UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences et de la Technologies et Sciences de la Matière -F-STSM

Département des Mathématiques et d'Informatique

N° d'ordre : .....

N° de série : .....

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Magister en informatique

Option : **Technologies d'Information et de Communication (TIC)**

Par

Ali LALOUCI

Thème :

Simulation et Gestion : Vers un modèle de pilotage stratégique des entreprises économiques

Soutenue publiquement le : 05/12/2012

Devant le jury composé de :

Président	Pr. Djamel Ahmed CHACHA	Professeur, université d'Ouargla
Examinateurs	Pr. Brahim BEKHTI	Professeur, université d'Ouargla
	Dr. Brahim BELATTAR	Maitre de Conférences(A), université de Batna
Rapporteur	Dr. Ahmed KORICHI	Maitre de Conférences(A), université d'Ouargla

ANNEE 2012/2013

Remerciements

Tout d'abord, J'exprime mes profonds remerciements à mon directeur de mémoire, le Docteur Ahmed KORICHI, Maitre de Conférences au département d'Informatique, Faculté des Sciences et de la Technologies & Sciences de la Matière, qui a dirigé ce travail, pour son soutien, pour la sympathie qu'il ma témoigné et pour la liberté de recherche qu'il a bien voulu me laisser.

Je remercie vivement Monsieur le Pr. Ahmed Djamel CHACHA, Professeur à l'université de Kasdi Merbah Ouargla, de m'avoir fait l'honneur d'être président de mon jury.

Je remercie très sincèrement le Pr. Brahim BEKHTI, Professeur à l'université de Kasdi Merbah Ouargla, d'avoir accepté de faire partie de mon jury de mémoire.

Je remercie très sincèrement Monsieur le Dr Brahim Belattar, Maitre de Conférences à l'université de Batna, d'avoir accepté de faire partie de mon jury de mémoire.

Je remercie mes parents pour m'avoir toujours motivé à poursuivre mes études et pour avoir su me soutenir toutes ces années.

Nos vifs remerciements vont également. Tous ceux qui ont, de loin ou de prés contribuer à L'accomplissement de ce travail.

Ali LALOUCI

Résumé :

La mesure de la performance d'une entreprise est une question toujours d'actualité pour toute équipe dirigeante. Dans un contexte de mondialisation des échanges, la recherche de la compétitivité devient la préoccupation majeure des dirigeants d'entreprises. Cette situation les contraint à se doter d'une stratégie découlant d'une vision claire et partagée tenant compte des contraintes environnementales. L'entreprise doit développer sa capacité à identifier les changements, même lents et difficiles à repérer et doit pouvoir modifier l'équilibre concurrentiel. On se propose d'explorer les possibilités de la simulation pour construire un modèle de simulation pour l'évaluation de performance multicritères stratégique d'une entreprise économique. Cas des PME/PMI Algériennes.

Mots clés : gestion, pilotage stratégique, modélisation, simulation, évaluation de performance.

Abstract:

The measurement of the performance of a such company is an issue ever first for a suddenly squad directive. At any circumstance from worldwide globalisation, the research of competitiveness becomes the major concern of the managers of undertakings. This situation the constrained one to obtain a strategy rising from a clear and shared vision holding account from the environmental constraints. The company must develop its capacity to identify the changes, even slow and difficult to locate and must be able to modify competing balance. One proposes to explore the possibilities of simulation to build a simulation model for the evaluation of strategic multicriterion performance of an economic enterprise. Case of the Algerian SMC/SMI.

Key words :

Management, strategic piloting, modeling, simulation, evaluation of performance

Table de matière

Chapitre 1: Introduction

1. **Inéluctabilité technologique**.....1
2. **Sujet** 2
3. **Objectifs**.....3
4. **Structure** 4

Chapitre 2: Evaluation des performances des entreprises

1. **Introduction**.....6
2. **L'entreprise-système** 6
   2.1. Définition 6
   2.2. Activité d'entreprise.....7
   2.3. Organisation d'entreprise-système 8
3. **De la stratégie à la mesure de la performance**.....9
   3.1. Le concept de stratégie.....9
   3.2. Le concept de performance 10
   3.3. Indicateur de performance.....10
   3.4. Les systèmes de mesure de la performance.....13
   3.5. Le pilotage stratégique.....14
4. **Les méthodes d'évaluation de la performance** 17
   4.1. Le contrôle de gestion.....17
   4.2. La gestion par activité 25
   4.3. Les tableaux de bord et la stratégie 28
5. **Pilotage de la performance par les tableaux de bord**.....29
   5.1. Définition.....29
   5.2. Principes et objectifs 30
   5.3. Construction du tableau de Bord 31
   5.4. Quels indicateurs pour mesurer la performance ?.....34
   5.5. Tableau de bord stratégique 35
6. **Discussion** 40
   6.1. Critiques des methods analytiques 40

6.1. La simulation pour l'évaluation des performances ……....41

7. **Conclusion…….....**42

Chapitre 3: la simulation

1. **Introduction…… ..……**43

2. **Système, Modèle et Modélisation…… …..**43

2.1. Notion de système …….. ……43
2.2. Modèle et Modélisation……. ……44

3. **La simulation……..... …**47

3.1. Notion de la simulation …….. ……47
3.2. Quand simuler ?..... ……48
3.3. Domaine d'application de simulation……50
3.4. Les étapes d'une étude de simulation …….....53
3.5. Techniques pour développer des modèles valides et crédibles ……57
3.6. Les logiciels de simulation ……59
3.7. Avantages et Limites de la simulation ……63

4. **Simulation et Gestion ……**64

4.1. La complexité de la gestion d'entreprise……64
4.2. Limites des méthodes analytiques…….....65
4.3. Apports de la simulation aux développements du domaine de manufacturier……66
4.4. Application de la simulation en gestion…….. … ……67

5. **Conclusion……**72

Chapitre 4: Vers un modèle de simulation pour L'évaluation des performances

1. **Introduction……**73

2. **Analyse du problème ……**73

2.1. Identification du problème ……73
2.2. Définition des objectifs ……74
2.3. Description du système a modélisé ……75

3. **Modélisation et implémentation ……**78

3.1. Entrées/sorties du système ……78
3.2. Méthodes de génération des valeurs……80
3.3. Construction du modèle avec ARENA ……83

4. **Exploitation du modèle ……**90

5. Conclusion ……93

Chapitre 5: Expérimentation

1. Introduction…… 94

2. Choix des entreprises…… 94

2.1. Critères de comparaison…… 94
2.2. Collectes des données sur les entreprises retenues…… 96
2.3. Application des modèles d'évaluation…… 103

3. Expérimentation…… 104

3.1. Outils de l'expérimentation…… 104
3.2. Objectifs de l'expérimentation…… 107
3.3. Limites de l'expérimentation…… 107
3.4. Résultats obtenus…… 107

4. Validation…… 110

4.1. Méthodes de validation…… 110
4.2. Validation des modèles…… 112

5. Conclusion…… 114

Chapitre 6: Conclusion

1. Bilan de l'étude réalisé…… 115

2. Apport…… 116

3. Limitations et extensions…… 116

4. Perspectives…… 117

Liste des figures

Figure 1: Décomposition en systèmes d'une entreprise ……..…… 7
Figure 2: Les cinq parties de base de l'organisation …… 8
Figure 3: La boucle de pilotage à travers l'indicateur. ……..…… 11
Figure 4: Le pilotage stratégique …… 15
Figure 5 : Le triptyque du pilotage ……..…… 17
Figure 6: Le modèle BCG ……..…… 20
Figure 7: Le modèle des 5 forces de la concurrence ……22
Figure 8: Principe de la méthode ABC/ABM ……..…… 27
Figure 9: Exemple de représentation de tableaux de bord ……32
Figure 10: Les quatre axes du Balanced ScoreCard……36
Figure 11: Les relations de cause à effet au sein du TBP …… 39
Figure 12: Processus de modélisation …… 46
Figure 13: Méthodologie d'une simulation…… 48
Figure 14 : Démarche de choix d'une méthode de simulation…… 49
Figure 15 : Les étapes d'une étude simulation ……..…… 53
Figure 16 : Les différents niveaux d'utilisation …… 59
Figure 17 : Logiciels dédiés écrits en langages généraux …… 60
Figure 18 : Le cheminement usuel de la simulation ……..…… 62
Figure 19: Principes de modélisation en Entreprise …… 68
Figure 20 : Diagramme de contexte dynamique du système MSEP……79
Figure 21 : Interface graphique pour la saisie des paramètres…… 83
Figure 22: Interface graphique pour la saisie des Prévisions……84
Figure 23 : Organigramme du fonctionnement des modules de modèle ……85
Figure 24: Les différentes vues des structures de modèle……86
Figure 25: Les modules de génération des valeurs des variables (Production et Vente)…… 86
Figure 26: Les modules de génération des valeurs des variables (Achats)……86
Figure 27: Les modules de génération des valeurs des variables (Charges)……87
Figure 28: Les modules de génération des valeurs des variables (Clients)……87
Figure 29: Les modules de génération des valeurs des variables (Commandes)…… 87
Figure 30: Les modules de génération des valeurs des variables (Personnel)……88

Figure 31: Le Tableau dans son état final…….…… 89
Figure 32: Interface de saisie des valeurs initiales……90
Figure 33: Interface de génération des valeurs en tems réel…….…… 61
Figure 34: Indicateurs représentés sous formes graphiques…….……92
Figure 35 : La production physique de l'exercice 2000 a 2010 (Liège)……..…… 97
Figure 36 : la production physique de l'exercice 2000a 2010 (Etanchéité)……..…… 97
Figure 37 : Chiffre d'affaire, Résultat Net, et charges de 2001 à 2010 ……..…… 98
Figure 38 : Les Achats, les charges de personnel, et les charges variées de l'année 2010…… 98
Figure 39 : Le nombre total de commandes par rapport au nombre de commendes livrées dans les conditions demandées……99
Figure 40 : Le nombre de clients satisfaits par rapport au nombre total de clients……..……99
Figure 41: Le nombre d'absences par rapport aux effectifs……..100
Figure 42 : La production physique de l'exercice 2000 a 2010 (Verre et Feuilleté)……... 100
Figure 43 : Chiffre d'affaire, Résultat Net, charges, et Achats de 2001 à 2010……..…101
Figure 44 : Le nombre total de commandes par rapport au nombre de commendes livrées dans les conditions demandées……...… 101
Figure 45:Le nombre de clients satisfaits par rapport au nombre total de clients……102
Figure 46: Le nombre d'absences par rapport aux effectifs……106
Figure 47 : Taux d'exploitation du logiciel Arena dans le monde universitaire…… 108
Figure 48: Le Tableau dans son état final « EPE JLE SPA »……...…… 108
Figure 49: Le Tableau dans son état final « AFRICAVER »……..…… 108
Figure 50 : Indicateurs de performances sous forme graphique « EPE JLE SPA »…… 109
Figure 51: Quelques résultats statistiques globaux « EPE JLE SPA »……..…… 109

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Types d'activités ……8
Tableau 2 : Les systèmes de mesure de la performance……14
Tableau 3 : Méthode de construction et d'exploitation du modèle [……..….45
Tableau 4 : Comparaison des techniques d'évaluation ……50
Tableau 5 : Les différents domaines d'applications de la simulation ……..…… 51
Tableau 6 : Objectif de la simulation …… 52
Tableau 7 : Les indicateurs de l'axe financier…….76
Tableau 8 : Les indicateurs de l'axe client……76
Tableau 9 : Les indicateurs de l'axe processus interne……77
Tableau 10 : Les indicateurs de l'axe apprentissage organisationnel……77
Tableau 11 : Définition des paramètres appropriés du modèle « EPE JLE SPA »……..…10 3
Tableau 12 : Définition des paramètres appropriés du modèle « AFRICAVER »……..… 104
Tableau 13 : Comparaison des outils de simulation selon la spécialisation..... 105

CHAPITRE 1 :

INTRODUCTION

Avec l'explosion de la puissance informatique et l'effondrement des coûts associes, la simulation a envahi tous les domaines de la science et on la rencontre désormais au quotidien, consciemment ou non. Les prévisions météo sont ainsi basées sur l'utilisation de modèles mathématiques et informatiques simulant la dynamique des masses d'air ; l'´Etat élabore son budget `a partir de modèles permettant de simuler le comportement de l'´economie nationale ; des simulateurs de trafic routiers permettent de limiter les bouchons … La simulation est reconnue comme l'un des outils d'analyse et de conception des systèmes les plus efficaces à la disposition des concepteurs et des gestionnaires des systèmes complexes.

D'autre part, la mesure de la performance d'une entreprise est une question toujours d'actualité pour toute équipe dirigeante. En effet, comment évaluer la performance économique, sociale et / ou technique d'une entreprise ? Dispose-t-on d'outils ou de méthodes pour réaliser cette appréciation ? Peut-on réellement tout mesurer ? Quels paramètres entrent en compte dans cette évaluation ? La littérature concernant l'évaluation de la performance en entreprise est importante. La performance est donc intimement liée à la notion de pilotage stratégique qui consiste, en pratique, à mettre à la disposition de la direction de l'entreprise un nombre limité d'indicateurs variés, financiers et non financiers, à court et long terme, regroupés souvent sous la forme d'un tableau de bord, de façon à aider les dirigeants dans leurs prises de décisions stratégiques.

Dans ce contexte l'objectif de notre travail est l'adaptation des résultats de recherches issus du domaine d'évaluation de performance multicritères stratégique, a un domaine spécifique, la simulation sur ordinateur.

1. Inéluctabilité technologique

Aujourd'hui, l'évaluation de la performance en entreprise est importante. Cependant, elle se concentre généralement sur seulement un aspect de l'organisation, du système de production ou de sa stratégie. Les dirigeants sont à la recherche d'outils permettant d'avoir une vue plus globale de leur entreprise ou même d'un secteur d'activité. En effet, les dirigeants cherchent à évaluer une performance multicritère touchant aussi bien au social (performance humaine), à la technique (l'aspect industriel) qu'à l'économique [Devise et Vaudelin, 2003]. La performance prend son sens lorsqu'elle est envisagée de façon instrumentale. C'est ainsi que pour Philippe Lorino [Lorino, 1998], « ...Est performance dans l'entreprise tout ce qui, et seulement ce qui, contribue à atteindre les objectifs stratégiques... » et « ...Est donc performance dans l'entreprise tout ce qui, et seulement ce qui, contribue à améliorer le couple valeur / coût ».

En effet, il ressort de la bibliographie que les outils d'évaluation sont nombreux quelque soit l'aspect traité, mais, il n'y a que très rarement de véritables liens entre toutes les nuances de l'évaluation. Il est vrai que, peu d'outils disposent à la fois d'une vision économique, stratégique et surtout humaine. Les méthodes traditionnelles de gestion et d'évaluation des performances ne prennent pas en compte certains aspects :

- L'actualité et la pertinence de ces méthodes sont remises en cause et les critères de performance financière ne sont pas pertinents à eux seuls pour répondre aux missions assignées au contrôle de gestion.
- Elles ne prennent pas en compte les données immatérielles et le contrôle de gestion social.
- Elle offre non seulement une représentation tronquée de la performance, puisque focalisée sur la seule dimension coûts, mais elle peut conduire à des décisions contraires à l'intérêt de l'entreprise.
- Ces méthodes ne permettent pas une analyse en temps réel ou future de l'entreprise.

Dans le domaine de la gestion, la modélisation et simulation jouent également un rôle croissant. De la simple modélisation du calcul du résultat net à la simulation complexe des flux logistiques ou du trafic télécom, les outils informatiques permettent de prendre des décisions éclairées. La décision est au cœur du quotidien du manager. Du choix du mode de commissionnement des commerciaux `a la validation des décisions d'investissement en passant par l'organisation d'un système de distribution ou l'arbitrage, il est confronté `a des choix parfois difficiles, car complexes a évaluer. Même quand l'analyse est simple, l'incertitude de l'environnement opacifie souvent les effets potentiels des différentes options.

2. Sujet

Le concept des performances ne se distingue plus de nos jours du concept de pilotage, et ce tant au niveau organisationnel (entreprise) qu'au niveau opérationnel (processus). Le pilotage de tout système nécessite une maîtrise constante des processus mis en œuvre, celle-ci ne saurait être visée sans l'appui d'une structure de mesure, de suivie et d'évaluation des performances atteinte. Pour pouvoir réaliser ce pilotage de ces systèmes, les décideurs doivent tout d'abord disposer d'un système d'objectifs cohérent, c'est à dire qu'à tous les niveaux décisionnels, il contribue à atteindre la performance globale souhaitée par la direction de l'entreprise : c'est la cohérence globale du système décisionnel à assurer.

Dans le domaine de la simulation, Il est communément reconnu que pour pouvoir utiliser correctement et intelligemment des méthodes de simulation, il faut disposer de connaissances plus ou moins solides dans des domaines variés (Probabilités et Statistiques, Modélisation, Programmation, etc.). Malheureusement, il est souvent rare pour ne pas dire impossible de trouver au sein de l'entreprise un cadre possédant à lui seul toutes les connaissances requises pour pouvoir mener à termes un projet de simulation sans avoir recours aux connaissances d'un certain nombre d'individus internes ou externes à son entreprise. Par conséquent, un projet de simulation quelle que soit son envergure, ne peut et ne pourra jamais être considéré comme l'œuvre d'une personne isolée et ce même si les attributions de rôle dans le projet ne sont pas faites de manière explicite.

Partant de ce constat, On se propose d'explorer les possibilités de la simulation pour construire un modèle de simulation pour l'évaluation de performance multicritères stratégique d'une entreprise économique.

3. Objectifs

Les objectifs de notre étude sont la spécification d'un environnement logiciel permet aux dirigeants de choisir la stratégie optimale. Nous adoptons un regard nouveau sur les outils de simulation existants, en étudiant comment de tel outil peut intégrer les concepts de Balanced ScoreCard (BSC) développé par Norton et Kaplan. L'objectif étant d'évaluer, mesurer et estimer la performance de l'entreprise en fonction des choix et des paramètres stratégiques décidés par celle-ci.

Vis-à-vis de notre objectif, nous identifions les étapes de travail suivantes :

- Evaluation des performances des entreprises : Pour mieux maitriser Les principales méthodes utilisées pour l'évaluation de la performance des entreprises**,** et en vue de s'inspirer de celles dans la phase de conception de notre modèle futur, cette étape sera consacrée essentiellement au pilotage de la performance. Dans un premier temps, nous maitrisons les concepts liés aux stratégie et performance. Ensuite nous établissons un état de l'art sur les méthodes en question.
- Analyse des pratiques de la simulation : Cette étape répond à deux objectifs : tout d'abord, face à l'étendue du problème posé, elle recadre précisément les domaines de notre recherche en se basant sur ce que nous pensons avoir un intérêt à traiter. Le second objectif consiste à donner des éléments d'analyse du contexte spécifique à notre étude ; la construction d'un modèle de simulation. Ainsi, un état de l'art des travaux portant sur la coopération et la

collaboration dans le domaine de la simulation va nous permettrait de mieux situer nos choix privilégiés.

- Etude conceptuelle : Sur la base des deux étapes précédentes et au regard du contexte spécifique au domaine de simulation étudié, dans cette étape, nous proposons une conception d'un modèle de simulation.
- Expérimentation : Dans cette étape nous proposons une implémentation de modèle de simulation sur la base des résultats des étapes précédentes. Ensuite, nous conduisons une série d'expérimentation dans le but de valider le modèle conceptuel proposé dans l'étape précédente.

4. Structure

La structure en chapitres de ce mémoire reflète notre démarche de recherche : Le deuxième chapitre sera la base sur laquelle seront construits les modèles nécessaires à l'atteinte de l'objectif de notre projet. Nous présenterons d'abord la relation entre stratégie et performance. Puis, nous étudierons les principales méthodes utilisées pour l'évaluation de la performance des entreprises. On met en particulier l'accent sur les méthodes issues du contrôle de gestion, la gestion par les activités, et les tableaux de bord (Balanced Scorecard, navigateur Skandia). Dans la dernière partie de ce chapitre nous allons voire les limites et insuffisantes de ces méthodes.

