toUsing the Balanced Scorecard, England: John Wiley & Sons Ltd..

[Paitch et Sterman 1993] Paitch M., Sterman J.D., "Boom, bust, and failures to learn in experimental markets", Management Science, 39(12), 1439–1458 ; cité dans [Vining et Meredith 2000].

[Perrin 1999] Perrin J., "Pilotage et évaluation des processus de conception", Editions l'Harmattan – 1999.

[Pomerol et al. 1993] Pomerol J.C., Barba-Romero S., (1993) « Choix multicritère dans l'entreprise, Principes et pratique », Hermès.

[Porter 1986] Michael Porter, " L'avantage concurrentiel : Comment devancer ses concurrents et maintenir son avance", Intereditions 1986.

[Saaty 80] Saaty T.L., "The analytic hierarchy process", McGrawHill.

[Stevenson et Wolstenholme 1999] Stevenson, R., Wolstenholme, E., « Value Chain Dynamics - Applying System Dynamics to Support Value

Thinking ». 17th International Conference of the System Dynamics Society, Wellington, New Zealand, (1999).

[Supizet 2002] Supizet J., "Le management de la performance durable", Edition d'organisation, 2002.

[Teece et al. 1997] Teece D. J., Pisano G., Shuen A., "Dynamic capabilities and strategic management", Strategic management journal, 18 (7), 509-533.

[Thompson 1999] Thompson J. P., "Consulting Approaches with System Dynamics: Three Case Studies", System Dynamics Review, 15(1), 1999, p : 71-96.

[Todd 2000] Todd D., " A 'Dynamic' Balanced Scorecard ; The Design and Implementation of a Performance Measurement System in Local Government », master thesis, university of Auckland, 2000.

[Vennix et al. 1992] Vennix J., Andersen D., Richardson G., Rohrbaugh J., "Model-building for group decision support : issues and alternatives in knowledge elicitation", european journal of operational research, 59 (1), 1992, p : 28-4.

[Vining et Meredith 2000] Vining A., Meredith L., "Metachoice for Strategic Analysis", European Management Journal Vol. 18, No. 6, pp. 605–618, 2000.

[Wolstenholme 1992] Wolstenholme, E. F., "The definition and application of a stepwise approach to model conceptualisation and analysis", European Journal of Operational Research, 59 (1), 1992, p : 123-136.

[Wolstenholme 1998] Wolstenholme E., "Balanced Strategies for Balanced Scorecards: The Role of System Dynamics in Supporting Balanced Scorecard and Value Based Management," 1998 International System Dynamics Conference, Quebec, Canada.

[Wolstenholme 2003] Wolstenholme E.F.,"The use of system dynamics as a tool for intermediate level technology evaluation:three case

studies", Journal of engineering and technology management 20, 2003, p : 193–204.

[1] www.idsia.ch.

[2] www.wior.uni-karlsruhe.de.

[3] www.enterprisedynamics.com.

[4] www.simulistics.com.

[5] "Stella getting started guide", *stella research 7* software.

[6] www.iseesystems.com.

[7] Aide du logiciel *stella research 7.*

[8] www.vensim.com.

[9] www.powersim.com.

[10] "Powersim studio 2003, user's guide" ; www.powersim.com.

[11] www.goldsim.com.

[12] Frontini G. et Burns A., "Goldsim review", or/ms today, août 2003.

[14] www.xjtek.com.

[15] "Anylogic System Dynamics Tutorial", XJ technologies company ltd., www.xjtek.com.

[16] AnyLogic V Enterprise Library Tutorial, XJ technologies company ltd., xjtek.com.

[17] Alexei Filippov, "AnyLogic Technical Overview", November 2003, XJ Technologies, www.xjtek.com.

[IST 2002] Information Society Technologies (IST), Contract for project VALOR, Annex 1 "Description of work".

[EN 12973] NF-EN-12973, 2000, "Value Management", European Standard, June 2000.