Le troisième chapitre a pour objectif de faire une présentation de la technique de simulation et surtout de mettre en exergue les raisons qui nous auront incités à choisir telle méthode plutôt que telle autre. Pour cela, nous définirons tout d'abord les éléments de base, la notion de système, modèle et modélisation. Ensuite, nous porterons notre attention sur la simulation sur ordinateur ; la démarche de choix d'une méthode de simulation, les domaines d'application de simulation, les étapes de la conduite d'une étude de simulation, et les différentes classes des logiciels de simulation. Dans la dernière partie de ce chapitre nous présenterons l'utilisation de la simulation en gestion.

Le quatrième chapitre présente les éléments conceptuels du modèle de simulation proposé. Nous suivrons ici les étapes d'un projet de simulation, une méthode de simulation avec des exemples d'indicateurs dans le but est de montrer comment les générer de façon artificielle, on va parler aussi de la réalisation et de l'implémentation avec l'outil de simulation ARENA.

Dans Le cinquième chapitre nous conduisons une série d'expérimentation dans le but de valider le modèle conceptuel proposé dans l'étape précédente.

Dans le dernier chapitre, nous conclurons cette étude par une synthèse de notre contribution et nous montrerons à quel point notre objectif a été atteint. Nous exposerons ensuite les perspectives et les futurs travaux envisageables pour approfondir cette étude.

CHAPITRE 2 :

EVALUATION DES PERFORMANCES DES ENTREPRISES

1. Introduction

La performance des entreprises est au cœur des préoccupations de plusieurs chercheurs en gestion. Depuis plusieurs années, on étudie les différents liens entre des variables contextuelles comme la stratégie, la structure ou encore l'incertitude perçue de l'environnement, l'utilisation de systèmes de gestion plus ou moins sophistiqués et l'effet combiné de ces facteurs sur la performance de l'entreprise. Pendant les deux dernières décennies, la mesure de performance a reçu beaucoup d'attention de la part des chercheurs, il n'est que de penser au nombre d'articles qui sont publiés en la matière ; par exemple, Parida (2006) rapporte qu'entre 1994-1996, 3615 articles ont été publiés sur des sujets en relation avec la mesure de performance. La mesure de performance a aussi suscité une grande attention de la part des chercheurs et praticiens [Liyanage et Kumar, 2003].

Le présent chapitre a pour but de définir le cadre général de notre étude, l'évaluation de la performance multicritère en entreprise. Dans un premier temps, nous explicitons les concepts d'entreprise-système. Dans un second temps, nous décrivons les concepts de stratégie, de performance, et de pilotage stratégique. Ensuite, nous effectuons un état de l'art sur les principales méthodes utilisées pour l'évaluation de la performance des entreprises, Les points forts et les insuffisances de ces méthodes, pour obtenir une vue globale de la performance.

2. L'entreprise-système

2.1. Définition

Le terme « entreprise » est utilisé pour désigner tout ou une partie d'un système socio-économique et s'étend au sens large ; il couvre aussi bien les entreprises du secteur industriel (usines de productions, manufactures, raffineries, usines chimiques, etc…) que celles fournissant des services (banques, compagnies d'assurances, cabinets de services, hôpitaux, etc…) [Vernadat, 1999].

Une entreprise industrielle, selon une approche système, se décompose en divers systèmes tels que la production, l'administratif, le commercial, eux-mêmes composés de nombreuses fonctions. Ces différentes parties forment un réseau étroitement lié par des flux d'informations, de matières, de décisions etc. comme le montre la Figure suivante.

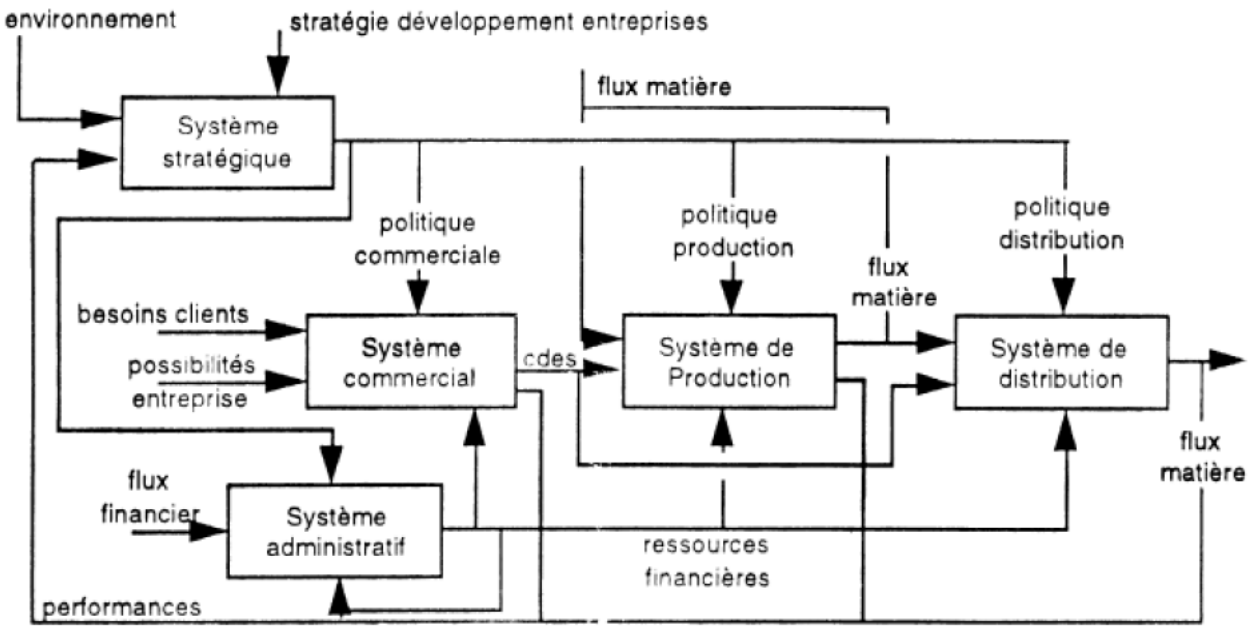


Figure 1: Décomposition en systèmes d'une entreprise [Livet, 2002].

2.2. Activité d'entreprise

Une activité est l'accomplissement d'une tâche. Il s'agit en général d'une séquence devant être exécutée en totalité par une ou plusieurs ressources et ceci dans un temps donné pour réaliser la tâche spécifiée. Il existe deux grands groupes d'activités : les activités d'exécution (ou de transformation) et les activités de prise de décision. L'activité peut être définie comme un ensemble de tâches élémentaires :

- réalisées par un individu ou un groupe ;
- pour satisfaire un client interne ou externe ;
- afin de lui fournir un produit (bien – service) ;
- en exploitant un savoir-faire spécifique ;
- et des ressources (machines, informations, flux financiers …) ;
- homogènes du point de vue de leur coût et de leur performance.

L'activité est donc le concept commun à plusieurs méthodes ; l'activité représentée par une boîte avec des paramètres d'entrée/sortie. Le tableau suivant illustre les types d'activités et leurs traitements :

Type d'activités	Exemples	Connaissances	Objectif de la représentation
Routinières Répétitives	Activités Automatisées Elaborer un ordre de mission	Procédures prédéfinies	Optimisation
Semi-routinières	**Etude de faisabilité Diagnostic Conception**	**Dépendant du contexte, de l'acteur**	**Conduite Pilotage**
Non routinières	Innovation	A générer Apprentissage	Méta Modélisation

Tableau 1: Types d'activités [El Mhamedi, 2001]

2.3. Organisation d'entreprise-système

L'entreprise à sa création vit par la volonté d'un homme ou d'un petit groupe d'hommes. Elle commence ensuite à produire et, si les fabrications répondent aux besoins du marché, elle se développe… Dès lors, le petit groupe du départ s'étoffe et doit faire face à des tâches plus nombreux et plus variées : le besoin d'une organisation se fait sentir. L'organisation est aussi l'une des conditions essentielles de la survie du système entreprise.

La diversité des tâches accomplies est également différente d'une entreprise à l'autre comme on peut le déduire de l'analyse de Mintzberg (1982). Ce dernier distingue cinq composantes pour décrire une organisation [Berland, 2009] :

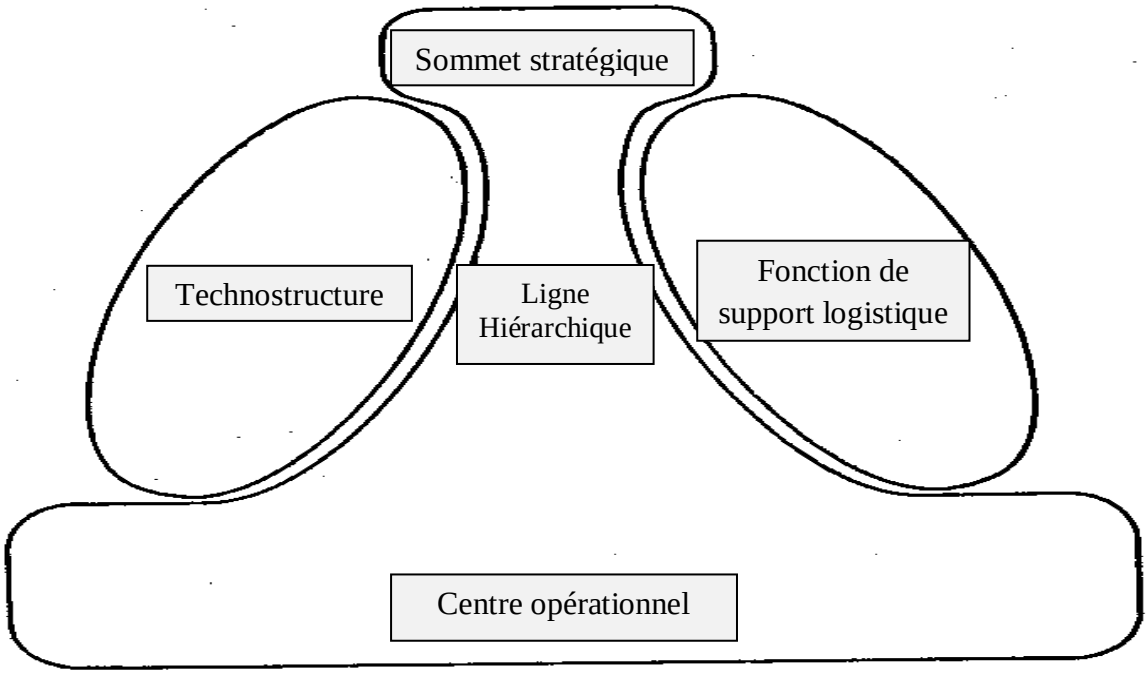


Figure 2: les cinq parties de base de l'organisation [Berland, 2009]

- Le sommet stratégique regroupe la direction de l'entreprise. Il s'assure de l'atteinte des finalités de l'entreprise, évalue les réalisations, alloue les ressources. Il règle les conflits internes à l'organisation et sert d'interface institutionnelle avec le monde extérieur. C'est lui qui définit la stratégie de l'entreprise.
- La ligne hiérarchique est constituée de l'ensemble des cadres qui assure un rôle de liaison entre la direction et les opérationnels. Elle sert à transmettre l'information et à décliner la stratégie mais également à faire remonter l'information permettant le contrôle de l'entreprise.
- Le centre opérationnel accomplit le travail de transformation des produits et services. Il est directement en contact avec les clients et les fournisseurs.
- La technostructure est constituée de l'ensemble des personnes qui dans l'organisation analysent le travail des autres pour en accroître l'efficacité et l'efficience. Elle standardise le travail en définissant les méthodes et en établissant des normes. C'est, par exemple, le bureau des méthodes, l'ordonnancement, le contrôle de gestion, les recruteurs qui définissent les profils à recruter et les grilles de qualification ou encore le marketing.
- Les fonctions de support logistique comprennent l'ensemble des entités de l'organisation qui fournit des services aux autres. La plupart de ces services peuvent être externalisés sans trop de difficultés ou être effectués par des services partagés. On y trouve les conseillers juridiques, la paie, le traitement du courrier.

3. De la stratégie à la mesure de la performance

3.1. Le concept de stratégie

Beaucoup de définitions ont été attribuées au terme « stratégie » dans la littérature, parmi toutes les définitions. En voici quelques-unes :

- D'après Florence Allard-Poesi, « *La stratégie est l'ensemble des décisions et actions de l'entreprise relatives au choix des moyens et des ressources en vue d'atteindre un objectif sur le long terme.* » [Florence, 2010].
- D'après F. Leroy DUNOD, « *La stratégie d'entreprise consiste à se fixer des objectifs en fonction de l'environnement (contraintes extérieures) et des ressources disponibles dans l'organisation, puis à allouer ces ressources afin d'obtenir un avantage concurrentiel durable et défendable* » [Penard, 2010].

Le plus important pour nous n'est pas d'énoncer une définition précise du terme mais d'essayer de faire ressortir les mots clefs qui nous semblent bien caractériser cette notion. De là, on peut dire qu'un système est caractérisé par :

- Un objectif à atteindre sur le long terme En général quantifié, à horizon temporel déterminé : Qui s'inscrit dans le cadre de la mission de l'entreprise, et qui prend en compte les intérêts des parties prenantes.
- Des décisions et des actions :
  - ✓ Où allons-nous nous battre ?
  - ✓ Avec quelles armes ?
  - ✓ Avec quelles ressources ?
  - ✓ Sur quelles compétences s'appuyer ?

3.2. Le concept de performance

Dans le langage courant, la performance désigne le succès ou l'exploit. En termes de gestion elle peut être définie comme la réalisation des objectifs de l'entreprise. Elle sous entend l'existence d'un référant : le but poursuivi. Deux caractéristiques de la performance ressortent de cette définition : premièrement, la performance est multidimensionnelle, dès lors que les objectifs poursuivis par les actionnaires ou les clients sont différents, deuxièmement, la performance est subjective puisqu'elle consiste à quantifier et à comparer au résultat, en l'occurrence la réalité, par rapport à un souhait [Ouerdi et Meziane , 2005].

3.3. Indicateur de performance

Dans la gestion quotidienne, un indicateur est un élément ou un ensemble d'éléments d'information significative, un indice représentatif, une statistique ciblée et contextualisée selon une préoccupation de mesure, résultant de la collecte de données sur un état, sur la manifestation observable d'un phénomène ou sur un élément lié au fonctionnement d'une organisation[Voyer, 2006].

La définition adoptée et homologuée par l'AFNOR a été formulée par la commission Indicateurs de Performance de l'AFGI : « *Un indicateur de performance est une donnée quantifiée, qui mesure l'efficacité et/ou l'efficience de tout ou partie d'un processus ou système (réel ou simulé) par rapport à une norme, un plan ou un objectif déterminé et accepté dans le cadre d'une stratégie d'entreprise* ».

Tout indicateur de performance possède des paramètres fondamentaux représentés par un triplet (objectifs, mesures, variables) [Berrah, 2002] :

- **Objectifs** : Partant de la stratégie de l'entreprise, il s'agit de déterminer les objectifs assignés à chaque niveau, processus de fonctionnement ou système. La performance n'étant plus une notion absolue, les objectifs ne sont ni neutres, ni indépendants, mais convergents vers une performance globale.
- **Mesures :** La performance atteinte étant renseignée par les mesures de réalisation des objectifs, il s'agit de s'intéresser aux caractéristiques de ces mesures, à savoir : leur mode d'élaboration, leur fréquence, ainsi que leur validité.
- **Variables :** Le pilotage des processus de production peut être décliné en deux fonctions complémentaires :
  - ✓ Une fonction prospective : qui analyse l'évolution des processus. On parle alors d'indicateur de processus qui jalonne le plan d'action et permet de réagir avant la fin de celui-ci.
  - ✓ Une fonction rétrospective : qui analyse le résultat de l'évolution des processus. On parle alors d'indicateur de résultat qui évalue le degré d'atteinte d'un objectif global à son horizon

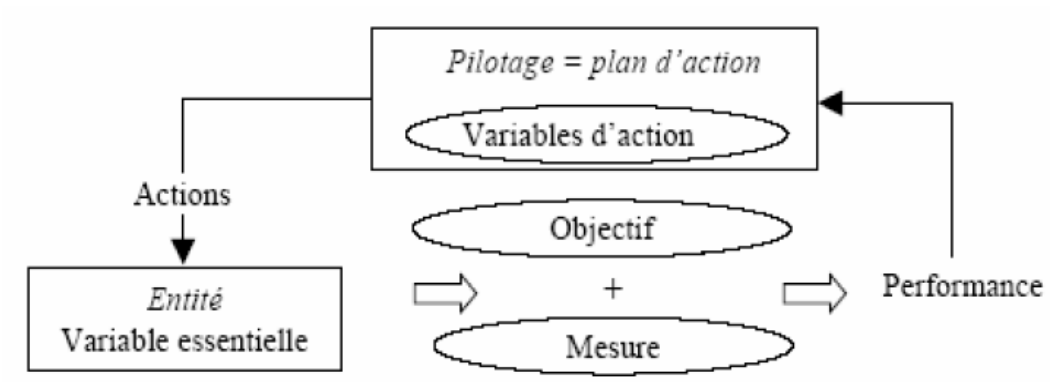


Figure 3: La boucle de pilotage à travers l'indicateur. [Berrah, 2002]

De plus les indicateurs peuvent être mesurés de deux façons :

- Quantitativement : ce sont des mesures numériques ou statistiques qui sont souvent exprimées en termes d'unités d'analyse (le nombre de, la fréquence de, le pourcentage de, le ratio de, l'écart par rapport à, etc.).
- Qualitativement : ce sont des mesures basées sur le jugement ou la perception. Ce type d'information, qui peut être a la limite considérée comme un indicateur, sert l'lorsque la

quantification est difficile ou le développement de l'outil de la mesure demande trop d'effort.

Caractéristiques d'un indicateur de performance :

Les caractéristiques générales d'un indicateur de performance se résument en cinq principes [Bitton, 1990] :

- La mesure de performances doit être mise en place aux niveaux même des activités qui lui donnent naissance (l'émergence des contrôles locaux).
- Les indicateurs de performance doivent être établis en cohérence avec les objectifs de l'entreprise (la mise en cohérence avec le contrôle globale).
- Les mesures doivent être facilement quantifiables et compréhensibles (la simplicité d'usage).
- La performance doit être contrôlable par les gens à qui la mesure est destinée.
- Les mesures doivent être adaptées en fréquence et pouvoir être validée (L'adaptation à la temporalité des diverses activités de l'entreprise).

Ainsi, il existe cinq critères pour définir un bon indicateur de performance :

- Etre faciles à comprendre, à mesurer et à représenter pour qu'ils soient utilisés par tous dans l'entreprise et surtout les opérateurs dans les ateliers. Si ces caractéristiques ne sont pas respectées on a peu de chance de parvenir à mobiliser les hommes de l'entreprise autour d'élément qu'ils ne comprennent pas.
- Couvrir toute l'activité de l'entreprise pour aller dans le sens de la stratégie globale de l'entreprise.
- Être en nombre limité, si non il est impossible de les utiliser comme outils d'aide à la décision pertinente.
- Être mis en place et généralisés rapidement. Tous les secteurs de l'entreprise sont concernés par les indicateurs de performances pour améliorer la situation globale de l'entreprise.
- Avoir une fréquence de mesure liée aux possibilités d'amélioration. Il est par exemple inutile de mesurer un temps de changement de série sur une machine toutes les semaines, si on ne se donne pas les moyens de l'améliorer durant cette durée.

Formalisation :

La norme [ISO 9000 00] formalise **l'indicateur** au moyen des dix paramètres, qui sont:

- ✓ L'identification de l'indicateur.
- ✓ Le champ de la mesure,
- ✓ L'objectif

- ✓ Les critères.
- ✓ Les paramètres.
- ✓ Le mode de calcul, les responsabilités et la périodicité de la collecte des informations.
- ✓ Le mode de communication.
- ✓ L'exploitation des informations.
- ✓ Les responsabilités et modalités de l'analyse des indicateurs.

3.4. Les systèmes de mesure de la performance

Généralement, un système d'indicateurs peut être perçu comme étant : *« Un ensemble d'indicateurs, nécessaire et suffisant au regard des actions envisagées, définis conformément à l'ensemble de tous les objectifs du système considéré, d'une part pertinents dans leurs constitutions, d'autre part cohérents dans les actions qu'ils engendrent »* [Berrah, 2002].

Cependant, le système d'indicateurs de performance, pour la mise en œuvre du pilotage, varie d'une entreprise à une autre car il a une vocation d'aide à la transformation d'un plan d'action conformément à l'objectif global, selon les perturbations de l'environnement externe de L'entreprise [Berrah, 2002].

De nombreux travaux traitent des problématiques liées respectivement à la conception, à l'exploitation ainsi qu'à l'évolution des systèmes d'indicateurs de performance. Historiquement, les premières contributions des « précurseurs » (à partir des années 85) concernent des aspects particuliers de l'expression de la performance. Dans un second temps, des cadres plus généraux, souvent désignés sous le terme de « Performance Measurement Systems » apparaissent à partir du début de la décennie 90 avec le modèle ECOGRAI et le Balanced ScoreCard (BSC) [Aïb, 2005]. Le tableau qui suit recense les systèmes de mesure de la performance les plus connus et donne une brève description de chacun d'entre eux.

Système de mesure de la performance	Année	Description
La méthode ECOGRAI	1990	Consiste à identifier les objectifs et les variables de décisions associées, qui sont à leur tour déclinées en indicateurs de performance.
Le Balanced ScoreCard de Norton et Kaplan (BSC)	1992	Contient des indicateurs financiers et non financiers. Il est structuré en quatre perspectives : financière, client, processus internes et apprentissage organisationnel.
Le système TOPP (Programme de Productivité pour les Industries Manufacturières)	1992	Consiste en une série de questionnaires qualitatifs. Intègre plusieurs facteurs critiques de la performance globale: efficacité, efficience, habilité aux changements.
Le système AMBITE (Advanced Manufacturing Business Implementation Tool for Europe)	1996	Modèle formé de cinq grands processus, avec cinq mesures de performance donc 25 indicateurs de performance stratégique.
Le système ENAPS	1999	Intègre différents aspects de la performance. Développe le concept de l'amélioration continue. Basé sur les deux systèmes: TOPP et AMBITE.
Le prisme de la performance de Kenerley et Neely	2000	Composé de 5 facettes interconnectées. La performance est mesurée pour chacune de ces facettes.

Tableau 2 : Les systèmes de mesure de la performance

Le but ultime de tout système de mesure de la performance est la conception et la mise en œuvre d'un « tableau de bord ». Nous considérerons qu'un système de mesure est pertinent lorsqu'il apporte au manager une information de gestion cohérente avec les exigences du pilotage de son activité [Giraud F, 2008].

3.5. Le pilotage stratégique

Le pilotage stratégique est une notion qui comprend plusieurs fonctions qu'il convient d'identifier, d'organiser et surtout de coordonner étroitement pour construire un dispositif de pilotage stratégique cohérent, efficace et reconnu. La mise en œuvre d'un système de pilotage se traduit par une amélioration collective : « piloter, c'est définir et mettre en œuvre des méthodes qui permettent d'apprendre ensemble : à agir ensemble de manière performante ; à agir ensemble de manière de plus en plus performante » [Lorino, 1998]. Cette amélioration se traduit par une

élévation des performances, mais aussi une meilleure compréhension collective des objectifs et des facteurs qui y contribuent.

Le processus de déclinaison de la stratégie et de contrôle, que l'on pourra désormais désigner par processus de « pilotage stratégique », peut être représenté comme sur la figure 4 :

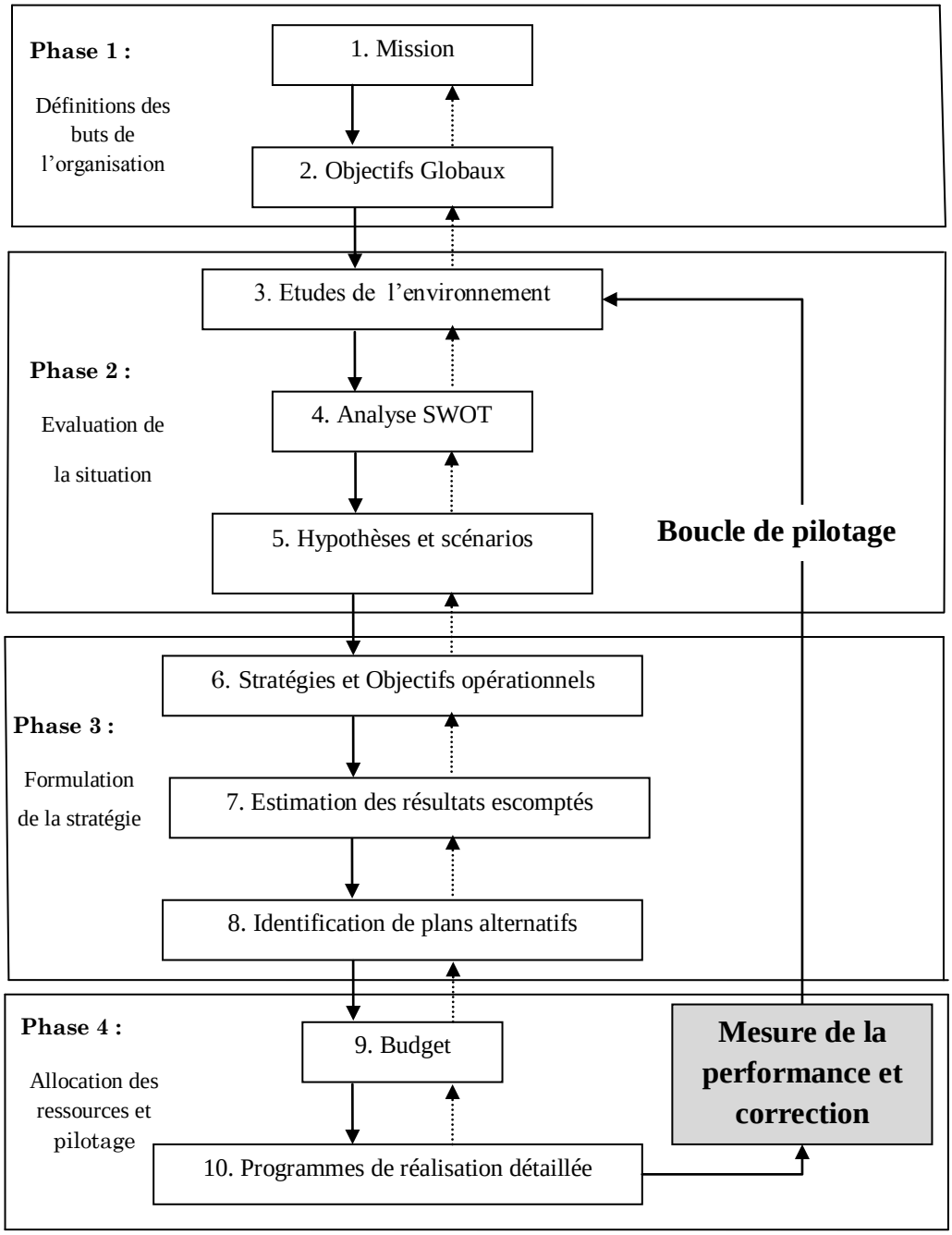


Figure 4: le pilotage stratégique [Belmokhtar et Aib, 2010]

On peut remarquer qu'il existe des flèches en pointillés entre chaque étape de la figure : elles soulignent le caractère itératif du processus de planification stratégique et de contrôle.

La phase I définit les buts et les objectifs globaux de l'entreprise tels que les missions et la vision. La phase II est une étude de l'environnement de l'entreprise tant interne (employés, ressources, activités, etc.) qu'externe (marchés, concurrents, technologie, réglementation, etc.). La formulation de la stratégie est établie lors de la phase III. Elle utilise les éléments de la phase II pour décliner les objectifs globaux en stratégies opérationnelles et fonctionnelles. En phase IV, les plans qui ont été identifiés en phase III sont traduits en budgets détaillés et en programmes. Ceux-ci seront déclinés à travers les niveaux opérationnels de l'entreprise. Ces plans devront être pilotés à l'aide d'un système de mesure de la performance. Les éléments résultants de ces mesures viendront alimenter la phase II pour la future formulation de la stratégie. C'est la boucle de pilotage stratégique que l'on peut voir en pointillé sur la figure 4.

Le pilotage c'est donc le déploiement de la stratégie en règles d'actions opérationnelles. Mais là ne s'arrête pas la mission de pilotage. Car, comme tout jugement humain, l'analyse stratégique et le déploiement de la stratégie dans les opérations sont faillibles. L'action opérationnelle et ses résultats apportent un flux permanent d'enseignements de nature à enrichir la réflexion stratégique et à en infléchir, voire parfois à en bouleverser, les conclusions. Il y a obligation de vigilance, de réactivité et surtout nécessité impérative de capitaliser l'expérience acquise dans l'action. Au déploiement de la stratégie (stratégies vers opérations) répond donc une liaison symétrique (opérations vers stratégie), celle du retour d'expérience.

4. Les méthodes d'évaluation de la performance

La notion d'évaluation peut être définie comme l'élément déclencheur de la boucle du pilotage. L'évaluation consiste en la réalisation de mesures qui permettent de dire si un fonctionnement est performant ou pas et quelles sont les actions de correction et d'amélioration à mener.

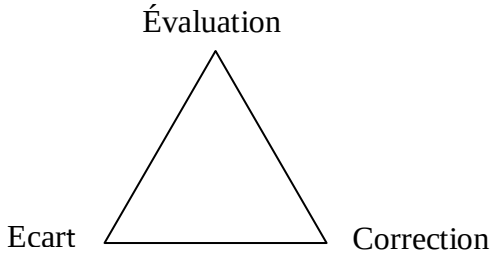


Figure 5 : Le triptyque du pilotage [Autissier et Delaye, 2008]

Il existe de nombreuses pistes en matière d'évaluation de la performance. Les plus courantes utilisent les notions de stratégie et de tableaux de bord stratégiques, la gestion par les activités et le contrôle de gestion [Korichi et Seddiki, 2005].

4.1. Le contrôle de gestion

Par définition *« Le contrôle de gestion… c'est l'ensemble des actions, procédures et documents visant à aider les responsables opérationnels à maîtriser leur gestion pour atteindre les objectifs. »* [Arouin, Michel et Schmidt, 1986].

Le contrôle de gestion connaît, depuis quelques années, des mutations importantes. Ces évolutions modifient le positionnement de cette pratique dans les entreprises et dans le monde académique. Un grand nombre d'évolutions et de progrès ont permis au contrôle de gestion de s'enrichir et de devenir une fonction stratégique [Berland, 2009]. Il est défini comme le « pilotage » de la performance de l'entreprise. Il vise à atteindre les objectifs que l'entreprise s'est fixée d'après une stratégie déterminée, tout en recherchant l'optimisation des moyens mis en œuvre. Le contrôle de gestion constitue ainsi en une aide à la prise de décision.

L'objectif du contrôle de gestion est de mesurer, d'analyser, et d'améliorer la performance de l'entreprise. Le contrôle de gestion s'appuie sur une large gamme d'outils dont un certain nombre est institutionnalisé [Devise et Vaudelin, 2003]:

- Le calcul des coûts, qu'il prenne la forme de la comptabilité analytique classique ou celle de l'analyse par activités et processus.
- La planification stratégique, Celle-ci s'appuie sur de nombreux instruments de diagnostic (Matrices BCG, Arthur D.Little et McKinsey; 5 forces concurrentielles de Porter, etc.).À cet égard, par sa fonction pivot entre direction générale et cadres opérationnels, le contrôleur de gestion joue un rôle important dans la formulation de la stratégie, dans sa mise en œuvre et dans le contrôle de son application.
- Le troisième outil qu'il utilise est le système budgétaire avec lequel il anime la procédure budgétaire et le reporting. Le contrôleur de gestion est donc responsable de sa mise en place, de sa cohérence et des analyses qui en découlent.
- Enfin, il prend en charge les tableaux de bord qui doivent permettre d'effectuer un suivi par exception des réalisations, des performances ou des insuffisances du processus d'exploitation; de même, il est chargé de l'évaluation de la rentabilité des investissements envisagés et des risques qu'ils peuvent entraîner ainsi que de la gestion de leurs budgets lorsqu'ils sont engagés.

La comptabilité analytique :

- **Définitions :**

Plusieurs définitions peuvent être données à la comptabilité analytique, nous nous limiterons à celles qui nous paraissent les plus significatives. « *La comptabilité analytique est un outil de gestion conçu pour mettre en relief les éléments constitutifs des coûts et des résultats de nature à éclairer les prises de décisions. Le réseau d'analyse à mettre en place, la collecte et le traitement des informations qu'il suppose, dépendent des objectifs recherchés par les utilisateurs* » [Dubrulle et Jourdin, 2003].

- **Principe et Objectif :**

Les objectifs de la comptabilité analytique peuvent être cités comme suit :

- Calculer les coûts des différentes fonctions de l'entreprise et des différents biens produits : en effet, parmi les objectifs attendus de la comptabilité analytique c'est l'analyse des performances de l'entreprise et c'est delà qu'apparaît son rôle d'outil d'information interne, utilisé par les gestionnaires pour déterminer les responsabilités par centre de profit et d'évaluer les rendements par activité, voire même par produit et par région géographique.
- Fournir une base d'évaluation pour certains postes du bilan : dans une entreprise industrielle, le stock final de matières premières doit être évalué au coût d'achat, c'est à dire incluant, en plus du prix d'achat, les frais d'approvisionnement. De la même façon, le stock final de

produits finis doit être évalué au coût de production, incluant en plus du coût des matières utilisées, les frais de fabrication. l'un des objectifs de la comptabilité analytique est de proposer des méthodes permettant de calculer ces coûts et d'évaluer les stocks.

- Expliquer les résultats, en comparant les coûts et les prix de vente : Concrètement, la comptabilité analytique a tout d'abord pour objectif d'analyser la formation du résultat global et de dégager la contribution des différentes activités à ce résultat. Elle va permettre d'expliciter le résultat global comme étant une somme algébrique de résultats par activités.
- Faire une prévision des charges et des produits : nul ne peut ignorer le rôle de la comptabilité analytique dans l'évaluation des budgets des entreprises. En effet, si la comptabilité analytique est une façon de créer et de traiter l'information pour la rendre utile à la décision, la gestion prévisionnelle est une façon d'utiliser cette information. C'est à travers elle, que la gestion prévisionnelle arrive à ses fins par :
    - ✓ l'établissement des prévisions globales ou par destination ;
    - ✓ le suivi les réalisations ;
    - ✓ la détermination des écarts : réalisations – prévisions ;
    - ✓ l'analyse ces écarts pour permettre une meilleure décision corrective.
- Donner une base au contrôle de gestion : l'aptitude à gérer et, idéalement à anticiper les changements survenant au sein de l'environnement de l'organisation et à en contrôler les effets au quotidien est devenue un facteur clé dans la réussite de toute entreprise et un élément essentiel de sa gestion stratégique à court, moyen et long terme.

- **Limites :** [Aïb, 2005]

- Le premier défaut de la comptabilité analytique est sans doute de n'appréhender qu'un aspect partiel de la performance. Les coûts mesurent les consommations de ressources, non les éléments qui contribuent à créer positivement de la valeur du produit ou du service aux yeux des clients, des actionnaires, des salariés.
- Une seconde limite de la comptabilité analytique réside dans le fait qu'elle ne constitue qu'un langage. Elle est au pilotage ce que les mots sont à la communication, un vecteur mais non une dynamique. En cherchant à représenter les consommations de ressources, la comptabilité de gestion est tournée vers le passé, elle appréhende les résultats des décisions déjà prises.

La Matrice BCG (Boston Consulting Group) :

- **Définition :**

La matrice BCG a été développée dans les années 70, et propose une analyse de la position concurrentielle d'une entreprise sur un marché donné. L'intérêt d'un tel modèle pour l'entreprise est qu'il lui permet de choisir entre différentes stratégies possible en fonction de son positionnement dans la matrice [Vandercammen, 2002].

Deux axes d'analyse y sont utiliée :

- Le marché : le critère retenu est le taux de croissance du segment sur lequel l'entreprise est présente avec ses différents produits. Il peut être fort ou faible ;
- La position de l'entreprise sur le marché : C'est la part de marché relative qui est utilisée comme critère d'évaluation. Elle peut être forte ou faible.

Deux hypothèses :

- Une croissance significative du marché correspond à une croissance des dépenses dues aux investissements ;
- Une grande part relative du marché s'accompagne de bénéfices plus importants (économies d'échelles).

- **Principe et objectif :**

La matrice BCG aide à la prise de décision par la mise en évidence des différentes situations possibles de l'entreprise à un moment donné sur un marché particulier. Ceci lui permet d'évaluer la situation de chacun de ses produits sur leurs marchés respectifs et de mettre en place une stratégie adaptée de portefeuille d'activité en fonction du constat réalisé. Cette matrice définit ainsi quatre catégories de produits :

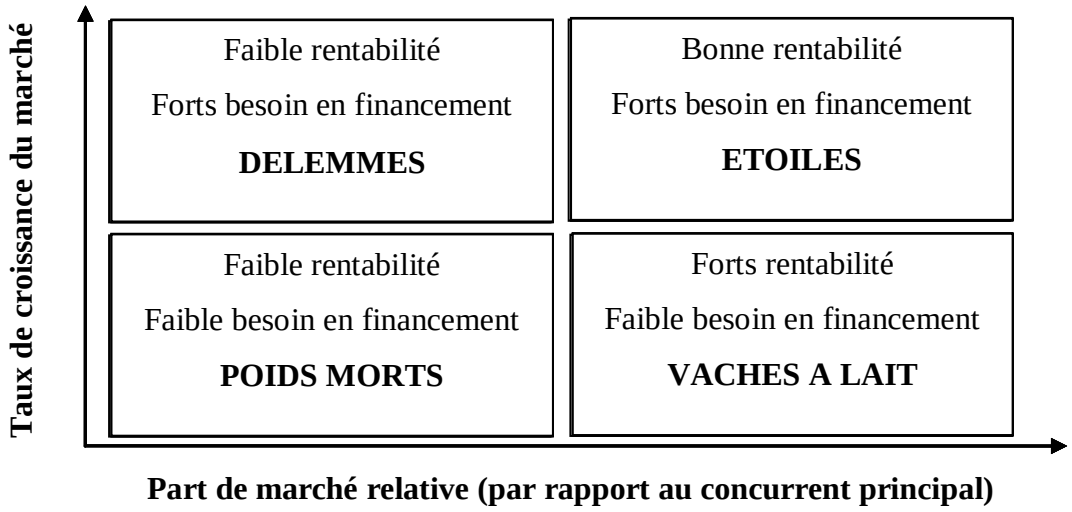


Figure 6: le modele BG [Vandercammen, 2002]

- Les vaches à lait : ce sont des produits arrivés à maturité, ils doivent être maintenus dans le portefeuille d'activité de l'entreprise car ils ne nécessitent pas la mobilisation de ressources complémentaires et qu'au contraire, ils génèrent des flux importants de ressources financières qui pourront être utilisés par l'entreprise pour soutenir d'autres activités. Par contre, ils n'offrent pas beaucoup de potentiel de développement ;
- Les vedettes : ce sont des produits prometteurs pour l'entreprise, ils constituent le portefeuille d'activité dans lequel l'entreprise dispose d'un avantage compétitif par rapport à ses concurrents dans des marchés qui présentent encore un potentiel de développement intéressant. L'entreprise doit développer une démarche stratégique de soutien à ces produits qui passe par des investissements importants ;
- Les dilemmes : ce sont des produits fortement concurrencés qui ne dégagent pas de profits. Dans ce cas, le positionnement de l'entreprise se caractérise par un avantage compétitif non déterminant (part de marché faible) mais dans un secteur d'activité porteur pour l'avenir. On parle alors de dilemme car l'entreprise se trouve confrontée à un choix stratégique : soit investir de manière plus importante dans ces produits pour tenter d'en faire des vedettes, soit se désengager du secteur si les perspectives d'acquérir une position concurrentielle significative sont trop incertaines. Ces produits sont appelés à devenir donc soit des « Vedettes » ou bien des « poids morts » ;
- Les poids morts : ce sont des produits positionnés sur un marché déclinant et très concurrentiel. De ce fait, ces produits ne dégagent pas des ressources financières pour l'entreprise (part de marché trop faible) et n'en dégageront pas à l'avenir (marché mature). En conséquence, l'entreprise n'a aucun intérêt à les maintenir en activité et aurait plutôt intérêt à se retirer de ces marchés afin de pouvoir consacrer les ressources ainsi libérées à son portefeuille d'activité générateur de ressources à l'avenir.

- **Limites :**

- Elle reste silencieuse quant aux relations avec les fournisseurs et avec l'environnement de l'entreprise.
- Cette méthode n'intègre pas les situations de certains secteurs, où la concurrence ne se limite pas qu'au critère de coût (concurrence par rapport aux clients, aux technologies…)
- La croissance n'est pas nécessairement le seul critère d'attractivité d'un secteur.

Les 5 forces de Porter :

- **Définition :**

Le modèle des 5 forces de la concurrence de Michael Porter permet d'évaluer l'attractivité d'une industrie en termes d'intensité concurrentielle : il s'agit d'identifier la structure d'une industrie. Le postulat de départ de Porter est que l'objectif fondamental d'une organisation est l'obtention d'un avantage concurrentiel, qui se mesure en dernier ressort par sa capacité à générer du profit (pour une entreprise) ou à capter les ressources nécessaires à son existence (pour une organisation publique).

Il découle de ce postulat que la notion de concurrence doit être élargie : sera considéré comme concurrent tout ce qui peut réduire la capacité d'une entreprise à générer du profit, et plus largement tout ce qui peut empêcher une organisation de constituer un avantage concurrentiel en limitant son degré de liberté stratégique.

- **Principe et objectif :**

Michael Porter a identifié cinq forces qui, collectivement, définissent l'attrait à long terme d'un marché ou d'un segment à n'importe quel moment. Elles correspondent chacune à une menace particulière pour l'entreprise et sont souvent interdépendantes. Ce modèle peut être utilisé pour n'importe quelle organisation de n'importe quelle taille à n'importe quel endroit dans n'importe quelle industrie ; il peut être conduit régulièrement de manière à garder un œil sur le marché et sur les concurrents y entrant et y sortant.

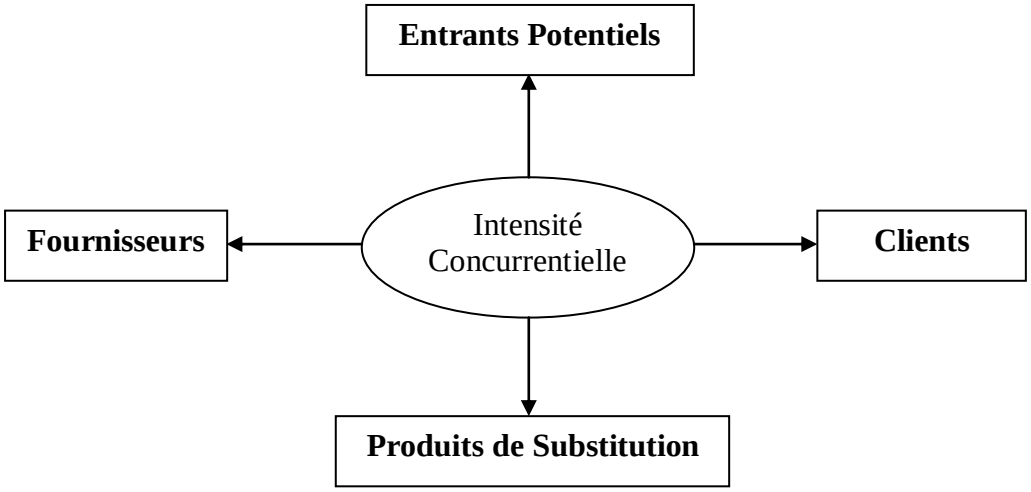


Figure 7: Le modèle des 5 forces de la concurrence [Porter ,1982].

- La menace de nouveaux entrants potentiels : est déterminée par la taille des barrières à l'entrée dans l'industrie. En effet, les marchés présentent un certain nombre d'obstacles qui ne facilitent pas l'entrée d'une nouvelle entreprise ;
- La menace des produits de substitution : est lié au fait qu'un besoin de consommation peut être satisfait par plusieurs solutions (produits ou service). Ainsi, la voiture peut être un produit de substitution à un voyage en train ou en avion. La menace que représente cette force est d'autant plus grande que :
    - ✓ Les coûts de transfert supportés par les clients sont faibles ;
    - ✓ Le rapport qualité/prix est similaire.
- Le pouvoir de négociation des fournisseurs : correspond à leur capacité à influencer l'industrie, en termes de prix et de qualité des produits ou services qu'ils fournissent. En effet, un fournisseur très puissant pourra imposer des prix plus élevés si la demande n'est que faiblement élastique au prix. Leur pouvoir de négociation est d'autant plus grand que :

  Les coûts de changement de fournisseur sont élevés ;
    - ✓ Il n'existe pas de produit de substitution ;
    - ✓ L'industrie des fournisseurs est concentrée ;
    - ✓ Ils représentent une part importante des achats de l'entreprise.
- Le pouvoir de négociation des clients : représente leur capacité à négocier le prix, le niveau de qualité, les services associés, etc. Cette force a un impact direct sur la rentabilité moyenne d'une industrie puisqu'elle influe sur les revenues ou les coûts du produit. Un groupe de clients est d'autant plus puissant que:
    - ✓ Ils sont concentrés ou achètent des quantités importantes ;
    - ✓ Les produits qu'ils achètent sont standardisés ;
    - ✓ Ses profits sont peu élevés, ce qui l'incite à réduire ses coûts d'achat ;
    - ✓ Ils sont susceptibles de s'intégrer vers l'amont pour fabriquer lui-même le produit.
- La rivalité entre concurrents existants : correspond à toutes les manoeuvres qui influencent le profit des acteurs de l'industrie tel que les baisses de prix, lancement de produit ou publicité intensive. Cette force est d'autant plus puissante que :
    - ✓ Les concurrents sont nombreux ;
    - ✓ La croissance du secteur est faible ;
    - ✓ Les coûts fixes sont élevés ;
    - ✓ Les barrières à la sortie sont élevées.

- **Limites :**

- Il est fondé sur une rhétorique de l'affrontement (forces, pouvoir, etc.) qui se focalise plus sur les menaces que sur les opportunités et ne laisse que peu de place aux stratégies de collaboration.
- Il sous-entend que la stratégie consiste essentiellement à s'adapter aux conditions de l'environnement, ce qui exclut les approches fondées sur les ressources et compétences, qui privilégient une vision endogène du succès.
- Il peut être complété : certains auteurs (notamment en Europe continentale) ajoutent une sixième force, l'influence des pouvoirs publics. On parle alors de modèle des 5(+1) forces. Porter lui-même a ajouté dans des écrits plus récents le rôle des compléments (par exemple les éditeurs de logiciels pour l'industrie du micro-ordinateur).
- Même si chaque cas d'entreprise est spécifique, l'analyse est la même pour tous les concurrents présents sur un même marché.
- A noter aussi que cet outil est avant tout conçu pour les grandes entreprises et les grandes PME (au moins 300 personnes) ; il doit être adapté pour les TPE et les PME.

La gestion budgétaire :

- **Définition :**

La gestion budgétaire est déjà une technique ancienne dont « l'invention » remonte au début des années vingt pour les Etats-Unis et aux années 1930 pour la France. C'est une technique de gestion largement répandue dans les entreprises qui toutes ou presque la pratique aujourd'hui. Toutefois, les entreprises ne mettent que rarement les mêmes usages derrière le concept. Le contrôle budgétaire se révèle extraordinairement différents d'une entreprise à l'autre. [Berland, 2009].

Le contrôle budgétaire a été conçu pour aider à la gestion des différentes fonctions des entreprises en termes financiers et humains. La gestion budgétaire doit donc servir pour le suivi opérationnel, afin de contrôler la réalisation des objectifs fixés, et pour la structure en responsabilisant les acteurs [Devise, 2008].

- **Principe et objectif :**

Le principe de fonctionnement du contrôle budgétaire est une confrontation périodique entre des données préétablies, les budgets, et les réalisations effectives pour mettre en évidence des écarts qui doivent susciter des actions correctives. La pertinence de la méthode repose sur la qualité des informations recensées dans les budgets et sur leur capacité à correctement anticiper

le devenir de l'entreprise car, dans cette approche, ce sont les éléments du budget qui servent de référence aux ajustements du pilotage[Devise, 2008].

Le budget constitue la mise au point détaillée de la 1ère année du plan opérationnel. On distingue :

- Les budgets fonctionnels ou opérationnels qui traduisent les programmes relevant des fonctions, des services ou départements. (Budget des achats, Budget de production, Budget des ventes, Budget des services administratifs).
- Les budgets financiers ou de synthèse qui récapitulent l'impact de la mise en œuvre des budgets fonctionnels. (Budget de trésorerie, Etats de synthèse prévisionnels : Bilan prévisionnel, CPC prévisionnel).

Le contrôle budgétaire consiste à calculer les écarts budgétaires, à repérer les écarts significatifs et à les analyser afin d'entreprendre une action correctrice, s'il y a lieu, et d'instituer par la suite un processus de planification en tenant compte de ces résultats.

- **Limites :**

- L'établissement du budget exige la participation active de toutes les équipes et filiales ainsi que de tous les paliers hiérarchiques.
- Le contrôle doit être fréquent pour que l'action corrective soit entamée à temps. (mensuel au minimum).
- Le contrôle doit être effectué au niveau où se situent les responsabilités et où s'élaborent les remèdes.

4.2. La gestion par activité

L'objectif de l'analyse par les activités est d'améliorer les données sur les coûts pour qu'elles puissent être utilisées dans la gestion des activités d'une entreprise. Nous présentons dans ce point la méthode ABC/ABM comme un exemple de méthode basé sur l'approche gestion par activité. Celle-ci, souvent rencontrée dans la littérature actuellement, est souvent citée concernant les évolutions futures de l'évaluation des performances, notamment grâce à sa prise en compte de la création de valeur et de la notion de processus.

La méthode ABC/ABM :

- **Définition :**

La gestion par les activités (Activity Based Costing) est une nouvelle philosophie de gestion. Elle se traduit par une panoplie complètement renouvelée d'outils et de méthodes, depuis la

mesure des performances opérationnelles jusqu'à la gestion prévisionnelle de l'emploi, en passant par la gestion des flux de matière, l'analyse de la valeur et l'évaluation des investissements [Lorino, 1991].

- **Principe et Objectif :**

La méthode est basée sur le concept suivant : les produits consomment des activités, les activités consomment des ressources. Aux activités, on relie ensuite la notion de processus et d'inducteur de coûts. Le processus se définit comme un ensemble d'activités associées en vue d'atteindre un objectif commun. Le regroupement des activités dans le cadre d'un processus se distingue des regroupements d'activités par fonctions ou par structures de responsabilité (unités, services). On trouve principalement trois types d'inducteurs :

- les inducteurs de ressources (resource driver) qui sont les clefs de répartition utilisées pour ventiler les ressources entre les activités (ex : nombre d'heures consacrées à chaque activité pour la répartition des salaires);
- les inducteurs d'activités (activity driver) : unité d'œuvre permettant de répartir les coûts des activités entre les productions d'une entreprise (objets de coût), comme les heures de main d'œuvre directe, le nombre de séries fabriquées, de commandes, de types de clientèle servie ;
- les inducteurs de coûts (cost driver) : facteurs influençant le niveau de performance d'une activité et sa consommation de ressources (ex: qualité des matières premières reçues par un atelier de fabrication, formation et expérience professionnelle d'une équipe de consultants).

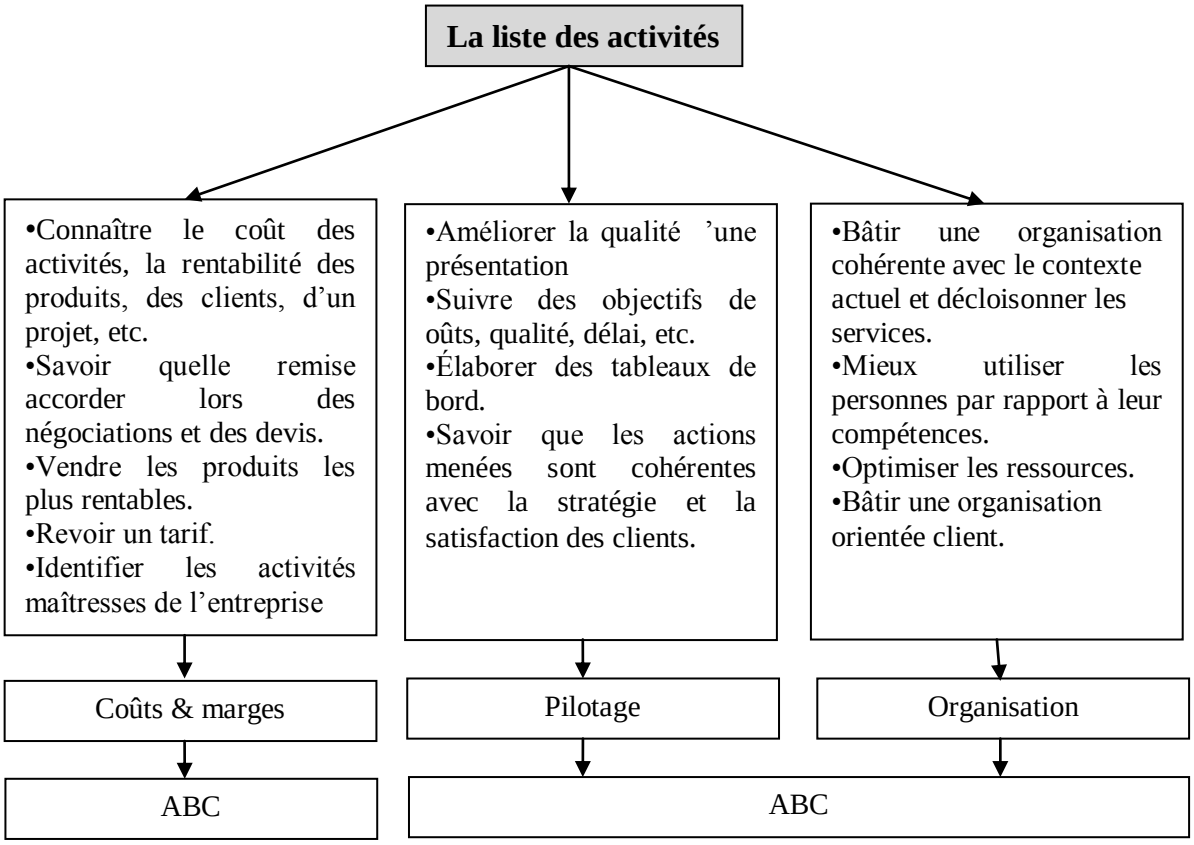


Figure 8: Principe de la méthode ABC/ABM [Korichi et Seddiki, 2005]

La méthode ABC Elles proposent de remplacer la traditionnelle comptabilité analytique œuvrant a posteriori par une mesure précise, détaillée et permanente des dépenses de chaque activité de l'entreprise. Cette méthode est fondée sur une vision transversale en processus de l'entreprise [Fernandez, 2011].

- **Limites :**

- Les premiers gestionnaires à avoir appliqué le modèle ABC ont rapporté que leur nouveau système engendrait des gains financiers immédiats. Cependant, les résultats récents sont beaucoup moins optimistes, puisqu'ils indiquent qu'à peine une application ABC sur trois engendre réellement une rentabilité accrue. Cet échec ne résulte pas d'une théorie, d'une technique ou d'une application incorrecte, mais plutôt des barrières structurelles au changement.
- Pour tirer les bénéfices souhaités des systèmes ABC/ABM, les managers doivent analyser les types de changements qui sont requis pour améliorer les activités et les processus avant le début du programme de mise en œuvre. Ensuite, ils pourront commencer à évaluer les barrières structurelles au changement et à élaborer des outils pour éliminer ces contraintes.

4.3. Les tableaux de bord et la stratégie

Un tableau contient un ensemble d'indicateurs choisis et conçus pour permettre au manager d'être informé de la performance passée et présente des activités qui entrent dans son champ de responsabilité, et des évènements qui peuvent influencer cette performance dans le futur. Les tableaux de bord à orientation stratégique sont des systèmes d'indicateurs qui cherchent à mesurer la performance globale (et son évolution) dans ses différentes dimensions constitutives. Ils permettent de clarifier les objectifs stratégiques et de les traduire en valeurs cibles concrètes. Ils assurent aussi un déploiement de la politique générale à l'intérieur de l'organisation et un retour d'expérience sur la stratégie pour l'affiner progressivement (exemple : le tableau de bord équilibré de Kaplan et Norton, le navigateur Skandia et des outils focalisés sur la valeur client) [Devise et Vaudelin, 2003].

À l'inverse des instruments classiques de contrôle de gestion qui rendent compte la plupart du temps des scores des parties préalablement jouées, le tableau de bord favorise une analyse en temps réel des performances de l'entreprise, parce qu'il permet de suivre les évènements qui sont à leur origine, parce qu'il détient des délais de parution courts, qu'il est simple de consultation et que ses données revêtent un caractère synthétique. En cela, il offre des perspectives de réactivité qui cadrent avec la logique du petit nombre d'événements nécessairement peu répétitifs qui caractérisent l'entreprise de taille moyenne [Devise et Vaudelin, 2003].

5. Pilotage de la performance par les tableaux de bord

5.1. Définition

Pour Guedj, le tableau de bord est un *« ensemble d'indicateurs et d'informations essentiels permettant d'avoir une vue d'ensemble, de déceler les perturbations et de prendre des décisions d'orientation de la gestion pour atteindre les objectifs issus de la stratégie »* [Berland, 2009b].

Un tableau de bord de gestion est une façon de sélectionner, d'agencer et de présenter les indicateurs essentiels et pertinents, de façon sommaire et ciblée, en général sous forme de « coup d'œil » accompagné de reportage ventilé ou synoptique, fournissant à la fois une vision globale et la possibilité de forer dans les niveaux de détail. [Voyer, 2006]. Il est considéré comme un outil de pilotage à la disposition d'un responsable ou de son équipe pour prendre des décisions et agir en vue de l'atteinte d'un but qui concourt à la réalisation d'objectifs stratégiques. C'est un outil d'aide au management pour piloter (orienter les évolutions et les effets du fonctionnement d'un système), animer une équipe en développant une réflexion collective, et organiser dans le but d'utiliser au mieux les ressources.

Le tableau de bord doit donc Comporter des indicateurs, financiers et non financiers, les plus pertinents pour permettre aux managers de piloter leur activité. Ces deux points sont les grands enjeux de tout service de contrôle de gestion et la littérature à ce sujet est fournie. C'est est un ensemble d'indicateurs mais pas n'importe quels indicateurs [Berland, 2009] :

- Ils doivent mesurer des états et des évolutions. Ils sont donc de deux natures complémentaires. Certains indicateurs doivent permettre de répondre à la question « qu'ai-je réalisé ? » et s'appuieront sur les réalisations passées de l'entreprise. Ce seront alors des indicateurs de résultat ou d'état. Certains indicateurs doivent permettre de répondre à la question « où allons-nous ? » en fonction de la façon dont évolue l'entreprise. Ils seront alors prédictifs ou avancés.
- Ils servent à piloter un système c'est-à-dire un ensemble d'éléments en interaction compris dans des frontières clairement définies. Le problème est toutefois complexe à double titre. Bien souvent, il sera délicat de mesurer un effet donné tant les éléments sont en interaction les uns avec les autres. La mesure devient rapidement discutable. Les déterminants de la performance sont par ailleurs bien souvent hors des frontières du système piloté et échappent au contrôle du pilote (le manager). Il est alors possible de distinguer une autre catégorie d'indicateurs qui viennent s'ajouter aux deux du paragraphes précédents et qui portent sur les informations externes de l'environnement.

- Ces indicateurs doivent permettre d'agir dans un cadre temporel en lien avec les obligations du manager. Il ne sert donc à rien d'avoir des indicateurs annuels de performance car ils ne permettent pas au manager d'agir de façon appropriée.

5.2. Principes et objectifs

Les tableaux de bord se sont développés en réaction aux critiques des indicateurs financiers. Il en résulte une variété d'objectifs assignés aux tableaux de bord, dont la compatibilité est parfois problématique. Par ailleurs, les méthodologies étant principalement tournées vers le « comment » construire des systèmes de mesure non financiers, la question du « pourquoi » reste souvent floue. Il existe donc un besoin manifeste d'explication des objectifs et principes assignés aux tableaux de bord. [Giraud, 2008].

De façon générale, les différentes critiques s'accordent depuis les années 1970 sur le besoin d'une plus grande *pertinence* des systèmes de mesure (Johnson & Kaplan, 1987). Nous considérerons qu'un système de mesure est pertinent lorsqu'il apporte au manager une information de gestion cohérente avec les exigences du pilotage de son activité.

L'objectif général de tels systèmes recouvre trois améliorations nécessaires par rapport aux systèmes exclusivement financiers [Giraud, 2008] :

- donner une vision plus « équilibrée » de la performance, c'est-à-dire intégrer toutes les dimensions importantes de la performance, éviter les visions partielles ;
- donner une vision à plus long terme de la performance ;
- faciliter la prise de décision managériale.

Pour aller dans ce sens, un certain nombre de principes guident le choix des indicateurs intégrés au tableau de bord :

- capter l'ensemble des finalités et objectifs de l'organisation ;
- refléter non seulement les objectifs de résultat mais également les leviers d'action engagés pour atteindre ces objectifs ;
- intégrer à la fois des indicateurs financiers et non financiers ;
- sélectionner des indicateurs cohérents avec la stratégie de l'entreprise ;
- retenir un nombre limité d'indicateurs ;
- présenter les indicateurs sous une forme lisible et parlante ;
- favoriser la rapidité d'obtention des indicateurs

5.3. Construction du tableau de Bord

Dans le cadre de la démarche qualité, afin notamment de mieux communiquer et de mieux impliquer le personnel, il est possible de construire un tableau de bord où chaque service (ou chaque fonction) trouve des indicateurs liés à ses objectifs. Le tableau de bord est l'outil de pilotage de la direction. Il contient la somme des indicateurs et concerne l'ensemble des services (commercial, production, comptabilité...).

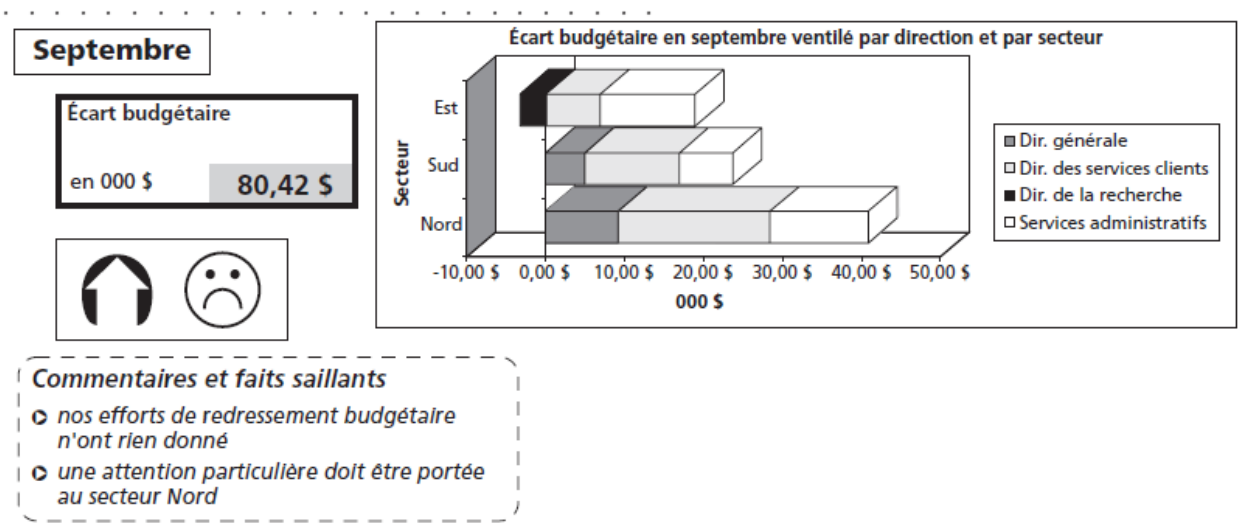
Acteurs concernés par un tableau de bord :

Essentiellement à destination des responsables : directeurs d'administration centrale, chefs de service, chefs de bureau, chefs de service déconcentré,… ces derniers étant amenés à mettre en œuvre localement les programmes ou les orientations nationales dans le cadre nécessaire d'un dialogue de gestion entre les administrations centrales et le service déconcentré concerné. Ainsi les membres-clés de l'équipe de projet tableau de bord sont :

- Gestionnaire: l'engagement de la haute direction
- Chargé de projet: la coordination du projet
- Utilisateurs: la réflexion et l'expression des besoins de gestion concrets auxquels doit répondre le tbg
- Expert-conseil: le guide et la spécialisation sur les indicateurs et les tbg
- Spécialiste interne des systèmes d'information: le lien entre le tbg et les autres systèmes
- Représentant des services informatiques: la faisabilité du tbg versus la capacité des systèmes

Représentation Du Tableau De Bord :

Les formes de regroupement et de représentation des indicateurs en tableau de bord dépendent d'abord de la capacité des symboles à faire parler l'information et des préférences visuelles ou cognitives du gestionnaire. Certains préfèrent (y voient plus clair) les tableaux chiffrés, d'autres les graphiques ou l'abstraction d'indicateurs composés et sophistiqués, et d'autres encore ne désirent qu'une vue d'ensemble constituée d'éléments sommaires ou de faits saillants... Dans le cas d'un tableau de bord partagé, la forme de présentation doit être adaptable, à la fois assez spécifique pour être évocatrice pour chaque gestionnaire et assez générale pour être comprise par tous [Voyer, 2006].Un tableau de bord peut être construit et présenté de plusieurs façons. En voici un exemple :



cart budg taire en septembre ventil par direction et par secteur — en 000 $

	Nord	Sud	Est	Total septembre	En %	Août	Variation	Cumul annuel
Dir. générale	9,20 $	4,97 $	0,00 $	14,17 $	1,0%	12,65 $	↗	179,17 $
Dir. des services clients	19,25 $	12,01 $	6,98 $	38,24 $	2,8%	30,85 $	↗	127,24 $
Dir. de la recherche	0,00 $	0,00 $	–3,20 $	–3,20 $	–0,2%	1,68 $	↘	19,80 $
Services administratifs	12,47 $	6,78 $	11,96 $	31,21 $	2,3%	29,65 $	↗	277,79 $
Total	40,92 $	23,76 $	15,74 $	80,42 $	5,9%	74,83 $	↗	604,00 $
En %	3,0%	1,7%	1,2%	☹				

Figure 9: exemple de représentation de tableaux de bord [Voyer, 2006]

Le tableau de bord est essentiellement une image générale de la situation. D'abord, une page synthèse initiale présente un certain nombre d'indicateurs, de panoramas sur l'écran (ou sur la page imprimée). Ensuite l'utilisateur peut progressivement particulariser ses quelques écrans. Un tableau de bord utile contient généralement 4 éléments essentiels :

- Un tableau rassemblant les indicateurs pertinents ;
- Un graphique pour représenter l'information la plus représentative des données de tableau ;
- Un commentaire claire, précis et concis donnant des indicateurs sur les actions achevées, en cours, et a venir ;
- Un encart de références avec les cordonnes de l'émetteur et des ressources utilisées ;

Les étapes de réalisation des tableaux de bord :

Un projet de tableau de bord comprend cinq étapes que l'on peut regrouper en trois grandes phases plus ou moins séquentielles : l'organisation et la gestion du projet (étape 1), le développement ou l'adaptation du tableau de bord (étapes 2, 3 et 4), la mise en œuvre et l'utilisation du tableau de bord (étape 5) :

- **Étape 1 L'organisation du projet tableau de bord :** Cette étape consiste à réaliser les études d'opportunité et de faisabilité et de proposer un plan de réalisation. Il s'agit donc d'analyser les attentes des gestionnaires et de vérifier la pertinence du tableau de bord dans les secteurs ciblés, de déterminer l'envergure du projet, d'évaluer la présence des conditions de succès et les possibilités des systèmes de gestion et d'information existants, d'effectuer une analyse de faisabilité menant à un plan de réalisation et d'émettre des recommandations sur le respect des conditions requises, sur les ressources allouées et sur le choix des divers intervenants.
- **Étape 2 L'identification des préoccupations de gestion et des indicateurs :** Cette étape consiste à compléter un *tableau préoccupations-indicateurs.* On commence par un découpage du secteur cible, d'abord par niveau hiérarchique (stratégique, opérationnel), puis, par volet d'activités (par programme, par secteur, etc.). On illustre, s'il y a lieu, le processus opérationnel « d'affaires » ou de production de service. On précise ensuite, pour chaque élément du découpage, ce que l'on veut mesurer : les buts, les préoccupations de gestion, les objectifs chiffrés, les zones de performance et les indicateurs nécessaires. Après avoir fait l'inventaire des indicateurs disponibles ou pour lesquels on aurait des données, on choisit, par ordre de priorité, les indicateurs à retenir parmi ceux qui sont à la fois pertinents et possibles. L'ensemble de ces précisions fournira un bon profil de la performance du secteur ciblé.
- **Étape 3 Le design des indicateurs et du tableau de bord: les paramètres et la représentation visuelle :** Lors de cette étape, on fait le design de chaque indicateur : on donne une définition détaillée de l'indicateur et on précise les valeurs mesurées ainsi que les paramètres : la périodicité, les ventilations, les calculs, les balises et les comparaisons permettant de produire les écarts et les tendances. On détermine ensuite la représentation visuelle tout en donnant les possibilités d'interprétation et d'utilisation. L'ensemble de ces précisions sera documenté à l'aide de *fiches-indicateurs.* On effectue ensuite le design du tableau de bord. Les indicateurs sont agencés en « pages » ou en « panoramas » en suivant une structure logique de navigation puis on décrit les possibilités de forage par niveaux d'information, les formes possibles de rapports ventilés et synoptiques connexes selon les destinataires et le degré de personnalisation souhaité.
- **Étape 4 L'informatisation et la réalisation du système de production de tableau de bord :** Cette étape vise à finaliser le prototype, vraisemblablement entrepris plus tôt, puis à produire un système de tableau de bord complet. Il est nécessaire de fixer les choix

technologiques d'équipements et de logiciels, puis le design technique du système de production du tableau de bord (l'extraction, la consolidation et le traitement des données), en fonction des systèmes d'information existants et des modifications prévues. Une fois l'alimentation du prototype en données terminée, on le teste et on l'installe sur le ou les sites pilotes.

- **Étape 5 La mise en œuvre du tableau de bord :** Selon le plan d'implantation et de changement, on procède d'abord à l'expérimentation de l'utilisation par certains utilisateurs et à la validation des indicateurs sur le terrain : on teste le ou les prototypes et on procède aux ajustements de contenu et de forme nécessaires. On évalue ensuite le projet pilote et on déploie l'utilisation du système. En parallèle avec la mise en œuvre progressive, on installe le système informatisé complet. Les utilisateurs reçoivent une formation et les mécanismes administratifs sont adaptés à ce nouvel outil. On voit ensuite à une intégration graduelle au fonctionnement et à la gestion de l'organisation. Tout le processus de mise en œuvre s'accompagnera de considérations de gestion du changement. De façon permanente, on verra à la validation et aux ajustements périodiques du tableau de bord selon l'évolution de l'organisation et les changements dans sa gestion.

5.4. Quels indicateurs pour mesurer la performance ?

Les entreprises ont cherché, durant les années quatre-vingt dix, à améliorer la mesure de leur performance, soit en utilisant de nouveaux outils d'évaluation de la performance financière, soit en élargissant la performance à des mesures non financières. Les diverses propositions ont donné lieu à de nombreuses réflexions que je vais tenter de résumer ci-dessous. Historiquement, et au moins aux Etats-Unis, la performance a depuis longtemps été mesurée grâce à des indicateurs financiers (Return On Investment, chiffre d'affaires, résultat…). Le but est de donner une image de l'entreprise qui soit le reflet de la richesse des actionnaires. Les données financières et comptables sont alors considérées comme des indicateurs avancés de la performance boursière [Berland, 2009].

Les indicateurs financiers traditionnels sont critiqués parce qu'ils [Neely, 1999] :

- encouragent le court terme ;
- manquent d'intérêt stratégique et ne fournissent pas des données sur la qualité, le degré de réponse et la flexibilité ;
- encouragent l'optimisation locale ;

- encouragent les managers à réduire au minimum l'écart par rapport à une norme plutôt que de rechercher une amélioration continue ;
- ne fournissent pas d'informations sur les clients et les concurrents ;
- impliquent une surcharge de données dont souffre la plupart des managers ;
- sont rarement intégrés entre eux ou alignés sur les processus de l'entreprise ;
- sont souvent mal définis ;
- sont d'intérêt historique ; par exemple, le chiffre d'affaires rapporte simplement ce qui s'est produit la semaine dernière, le mois dernier ou l'année dernière, tandis que la plupart des managers veulent aussi des mesures prédictives qui indiquent ce qui se produira la semaine prochaine, le mois prochain ou l'année prochaine.

Les indicateurs financiers étant sujets à critique et peu actionnables, un grand nombre d'auteurs ont proposé de leur substituer ou de les compléter avec des indicateurs non financiers considérés comme plus en phase avec les réalités de la concurrence actuelle. La prise en compte de la performance est supposée être plus équilibrée car tenant compte de ses multiples aspects [Berland, 2009].

Les réflexions sur la place des indicateurs non-financiers ont été relancées notamment avec le *balanced scorecard* (BSC dont nous décrirons le mécanisme de construction plus bas) mais la tendance est plus profonde et avait déjà été initiée par d'autres réflexions. En passant de la performance financière à la performance non financière, on évolue d'une performance mesurée pour les *shareholders* (actionnaires) à une performance mesurée pour les *stakeholders* (parties prenantes) [Ittner et Larker, 1998].

5.5. Tableau de bord stratégique

Le Balanced ScoreCard, traduit en français par « Tableau de Bord Equilibré » ou « Tableau de Bord prospectif », fut introduit pour la première fois au début des années 1990 à travers les travaux de Norton et Kaplan dans la revue de la Harvard Business School. Norton et Kaplan suggèrent dans leurs travaux ce qu'a besoin le décideur pour l'évaluation de la performance, c'est une représentation équilibrée entre les mesures financières et les mesures opérationnelles. A travers leur proposition relative au BSC, ils ont conçu un cadre permettant de construire un ensemble de mesures donnant au décideur un aperçu rapide et global de ses activités. Le BSC exprime la vocation et la stratégie de l'organisation par un ensemble complet d'indicateurs de performance. Il fournit le cadre de la mise en œuvre de la stratégie. Ce SMP tire son nom de la recherche d'un équilibre entre les indicateurs financiers et non financiers pour évaluer la

performance sur le court et le long terme dans un unique document de synthèse [Kaplan et Norton, 2001].

Les indicateurs non financiers et opérationnels reflètent les évolutions essentielles qui affectent l'entreprise. Les avantages financiers de ces évolutions ne peuvent être exprimés par les gains à court terme. En revanche, une progression significative des indicateurs non financiers est le présage d'une création de valeur à venir. C'est ainsi qu'une augmentation de la satisfaction des clients est le signe d'un futur accroissement des ventes et des bénéfices. En équilibrant la combinaison des indicateurs financiers et non financiers, le tableau de bord équilibré attire l'attention des dirigeants, tant sur les performances de longues périodes que sur les performances immédiates.

Le BSC est un outil mis à la disposition des dirigeants. Ainsi, ce sont les niveaux supérieurs qui définissent les indicateurs. Ceux-ci sont ensuite déclinés aux niveaux inférieurs selon une démarche « Top-Down ». Le tableau de bord traduit ainsi la stratégie des dirigeants en objectifs concrets pour les exécutants. Les indicateurs transposés aux niveaux inférieurs sont des sous-ensembles des indicateurs des niveaux supérieurs. Ils montrent la contribution des nivaux inférieurs à la performance de l'entreprise. Dans cette optique, Kaplan et Norton ont défini quatre perspectives différentes par lesquelles l'activité d'une organisation peut être évaluée [Kaplan et Norton, 2001b] :

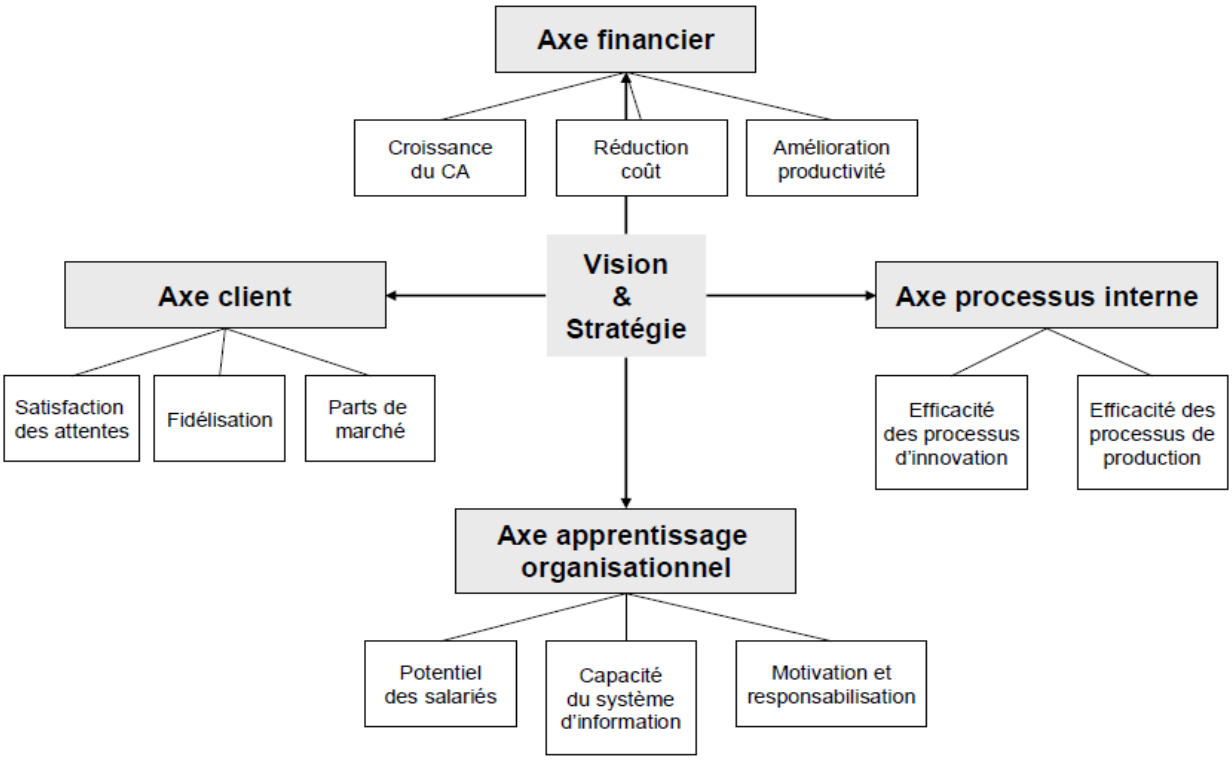


Figure 10: Les quatre axes du Balanced ScoreCard.

- **Perspective financière :** C'est l'axe « traditionnel » constituant les tableaux de bord de gestion. Les mesures de la performance financières indiquent si la stratégie de l'entreprise, sa mise en place et sa réalisation apportent un plus au bas de bilan. Typiquement, les objectifs financiers relèvent de la rentabilité, de la croissance et de la valeur pour l'actionnaire. ECI (Electronic Circuits Inc) les énonce ainsi : survivre, réussir et prospérer. La survie se mesure au cash-flow, le succès au chiffre d'affaires et au revenu d'exploitation par unité, et la prospérité à l'augmentation de la part de marché par segment et au rendement des capitaux propre.
- **Perspective client :** Le tableau de bord suppose que les dirigeants transposent leurs contrats d'objectif en mesures spécifiques proches de ce qu'attend réellement leur clientèle. L'axe client du BSC permet de définir une stratégie à son égard, et de construire des marqueurs mettant en évidence l'évolution sur les segments de marché sur lesquels l'entreprise souhaite se positionner. Parallèlement au BSC, il importe naturellement de traduire la stratégie sur le segment en une offre pertinente (positionnement prix par exemple), ou une politique de relation client (qualité d'accueil des clients, ponctualité des livraisons) intégrant les stratégies des concurrents.
- **Perspective processus :** Cet axe est important dans la mesure où il permet à l'entreprise de savoir ce qu'elle doit faire en interne pour satisfaire la demande de sa clientèle. En effet**,** il s'agit ici d'évaluer les processus internes qui ont le plus d'impact sur la satisfaction du client et touchent, par exemple, à la durée des cycles, à la qualité, aux savoir-faire du personnel, à la production. Il faut aussi que l'entreprise s'efforce d'identifier et d'évaluer ses compétences-clés et les technologies critiques qui lui permettent de pérenniser sa prédominance. Il faut donc connaître ses points d'excellence et définir des modes de mesure pour chacun d'eux. Aux yeux de Norton et Kaplan cet axe constitue le pivot de la philosophie du TBP par opposition aux tableaux de bord classiques. Une fois la stratégie posée, et l'offre produit structurée, les processus internes vont être analysés afin d'en retirer des indicateurs pertinents. Ils doivent intégrer l'ensemble des processus, allant de la mise au point de nouveaux produits au service après vente, dépassant en cela les indicateurs de productivité classiques.
- **Perspective de la connaissance :** Cet axe concerne trois chapitres : les hommes, les systèmes et les procédures. On entend par là les méthodes et systèmes qui permettent de réaliser une capitalisation des expériences ou un apprentissage permanent. Les principes fondamentaux sont dont :

- ✓ Des méthodes efficaces.
- ✓ Des outils adaptés.
- ✓ Un management de circonstance.
- ✓ Des feed-back permanents.

Norton et Kaplan positionnent cet axe comme étant celui qui contient les moyens et facteurs permettant d'améliorer les critères des trois autres axes. Il doit refléter la motivation et la compétence des salariés, mais aussi la qualité des procédures et du système d'information. Il est possible d'intégrer des indicateurs d'absentéisme, de turn-over et de satisfaction globale des salariés.

Système d'indicateurs de performance :

Ces quatre perspectives conduisent à quatre catégories d'indicateurs **[**Giraud et Francoise, 2008**]** :

- des indicateurs de résultats financiers, qui traduisent ce que les actionnaires attendent de l'entreprise. Ils correspondent aux traditionnels de mesure de la performance, comme par exemple le ROIC, la croissance du CA ;
- des indicateurs qui visent à mesurer la perception par les clients : comme par exemple la satisfaction des clients, les parts de marché, le taux de rétention des clients, etc.
- des indicateurs liés aux processus internes : qui permettent à l'entreprise de piloter la qualité de ses processus principaux, par exemple des indicateurs de délai (de développement de nouveaux produits si l'on considère ce processus), de taux de défaut, de productivité, etc. ;
- des indicateurs d'apprentissage : enfin, qui concernent à la fois la compétence et la motivation du personnel, et les performances des systèmes d'information. Dans cette catégorie, on trouve par exemple des indicateurs comme le turnover des employés, le nombre de suggestions émises par les employés, les heures de formation, des indicateurs sur la disponibilité des informations, etc.

Les relations de cause à effet au sein du TBP :

Les indicateurs de performance des différents axes de l'entreprise sont aussi liés entre eux par une chaîne de causalité : la performance financière est considérée comme le but final, conditionné par la satisfaction des clients, elle-même dépendant de la bonne organisation des processus internes, qui repose quant à elle sur une motivation suffisante des acteurs et des systèmes d'information performants.

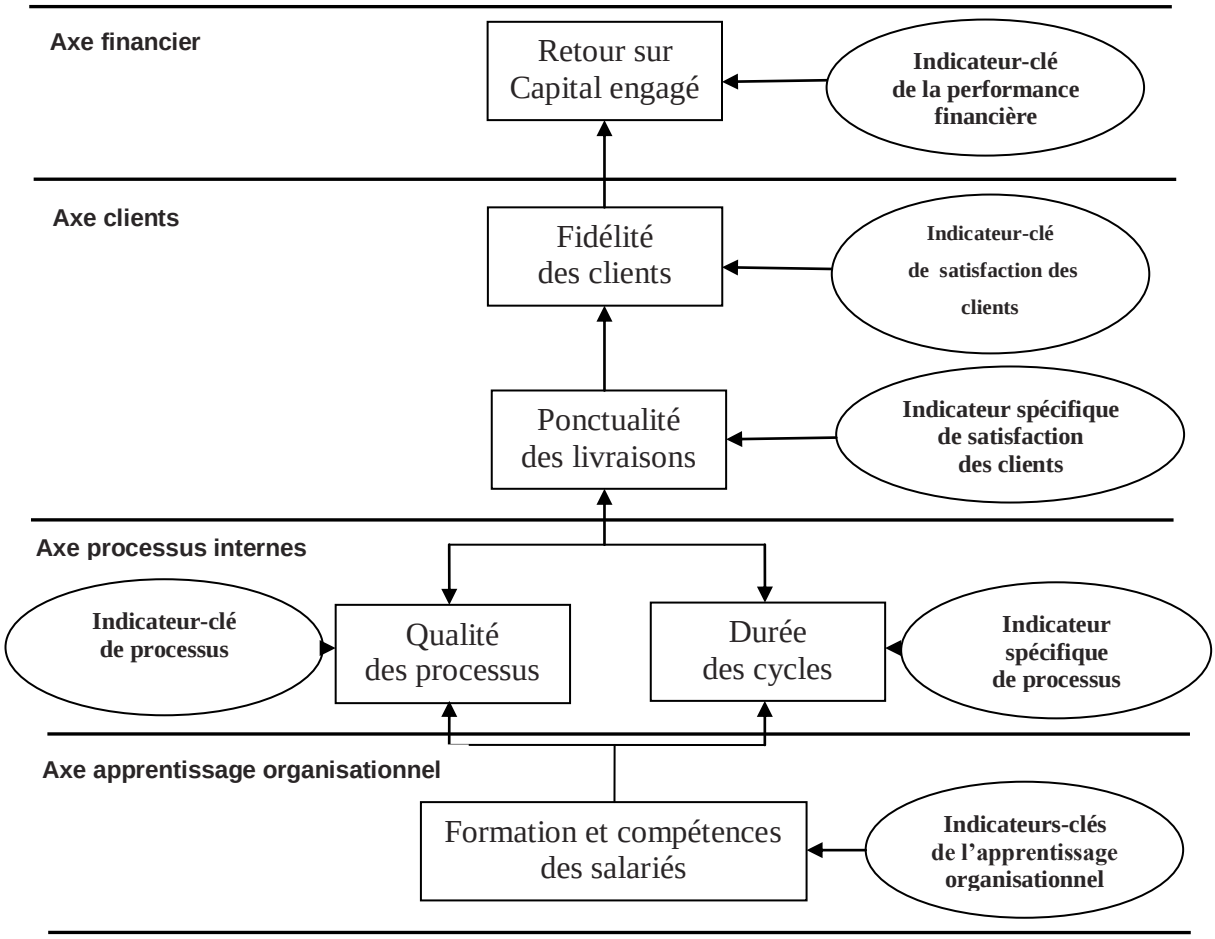


Figure 11: Les relations de cause à effet au sein du TBP [Kaplan et Norton, 2003]

Par exemple, le retour sur le capital engagé peut constituer un indicateur de la performance financière. Les déterminants de cet indicateur seront le maintien et l'augmentation du volume d'affaires avec les clients existants, expression de leur fidélité. Celle-ci est donc incorporée au TBP (sur l'axe « clients ») en raison de l'incidence notable qu'elle peut avoir sur le rendement du capital engagé. Mais comment fidéliser la clientèle ? L'analyse des préférences des clients peut révéler que la ponctualité des livraisons revêt une grande importance. En ce cas, l'amélioration de ce facteur devrait renforcer leur fidélité et, par conséquent, contribuer à améliorer les résultats financiers. La fidélité des clients et la ponctualité des livraisons sont donc intégrées à l'axe « clients » du TBP. L'enchaînement des relations de cause à effet se poursuit par l'identification des processus qui entrent en jeu dans la ponctualité des livraisons. Pour garantir celle-ci, l'entreprise peut être amenée à réduire la durée des cycles de production et à améliorer la qualité des processus internes, deux facteurs qui peuvent apparaître sur l'axe « processus internes ». Comment améliorer la qualité et réduire la durée des cycles ? Par la formation et le

développement des compétences des opérateurs, un objectif qui peut figurer sur l'axe « apprentissage organisationnel ».

Chaque indicateur retenu doit constituer un élément de la chaîne de relations de cause à effet qui communique la stratégie à l'ensemble de l'entreprise.

6. Discussion

6.1. Critiques des méthodes analytiques

A partir de ce survol rapide des principales méthodes utilisées pour l'évaluation des performances d'une entreprise, quelques observations importantes peuvent être faites :

- Les méthodes traditionnelles de gestion et d'évaluation des performances ne prennent pas en compte les données immatérielles et le contrôle de gestion social, la gestion par les activités et le couple valeur / coût. L'actualité et la pertinence de ces méthodes sont remises en cause et les critères de performance financière ne sont pas pertinents à eux seuls pour répondre aux missions assignées au contrôle de gestion. En plus, ces méthodes ne permettent pas une analyse en temps réel ou future de l'entreprise.
- En effet, il ressort de la bibliographie que les outils d'évaluation sont nombreux quelque soit l'aspect traité, mais, il n'y a que très rarement de véritables liens entre toutes les nuances de l'évaluation. Il est vrai que, peu d'outils disposent à la fois d'une vision économique, stratégique et surtout humaine. Aussi les véritables perspectives d'amélioration dans cette quête à la performance restent l'intégration totale de l'immatériel et des coûts tels qu'utilisés par la méthode ABC / ABM. À quand donc un véritable outil d'évaluation pluridisciplinaire?
- À l'inverse des instruments classiques de contrôle de gestion qui rendent compte la plupart du temps des scores des parties préalablement jouées, le tableau de bord favorise une analyse en temps réel des performances de l'entreprise, parce qu'il permet de suivre les évènements qui sont à leur origine, parce qu'il détient des délais de parution courts, qu'il est simple de consultation et que ses données revêtent un caractère synthétique. En cela, il offre des perspectives de réactivité qui cadrent avec la logique du petit nombre d'événements nécessairement peu répétitifs qui caractérisent l'entreprise.
- les systèmes d'évaluation des performances précédents s'intéressaient en priorité aux résultats financiers. Face à une performance de plus en plus complexe et multidimensionnelle, les entreprises sont désormais obligées de changer leur façon d'appréhender la performance. Un tableau de bord stratégique offre une vision

multidimensionnelle de la performance, c'est ce qui en fait sa pertinence, contrairement aux autres outils.

Finalement, ces méthodes d'évaluation des performances et les tableaux de bord « ordinaires » ne permettent pas de donner des **prédictions** en cas de choisir une telle solution ou une autre ; elles ne mesurent pas la performance **future** de l'entreprise. Ici arrive le rôle de la simulation (qui est un outil de prédiction). Ainsi, la simulation est aujourd'hui en passe de s'imposer comme étant l'outil le plus performant pour l'aide à la prise de décision.

6.1. La simulation pour l'évaluation des performances

Parallèlement aux méthodes analytiques, s'est créée depuis les années soixante une technique relevant d'une conception tout à fait différente. Il s'agit de la simulation, une technique qui exploite une autre voie, la voie expérimentale. Les premiers langages de simulation développés ont été principalement utilisés pour des projets financiers afin de déterminer des coûts dans le cadre d'une unité de production mais rarement en ingénierie [Serin et Villefranche, 1996]. Elle a trouvé ensuite, une utilisation dans de nombreux domaines : la conception, l'optimisation, l'évaluation des performances...

Les méthodes analytiques se distinguent par les points suivants : elles nécessitent en général des hypothèses simplificatrices sur le modèle, elles prennent en compte seulement les phénomènes les plus importants (par exemple : pas de prise en compte de perturbations), elles ne fournissent que des performances moyennes sur une longue période de temps, les résultats sont exacts pour des modèles simples et de petites tailles uniquement, les résultats sont approximatifs pour des modèles complexes, elles ne tiennent pas compte des événements de synchronisation (attente, blocage, etc), la durée de traitement est courte...

Quant à la simulation, elle peut être caractérisée par certains faits : elle introduit des changements dans le temps (technique temporelle), elle possède un processus de conception de modèle logique et d'expérimentation, elle aide au choix de la politique la plus désirable, elle est utilisée pour la modélisation de systèmes complexes (généralement stochastiques), le modèle peut être détaillé sans contraintes jusqu'au niveau désiré, elle nécessite beaucoup de données, la durée de traitement d'une simulation est souvent plus longue, elle tient compte des phénomènes de synchronisation...

7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue les principaux cadres proposés en littérature pour évaluer la performance d'une entreprise. Dans le passé, les entreprises ont employé indépendamment des indicateurs financiers et non financiers pour évaluer la performance. Les indicateurs financiers étaient utilisés comme moyen principal pour évaluer la performance au niveau du top management, tandis que les indicateurs non financiers étaient employés à des niveaux plus bas.

Du côté de la simulation, il est vrai que la technique permet l'intégration totale de l'immatériel, des coûts et autres, par conséquent, on peut la considérer comme un outil d'évaluation de performances multicritères d'une entreprise, mais il serait préférable d'adopter l'approche analytique quand cela est possible car celle-ci conduit à des solutions optimales et sûres.

Il existe des outils pour aider les dirigeants à piloter leur système. Nous avons choisi d'en retenir un : **la simulation**. Les progrès considérables de l'informatique ; ces dernières années, ont favorisé le développement de cette technique, devenue puissante dans tous les domaines. Le chapitre suivant a pour objectif de faire une synthèse sur la technique de simulation et surtout de mettre en exergue les raisons qui nous auront incités à choisir telle méthode plutôt que telle autre.

CHAPITRE 3 :

SIMULATION

1. Introduction

Aujourd'hui, les évolutions technologiques, la complexité croissante des organisations, l'obligation de performance, etc.… ont mis en difficulté la gestion de l'entreprise. Les méthodes analytiques, trop restrictives, peuvent apporter une aide lors d'une évaluation approchée des performances du système envisagé. Par contre, les outils de simulation peuvent apporter aux différents intervenants d'un projet et selon les critères et les besoins de chacun, une connaissance sur le comportement du système étudié. Si la simulation est une aide à la conception, c'est également une aide à l'exploitation.

Ce chapitre a pour objectif de faire une présentation de la technique de simulation et surtout de mettre en exergue les raisons qui nous auront incités à choisir telle méthode plutôt que telle autre.

Dans ce chapitre nous étudions le domaine de la simulation. En premier lieu, nous définissons le concept de système, modèle et modélisation. Dans un second lieu, nous décrierons la notion de simulation, la méthode de conduite d'un projet de simulation, et les différentes classes de logiciels de simulation. Dans un dernier temps, nous mettrons en évidence l'application de la simulation en gestion.

2. Système, Modèle et Modélisation

2.1. Notion de système

Le mot ''système'' couvre un champ d'application immense et de nombreuses définitions lui ont été attribuées dans la littérature. Comme définition d'un système nous retenons celle donnée par l'AFCET et qui s'énonce comme suit [Belattar, 2004] :

« *Un système est une entité complexe traitée (eu égard à certaines finalités) comme une totalité organisée, formée d'éléments et de relations entre ceux-ci, les uns et les autres étant définis en fonction de la place qu'ils occupent dans cette totalité et cela de telle sorte que son identité soit maintenue face à certaines évolutions.* »

Un système est décrit par un ensemble de variables appelés variables d'état, ces derniers permettent de décrire l'état du système à un instant donné. Il existe différents types de systèmes.

Un système statique ne change pas avec le temps, c'est-à-dire les variables d'état ne sont pas définies en fonction du temps Par exemple : modèle comptable permettant de calculer un profit en fin d'exercice à l'aide d'un tableur, les systèmes décrits par la programmation linéaire

(affectation, plus court chemin,…etc). Dans un système dynamique le temps est un facteur essentiel du comportement et de l'état du système, c.à.d. ses variables changent avec le temps. Par exemple : réacteur chimique qui régi par des équations différentielles, ou bien, les mouvements des planètes du système solaire. A l'intérieur des systèmes dynamiques, on distingue les systèmes discrets dans lequel l'état ne change qu'à certaines dates. Autrement dit, les variables d'état sont discrètes (discontinues). Par exemple: pour une file d'attente devant un guichet, les variables d'états comme la longueur de cette file d'attente changent de façon discrète. Et les systèmes continus où le changement est permanent ; Les variables d'état changent continuellement. Par exemple la pression atmosphérique et la position d'une planète dans son orbite…etc.

Un système dynamique peut être soit déterministe, c'est celui où l'état futur est connu à l'avance ou prévisible, c.à.d. à qu'il est facile de déterminer avec certitude l'état prochain à partir de l'état actuel (un seul état futur correspondant). Autrement dit aucune variable de ce modèle n'est aléatoire. Ou bien stochastique (non déterministes, aléatoire ou probabiliste) où l'état prochain n'est pas connu avec certitude, il est donc imprévisible, le mécanisme de changement d'état est régi par les lois de probabilité. Donc, plusieurs états futurs sont candidats.

2.2. Modèle et Modélisation

La modélisation consiste à construire une représentation simplifiée d'un système appelée généralement « modèle ». L'AFCET défini un modèle par l'énoncé suivant [Belattar, 2004] :

«Un modèle est un schéma, i.e. une description mentale (intériorisée), ou figurée (diagrammes, formules mathématiques, etc ...) qui, pour un champ de questions est pris comme représentation abstraite d'une classe de phénomènes, plus ou moins habilement dégagés de leur contexte par un observateur pour servir de support à l'investigation, et/ou la communication».

Un modèle est donc une représentation d'un système (réel ou imaginaire) dont le but est d'expliquer et de prédire certains aspects du comportement de ce système. Cette représentation est plus ou moins fidèle car d'une part, le modèle devra être assez complet afin de pouvoir répondre aux diverses questions qu'on peut se poser sur le système qu'il représente, et d'autre part, il ne doit pas être trop complexe pour pouvoir être facilement manipulé. Ceci implique qu'il y a un intérêt à bien définir les limites ou les frontières du modèle qui est censé représenter le système [Korichi, 2009].

II existe différents types de modèles. Les modèles physiques sont ceux dans lesquels le système réel est représenté par une réplique ou une maquette, à une échelle différente, et

éventuellement à l'aide de matériaux différents (exemple : maquette de véhicules pour les essais aérodynamiques en soufflerie). Les modèles symboliques sont une abstraction mathématisée de la réalité. Ils sont généralement exécutés sur un ordinateur. Une autre distinction concerne la prise en compte des aléas dans le modèle. Dans certains cas, qualifiés de déterministes, leur influence est considérée comme négligeable. Le plus souvent, ils doivent être représentés car ils jouent un rôle significatif (exemple typique : les pannes). On a alors affaire à des modèles stochastiques. Une troisième dichotomie sépare les modèles statiques et les modèles dynamiques. Dans les premiers, le temps n'intervient pas (exemple : modèle comptable permettant de calculer un profit en fin d'exercice à l'aide d'un tableur). En revanche, dans les seconds, il est un facteur essentiel du comportement et de l'état du système (exemple : réacteur chimique régi par des équations différentielles). Enfin, à l'intérieur des modèles dynamiques, on distingue les modèles discrets, dans lesquels l'état du système ne change qu'a certaines dates (exemple : une file d'attente devant un guichet), et les modèles continus ou ce changement est permanent (cas du réacteur déjà cité). Un modèle qui contient à la fois des composantes discrètes et continues est dit mixte [Korichi, 2009].

La méthode de construction et d'exploitation du modèle dépend de la nature du système réel et de sa représentation :

Système	Modèle	Méthode
Déterministe	Déterministe	Analyse numérique
Stochastique	Déterministe	Calcul des probabilités
Déterministe	Stochastique	Monte Carlo
Stochastique	Stochastique	Simulation

Tableau 3: méthode de construction et d'exploitation du modèle [Erard et Deguenon, 1999]

Dans cette étude nous nous somme intéressé seulement à la simulation sur ordinateur c'est-à dire les modèles symboliques exécutés sur ordinateur. Le processus de modélisation permet de préciser le contexte de l'étude. Il comprend l'identification du problème; la spécification des objectifs, et la réalisation d'une première ébauche du modèle qui a pour but d'en délimiter les frontières et de spécifier les données dont on a besoin et la validation de ce modèle auprès de l'utilisateur. Le processus de construction d’un modèle de simulation peut être schématisé comme suit :

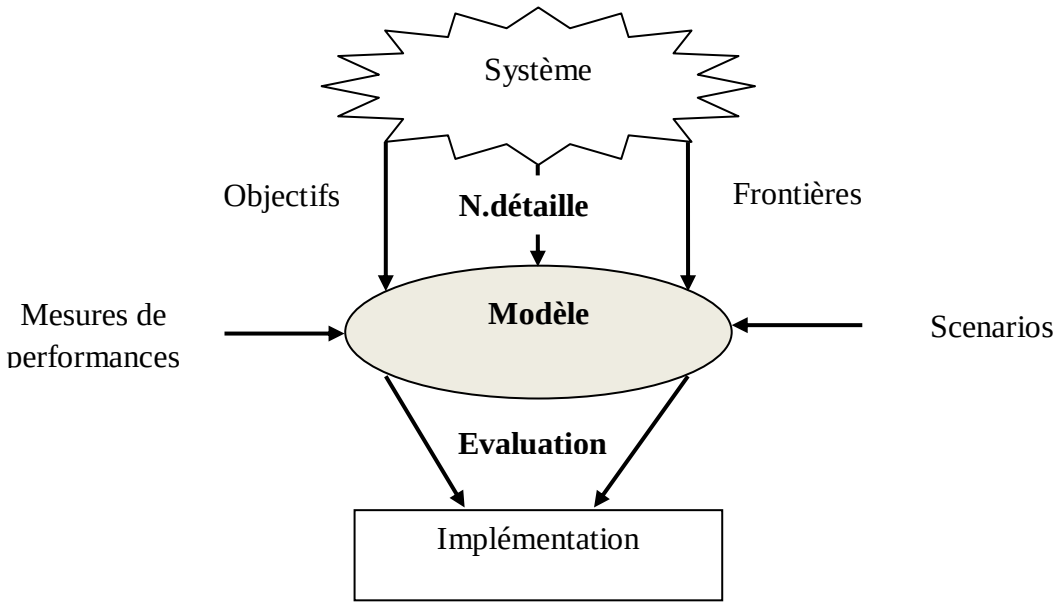


Figure 12: Processus de modélisation [Belattar, 2004]

Le but à atteindre par ce processus est de construire un modèle valide tout en restant cohérent avec les objectifs de l'étude. Il faut donc tout d'abord formuler explicitement ces objectifs et les divers scénarios à étudier. A ce niveau, il faut souligner que le concepteur se trouve devant un compromis difficile à faire. En effet, le concepteur du modèle cherche toujours la simplification, alors que le client souhaite que soient finement représentés les constituants du système. Le processus de construction d'un modèle comprend la modélisation logico-mathématique qui peut être facilitée par un outil graphique, et la programmation proprement dite. Donc ce processus conduit à la construction de deux modèles : Le modèle conceptuel qui est la représentation logicomathématique du système réel. Il est obtenu dans une phase d'analyse et de modélisation. Le modèle programmé qui est la mise en œuvre du modèle conceptuel sur un calculateur. Il est obtenu dans une phase de programmation et de mise en œuvre. Quand ce dernier est validé, il peut servir à l'évaluation du comportement dynamique du système. Cette évaluation nécessite une définition précise de la compagne d'exploitation, la production des mesures par la simulation proprement dite, la mise en forme et la comparaison des résultats obtenus aux objectifs poursuivis. S'ils n'ont pas été atteints, de nouveau scénarios sont proposés et testés jusqu'à satisfaction [Belattar, 2004].

3. La simulation

3.1. Notion de la simulation

Etymologiquement, le terme ‘‘simulation’’ est dérivé du mot latin ‘‘SIMULARE’’ qui veut dire : copier, feindre, faire paraître comme réelle une chose qui ne l’est point. On peut donc très bien dire que simuler le fonctionnement d’un système c’est imiter son fonctionnement au cours du temps en manipulant un modèle. Ceci équivaudrait à la génération d’un historique artificiel des changements d’état du système et l’observation de cet historique pour faire des déductions sur ses caractéristiques de fonctionnement. C’est donc une méthodologie essentiellement pratique qui permet de modéliser aussi bien des systèmes conceptuels que des systèmes existants déjà. La simulation peut être utilisée pour décrire et analyser la dynamique d’un système, répondre aux questions de type «Quoi si ? » sur le système réel et aider à la conception d’un système réel [Korichi, 2009].

Dans la littérature technique beaucoup de définitions ont été attribuées au terme ‘‘Simulation’’. Parmi ces définitions, nous préférons celle donnée par Shannon (1975), et qui s'énonce comme suit [Ingalls, 2008]:

« the process of designing a model of a real system and conducting experiments with this model for the purpose either of understanding the behavior of the system or of evaluating various strategies (within the limits imposed by a criterion or set of criteria) for the operation of the system. »

Donc, La simulation est un processus qui consiste à :

- Concevoir un modèle du système (réel) étudié,
- Mener des expérimentations sur ce modèle,
- Interpréter les observations fournies par le déroulement du modèle et formuler les décisions relatives au système.

On distingue classiquement quatre phases distinctes :

- La modélisation
- la programmation
- l'expérimentation
- l'interprétation des résultats.

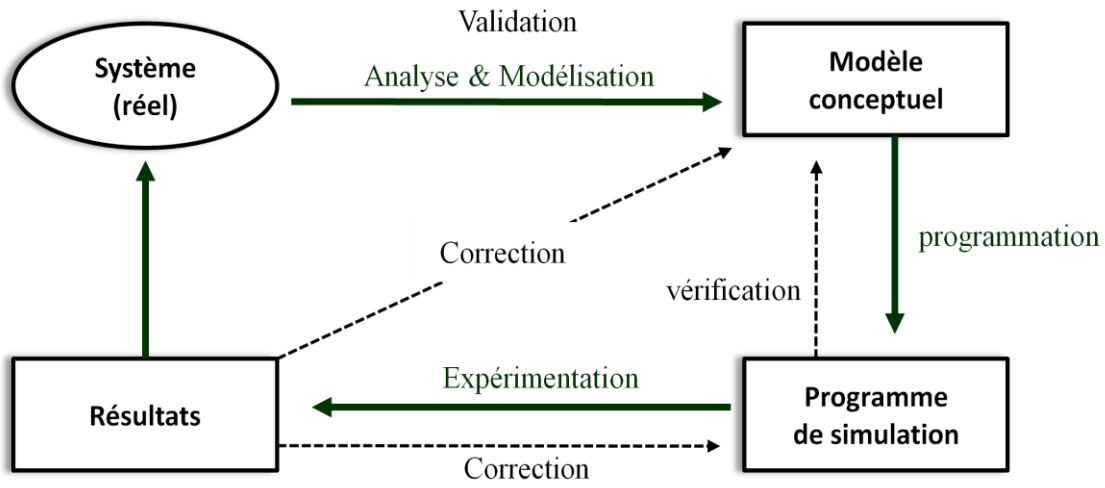


Figure 13: Méthodologie d'une simulation

3.2. Quand simuler ?

Toute étude de simulation suppose que l'on ait identifié clairement les caractéristiques du système qui sont nécessaires à la détermination des performances recherchées. La simulation est très utile dans les cas suivants [korichi, 2009] :

- Le système n'est pas décomposable en sous-systèmes plus simples et indépendants les uns des autres. C'est la condition essentielle qui impose une simulation de ce système. Au contraire, un système décomposable sera appréhendé après décomposition en ses éléments constitutifs. C'est ainsi que la biologie décompose traditionnellement le système complexe que constitue l'organisme d'un mammifère en sous-systèmes qui sont considérés comme indépendants, parmi eux : le système circulatoire …
- Le système n'existe pas encore et une étude préliminaire (phase de conception) est en cours. Par exemple, pour préciser le dimensionnement d'un atelier de fabrication de pièces mécaniques, il faut évaluer les performances que doivent réaliser les machines à utiliser, leur nombre, leur emplacement, les transporteurs nécessaires, puis il faut vérifier le fonctionnement correct du système en projet, son adéquation aux performances attendues…
- Les expériences sur le système réel coûtent cher, ou sont impossibles à réaliser pendant son fonctionnement. Par exemple, modifier le rythme cardiaque dans le système circulatoire pour en mesurer l'impact est une expérience peu recommandée.
- Le système est inaccessible : le système circulatoire en est un excellent exemple.

- Les temps d'observation nécessaires sur le système réel sont incompatibles avec les besoins : l'évolution du système est très rapide, de sorte que, à l'échelle humaine, les changements d'état du système semblent continus, ou cette évolution est au contraire très lente, de sorte que le système n'évolue pas à l'échelle de temps dont on dispose pour mener l'étude (c'est généralement le cas d'un système écologique, qui évolue très lentement à l'échelle humaine).
- Faire des expériences sur le système réel est dangereux ou peut avoir des conséquences graves : pensons au système circulatoire, ou au danger que peut représenter la mise en œuvre d'une expérimentation dans une raffinerie de pétrole… Rappelons que la catastrophe de Tchernobyl s'est produite au cours d'un entraînement de sécurité pendant lequel est survenu un véritable incident… Si cet entraînement avait été réalisé sur un modèle de simulation les conséquences auraient été moins dramatiques.

Il faut noter que la résolution d'un problème conduit en premier au choix d'une méthode qui peut être analytique ou non-analytiques. Elle peut s'agir aussi du choix d'une méthode expérimentale celle-ci pouvant être directe (expérimentation sur le système réel) ou indirecte (expérimentation avec un modèle). Ainsi, le processus du choix de la simulation comme une méthode de résolution peut être schématisé comme suit:

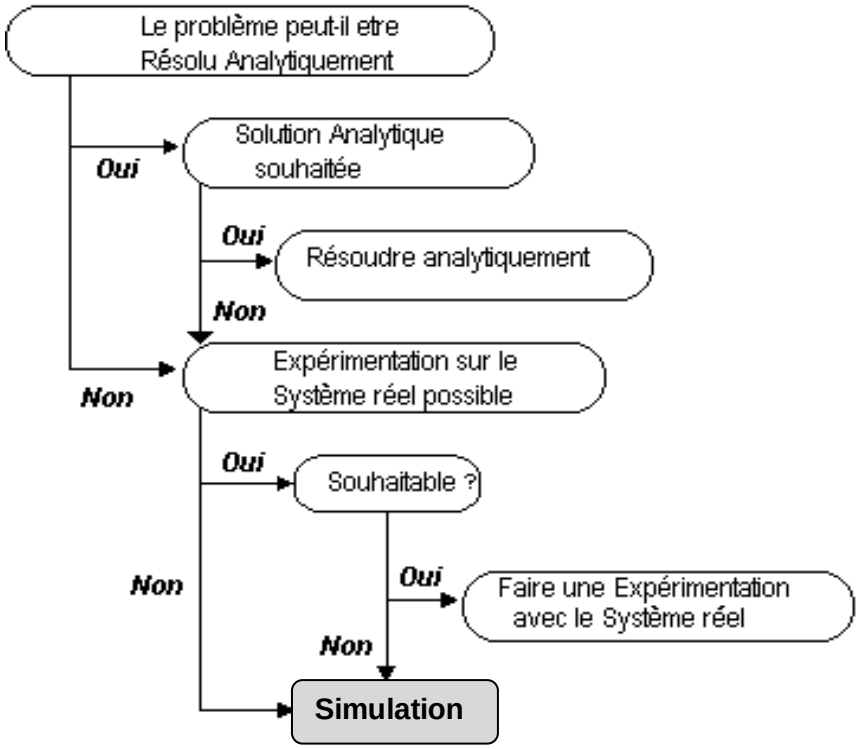


Figure 14 : Démarche de choix d'une méthode de simulation

La simulation est souvent caractérisée dans la littérature comme la méthode de dernier ressort. Ceci veut dire que si on a la possibilité de résoudre le problème posé avec des méthodes analytiques, il serait préférable de les utiliser car elles conduisent a des solutions optimales. En effet, pour un problème donné et des objectifs fixés, on peut avoir le choix entre différentes approches pour le résoudre parmi lesquelles il y a la simulation :

Critères	Modélisation analytique	Simulation	Mesures
Etapes de la vie du système	Toutes	Toutes	Prototype ou système similaire
Temps 'évaluation	Faible	Moyen à long	Variable
Outils	Formalisme mathématiques	Langages	Instrumentation
Fidélité au système original	Faible	Modéré	Variable
Optimisation, paramétrage	Facile	Modéré	Difficile
Coût	Faible	Moyen à important	Important
Pertinence commerciale	Faible	Modéré	Important

Tableau 4 : Comparaison des techniques d'évaluation [Valois, 2006]

3.3. Domaine d'application de simulation

La simulation a été, pour la première fois, utilisée en 1950 dans la planification stratégique au niveau militaire. Elle n'a gagné sa popularité dans les domaines manufacturiers et de services qu'au début des années quatre-vingt. Pour plusieurs compagnies, la simulation est devenue une pratique standard lorsqu'une nouvelle usine est à implantée ou un changement de procédé nécessite d'être évalué. Les études indiquent que la simulation figurait parmi les techniques les plus utilisées à travers le monde [Belattar, 2004].

Plusieurs facteurs ont contribués à l'augmentation de l'utilisation de la simulation dont on cite :

- Croissance de la conscience et de la compréhension des nouvelles technologies (automatisation).
- Augmentation de la disponibilité, de la capacité et de la facilité d'utilisation des logiciels de simulation.

- Augmentation des capacités en mémoire et en vitesse de traitement des ordinateurs (surtout au niveau des PC).
- Chute des coûts des ordinateurs.
- Adoption répandue des micro-ordinateurs.
- Disponibilité de l'animation graphique.

La disponibilité de logiciels de simulation spécialisés et faciles à utiliser et d'ordinateurs puissants a non seulement rendu la simulation plus acceptable, mais aussi plus accessible aux concepteurs et aux gestionnaires qui n'ont ni le temps ni l'intérêt d'apprendre des techniques d'analyse difficiles et complexes.

Les différents domaines d'applications de la simulation sont résumés dans le tableau suivant :

Région	**Domaine d'application de la simulation**
Systèmes informatiques	Les composants «hardware», les logiciels, le réseau du hardware», les bases de données et la gestion, le processus d'information, la fiabilité des «hardwares» et des logiciels, etc.
Domaines manufacturiers	Systèmes de manutention, les lignes d'assemblage, les installations de production automatisées, les installations de stockage, les systèmes de contrôle d'inventaire, l'étude de fiabilité et de maintenance, le plan d'aménagement, le design des machines, etc.
Les affaires	Analyse des stocks et des commodités, la politique des prix, les stratégies de marketing, les études d'acquisition, les "cash flow", les prévisions, les alternatives de transport, la planification de la main-d'œuvre, etc.
Gouvernement	Les armes militaires et leurs utilisations, les stratégies militaires, planification de la population, l'utilisation des terres, la distribution des soins médicaux, la protection contre les feux, services de polices, etc.
Ecologie et environnement	La pollution des eaux et leur purification, contrôle des déchets, la pollution de l'air, le contrôle des empoisonnements, les réductions du temps, les explorations minérales et leur extraction, les systèmes d'énergie solaires, etc.
Sociale et comportement	Analyse de nourriture/population, les politiques d'éducation, structures organisationnelles, analyse du système social, les administrations universitaires.
Biosciences	Les analyses des performances du sport, le contrôle des maladies, les cycles de vie biologiques, les études biomédicales, etc.

Tableau 5 : Les différents domaines d'applications de la simulation [Korichi, 2009]

Le tableau suivant résume les objectifs communs qui ont motivé l'étude par simulation dans le passé.

Sujet	Objectifs de la simulation
Evaluation	Déterminer les performances du design de systèmes proposés quand ils sont évalués sous des critères bien spécifiques.
Comparaison	Comparer des designs de systèmes compétitifs pour une fonction spécifique, ou comparer différentes politiques d'opérations ou de procédures proposées.
Prédiction	Estimer les performances du système sous certaines conditions.
Analyse de sensibilité	Déterminer lesquels des facteurs sont les plus significatifs dans l'affectation des performances d'un système.
Optimisation	Déterminer quelle combinaison de variables donne la meilleure réponse.
Relations fonctionnelles	Etablir la nature des relations entre les variables et la réponse du système.

Tableau 6 : objectif de la simulation [Korichi, 2009]

Enfin, on peut souligner que la simulation en tant que méthode ne doit en aucun cas être vue comme un simple travail de programmation sur ordinateur, et ce, quelque soit la complexité du système à analyser. Elle doit obéir à une approche méthodologique qui est en grande partie indépendante du logiciel et du matériel utilisés.

3.4. Les étapes d'une étude de simulation :

La conduite d'une étude de simulation comprend douze étapes schématisées par l'organigramme suivant :

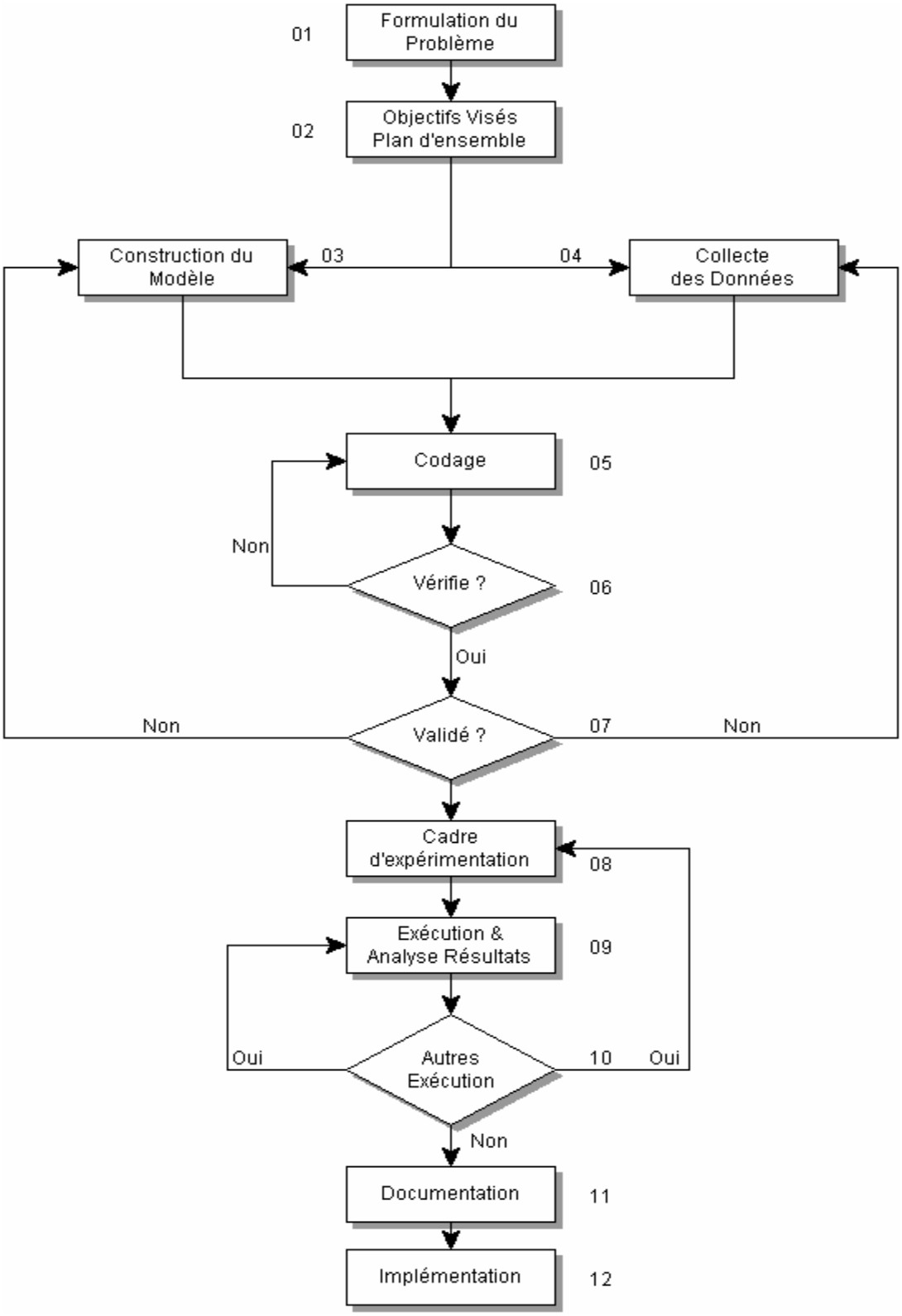


Figure 15 : Les étapes d'une étude simulation [Uttapol et Sakapoj, 2009]

1. **Formulation du problème** : Cette étape permet de préciser le contexte de l'étude et la formulation du problème. Si cette formulation est faite par les personnes qui ont rencontré le problème, l'analyste doit faire très attention de façon à comprendre clairement le problème. Si par contre, la formulation est faite par l'analyste lui même, il est très important aussi que les personnes concernés (clients de l'étude pour lesquelles le problème doit être résolu) comprennent et acceptent la formulation proposée. Durant cette étape, il est suggéré qu'un ensemble d'hypothèses soit proposées, discutées et acceptées par l'analyste et le client. Il faut souligner qu'à ce niveau, on n'est pas sûr d'avance que la formulation soit très juste et il est tout à fait possible que le problème aura besoin d'être reformulé au fur et à mesure de l'avancement du projet [Korichi, 2009].

2. **Fixation des Objectifs :** Une fois le problème formulé, il faudra définir les objectifs visés par le projet de simulation. Ceci comprend [Korichi, 2009] :

- Quelles hypothèses veut-on vérifier ? et dans quel contexte ?
- Le personnel qui sera requis,
- Le matériel et les logiciels informatiques,
- Les divers scénarios qu'on veut expérimenter, les sorties attendues,
- Les coûts de l'étude ainsi que les temps requis.

3. **Construction du modèle** : Cette étape consiste à construire un modèle conceptuel qui est une abstraction du système réel. Ce modèle peut être vu comme un ensemble de relations mathématiques et logiques concernant les composants et la structure du système. On doit en principe commencer par un modèle de base simple et l'affiner au fur et à mesure de façon à obtenir le modèle répondant aux objectifs visés. On doit souligner l'importance d'impliquer le client dans cette étape. Ceci augmentera la qualité du modèle obtenu et accroîtra la confiance du client quant à l'utilisation du modèle. Enfin, on doit également noter que la construction du modèle est une tâche délicate et dont la maîtrise ne peut se consolider que par la pratique sur des problèmes réels [Korichi, 2009].

4. **Collecte des données** : Cette étape consiste à spécifier et collecter les données dont on a besoin sur le système réel et les soumettre au client pour validation. Dans le meilleur des cas, si le client lui même dispose déjà des données nécessaires (conservés dans le format adéquat), l'analyste n'aura qu'à les utiliser directement. Cependant, ce cas est vraiment très rare dans la pratique. En effet, très souvent le client pense disposer de toutes les données requises mais en réalité lorsque l'analyste prendra en compte celles-ci, elles s'avéreront très différentes de celles

dont il a besoin. Il faut remarquer que sur l'organigramme, les étapes de construction du modèle et de collecte des données sont placées au même niveau. Ceci signifie que ces deux étapes peuvent progresser en parallèle.

5. **Codage :** Il s'agit de traduire le modèle conceptuel obtenu à l'étape 3 sous une forme acceptable par l'ordinateur (le programme est appelé aussi modèle opérationnel). Pour cela, il va falloir utiliser un langage de simulation parmi ceux disponibles. Certains langages de simulation offrent l'avantage de séparer entre le modèle et le cadre d'expérimentation qui contient toutes les données et les informations pour exécuter la simulation. Il devient alors possible de faire différentes expérimentations sur le même modèle en changeant uniquement le cadre d'expérimentation (données d'expérimentation). Il est important dans cette étape de construire un programme clair et facilement modifiable [Korichi, 2009] .

6. **Vérification :** L'étape de vérification est extrêmement importante dans tout projet de simulation. Elle concerne le modèle opérationnel (programme). Il s'agit de s'assurer que le modèle s'exécute sans erreurs. La vérification est primordiale même pour des modèles de taille réduite car ces derniers peuvent aussi comporter des erreurs bien qu'ils soient très petits comparés à des modèles de systèmes réels par essence complexes [Korichi, 2009].

7. **Validation :** La validation consiste à s'assurer que le modèle conceptuel est une représentation fidèle du système réel. Il s'agit de savoir si le modèle proposé peut être substitué au système réel pour les objectifs de l'expérimentation. Dans le cas ou le système existe, la façon idéale de valider le modèle conceptuel est de comparer ses sorties avec celles du système. Malheureusement, on n'a pas toujours cette possibilité, surtout dans les projets de conception de nouveaux systèmes. Dans ce cas, on utilise les techniques de validation utilisées en simulation [Korichi, 2009].

8. **Conception d'un cadre d'expérimentation :** Dans cette étape, il s'agit de définir pour chaque scénario devant être simulé ou expérimenté un certain nombre de paramètres tels que : durée de la simulation, nombre de simulation à faire (réplications), état initial du modèle, règles de gestion des files d'attente, etc [Korichi, 2009].

9. **Exécution de la simulation et analyse des résultats :** Le modèle opérationnel ou programmé est le support principal pour réaliser une simulation sur ordinateur. Il sera analysé et interprété par le simulateur qui délivre en sortie des résultats purement statistiques (moyenne, variance, écart type, minimum, maximum, .. etc.). L'analyse de ces résultats aura pour objectifs d'estimer les mesures de performances du système conformément aux objectifs [Korichi, 2009] .

10. **Exécutions supplémentaires :** à ce niveau, on dispose d'un ensemble de résultats provenant des différentes simulations ainsi que d'une analyse de ces résultats. Sur la base de cette analyse, on décidera si d'autres simulations doivent être réalisées, et si d'autres scénarios non prévus doivent être expérimentés afin de s'assurer que le modèle répond bien aux objectifs de l'étude [Korichi, 2009].

11. **Documentation :** la documentation est nécessaire pour différentes raisons. Elle concerne aussi bien le modèle que les résultats de la simulation. Dans le cas où le modèle sera réutilisé par d'autres personnes, la documentation les aidera à mieux comprendre le fonctionnement du modèle et leur faciliter toutes modifications ou mises à jour de celui-ci. Aussi, si le projet a été réalisé pour un client spécifique, ce dernier sera plus satisfait et plus confiant lorsqu'il dispose d'une documentation claire sur le projet. En effet, il aura la possibilité de revoir toutes les alternatives prises en considération, les critères de comparaisons qui ont été utilisés et les recommandations faites par l'analyste. Ceci va l'aider énormément dans la prise de décision qui sera principalement basée sur les résultats fournis par la simulation et rapportés dans la documentation [Korichi, 2009].

12. **Implémentation :** l'objectif de toute simulation est de proposer pour un problème donné plusieurs solutions possibles. Le choix de la meilleure solution devra être fait par l'analyste qui le justifiera dans la documentation et le proposera au client. La décision de retenir cette solution pour une éventuelle implémentation reste donc une responsabilité du client. C'est ainsi que la qualité et la richesse de la documentation peut avoir une grande influence sur cette étape. De plus, l'implication du client tout au long de la conduite du projet augmentera les chances d'une implémentation de la solution retenue [Korichi, 2009].

A partir de cette description des étapes de l'étude de simulation ci-dessus, les observations importantes que nous pouvons faire sont : une étude de simulation est structurée en étapes qui pourraient être conduites dans un ordre prescrit. Chaque étape peut être conduite par une ou plusieurs personnes et peut utiliser comme entrée, des résultats des étapes précédentes. Des documents sont produits à chaque étape (diagramme, rapport, code source, etc.), partagés par différentes personnes et peuvent mener à plusieurs versions. Il devient évident que tout collecticiel de simulation doit supporter en même temps : la communication, la coordination explicite et la coordination implicite à travers des documents partagés. Il faudra aussi tenir compte de la nature synchrone ou asynchrone de la communication entre les membres de l'étude. Ainsi, on peut dire que l'organisation de l'équipe va être un facteur important pour guider la conception d'un collecticiel de simulation [Korichi, 2009].

3.5. Techniques pour développer des modèles valides et crédibles

Dans le cas où le modèle ne représente pas fidèlement le système réel, toute conclusion tirée du modèle est susceptible d'être erronée et peut aboutir à des décisions coûteuses, et pour éviter tout cela, nous serons amenés à suivre des techniques permettant le développement d'un modèle valide et crédible [Law, 2008]:

- **Formulation du problème :**

Il est critique de formuler le problème de l'intérêt d'une façon précise. Cela devrait inclure un énoncé complet du problème à résoudre, une liste des questions spécifiques auxquelles le modèle doit répondre et les mesures de performance qui seront utilisées pour évaluer l'efficacité de certaines configurations particulières du système. Sans une représentation définitive des questions spécifiques de l'intérêt, il est impossible de choisir finalement un niveau de détail approprié pour le modèle. Les mesures de performance doivent aussi être clairement exposées puisque des mesures différentes peuvent dicter des niveaux de détail différents.

- **Interview avec les experts du sujet :**

Il n'y aura jamais de personne seule qui sait toutes les informations nécessaires pour construire un modèle de simulation. Ainsi, il sera nécessaire pour les analystes de simulation de parler à des experts différents pour gagner une compréhension complète du système à modéliser. Notez que certaines des informations fournies par les experts seront invariablement incorrectes - si une certaine partie du système est particulièrement importante, donc au moins deux experts doivent être interrogés.

- **Interaction avec le client :**

L'une des idées les plus importantes pour l'élaboration d'un modèle valide et crédible est pour l'analyste d'interagir avec le décideur et d'autres membres de l'équipe du projet sur une base régulière. Cette approche a les avantages suivants :

- ✓ Aide à s'assurer que le problème est résolu correctement.
- ✓ la nature exacte du problème peut ne pas être connue initialement.
- ✓ le décideur peut changer ses objectifs au cours de l'étude
- ✓ l'intérêt du décideur et sa participation dans l'étude sont maintenus.

- **L'utilisation de techniques quantitatives pour valider les composants du modèle :**

Si quelqu'un a ajusté une distribution de probabilité théorique (par exemple, exponentielle ou normale) à un ensemble de données observées, donc l'adéquation de la représentation peut être évaluée en utilisant des complots graphiques et des tests d'ajustement.

- **Le développement du document d'hypothèses :**

C'est un rapport détaillé qui contient une documentation sur tous les concepts, algorithmes, suppositions, données utilisées dans le modèle. Il servit comme un moyen de communication important entre l'équipe du projet, et il devrait contenir assez de détail pour que ce soit "un plan" pour créer le programme de simulation. Il ne doit pas être confondu avec le modèle conceptuel qui représente les pensées initiales des développeurs modèles sur la forme du modèle.

- **Exécution d'une revue structurée du document d'hypothèses :**

Consiste à organiser une réunion entre les analystes et les experts du domaine, La revue structurée doit être tenue avant le début de la programmation dans le cas où des problèmes majeurs sont découverts à la réunion. Le document de suppositions doit être envoyé aux participants avant la réunion et leurs demandés des commentaires. Une revue structurée augmentera la validité ainsi la crédibilité du modèle.

- **L'exécution d'analyses de sensibilité pour déterminer des facteurs du modèle importants :**

Une technique importante pour déterminer quels sont les facteurs du modèle qu'ont un impact significatif sur les mesures de performance désirables est *l'analyse de sensibilité.*

  - ✓ La valeur d'un paramètre
  - ✓ Le choix d'une distribution de probabilité

- **Validation des résultats du modèle de simulation :**

  - ✓ Utilisation de test de *Turing;*
  - ✓ Evaluation des résultats du modèle par des experts;
  - ✓ Utilisation des intervalles de confiance ainsi des tests d'hypothèses pour faire la comparaison ;
  - ✓ La comparaison des résultats d'un modèle avec ceux d'un autre modèle qui est valide;

- **L'animation :**

L'animation est utile pour :

  - ✓ La détection graphique des incohérences;

- ✓ Montrer que le modèle est non valide;
- ✓ Augmenter la crédibilité;

La validation est une étape cruciale dans tout projet de simulation, puisque de ses conclusions, suivront des décisions d'arrêt du projet, de développement ou de mise en production. Donc la validation d'un modèle de simulation est un concept critique qui doit être pris en compte tout au long du processus de construction d'un modèle. Malgré toutes les idées présentées ci-dessus, la validation reste un problème auquel sont confrontés les concepteurs, Malheureusement, il n'existe aucun algorithme à appliquer pour déterminer la validité du modèle [Law, 2008].

3.6. Les logiciels de simulation :

Le développement d'un modèle de simulation est réalisé à travers un programme écrit par l'utilisateur à partir de primitives de modélisation offertes par le langage (les *langages de simulation*). Ce type de logiciel offre une grande flexibilité mais avec des coûts de développement parfois importants [Korichi, 2009].

Il est commode de classifier les utilisateurs d'un produit de simulation en trois catégories. Bien sûr il peut se faire que dans la réalité, ces utilisateurs ne soient pas complètement différenciés.

En général, au niveau 1 on utilise un langage général de type C. Au niveau 2 on utilise un langage simplifié (ou un langage de simulation) et au niveau 3, on a droit à un environnement type menu et fenêtre de dialogue.

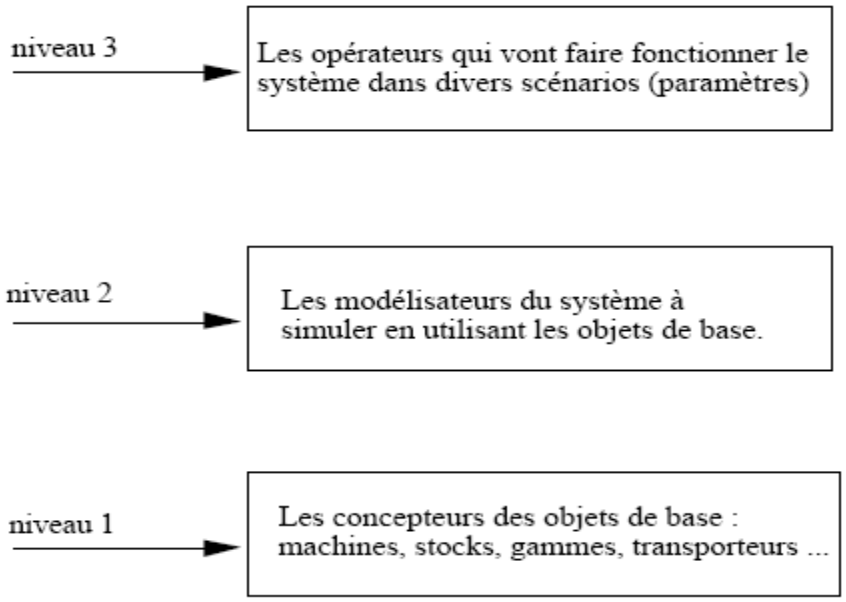


Figure 16 : Les différents niveaux d'utilisation [Hamadeh, 1993]

On peut classer facilement, selon l'outil de base utilisé, les logiciels de simulation en trois familles : les logiciels dédiés écrits en langages traditionnels (Fortran, Pascal ou C), les logiciels de simulation utilisant un langage spécifique et les logiciels basés sur les réseaux de Pétri [korichi, 2009].

Logiciels dédiés écrits en langages généraux :

Face à un type de problèmes particulier, l'utilisateur choisit un logiciel convivial et dédié à ce type de problèmes. Un logiciel dédié permet à l'utilisateur de résoudre facilement un problème, parce que le programmeur du logiciel a déjà fait une partie de la modélisation, par exemple :

- il permet la description de la suite des opérations à effectuer par les postes de travail sur les pièces (les gammes).
- il permet d'associer des priorités aux machines par rapport aux moyens de transport....

L'utilisateur n'a qu'à manipuler des objets couramment utilisés dans son métier (machine, stockage, chariot, pièces,...).

Un logiciel dédié est souvent construit directement à partir d'un langage général (Fortran, Pascal ou C). Cependant, il existe des logiciels dédiés basés sur des langages spécifiques, ils présentent les mêmes qualités et les mêmes inconvénients au niveau de l'utilisateur final que ceux écrits en langages généraux.

L'inconvénient majeur de cette classe de logiciels concerne le nombre de type de problèmes qu'on peut résoudre. Face à un type de problèmes qui sort du cas standard, l'utilisateur se tourne vers un autre logiciel dédié ou fait recours au programmeur afin de lui apporter les modifications nécessaires.

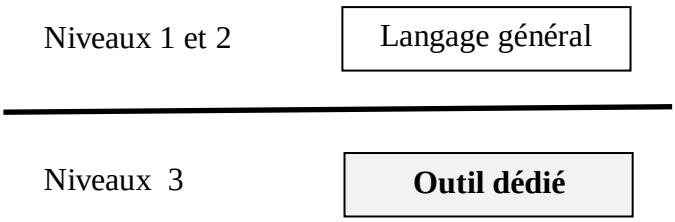


Figure 17 : logiciels dédiés écrits en langages généraux [Hamadeh, 1993]

On peut citer comme exemple de ce type de programme SIMFLEX (Simulation orientée ateliers flexibles), C.F.M. (simulation de chaînes flexible de montage) développés à l'INRIA par le groupe Systèmes de Production, OASYS et PARSIFAL (simulation d'ateliers de fabrication par lots) développé au Centre d'Études et de Recherches de Toulouse (CERT/DERA).

Logiciels utilisant un langage spécifique :

Ces logiciels tentent de construire un outil convivial et extensible. Un outil est dit convivial s'il n'exige pas un effort particulier d'apprentissage et est dit extensible s'il permet l'ajout de nouvelles fonctions non prévues au départ.

On construit, avec un langage traditionnel, des fonctions pour l'utilisateur (par exemple: saisir une ressource) paramétrables. On définit un certain nombre de fonctions, plus ou moins abstraites qui constituent avec les règles de synthèse associées un langage spécifique pour la simulation des systèmes. La plupart de tels langages se caractérisent par une symbolique graphique d'une part, une grammaire (comme tout langage de programmation) d'autre part. Le passage du système graphique au langage est souvent automatisé (c'est le cas par exemple pour les langages SLAM et SIMAN).

Un tel langage spécifique constitue un produit très ouvert, pouvant traiter des problèmes aussi différents que l'assemblage ou l'étude des flux d'information dans un réseau, mais pas toujours très convivial car il exige de l'utilisateur un effort (apprendre le langage et l'utiliser en l'adaptant à son problème particulier).

Le constructeur peut décider d'aller plus près de l'utilisateur pour lui offrir un outil convivial. En utilisant un langage spécifique, il développe une couche logicielle dédiée à un certain secteur d'activités. Cette convivialité coûte souvent très cher, l'outil obtenu n'est plus extensible au niveau de l'utilisateur.

Les résultats sont le plus souvent présentés sous formes de tables et de graphiques (histogramme et camembert). Certains, grâce à un générateur d'icônes, offrent des possibilités d'animation (par exemple : SLAM et SIMAN).

La figure 7 montre le cheminement usuel pour simuler un système en utilisant un langage de simulation :

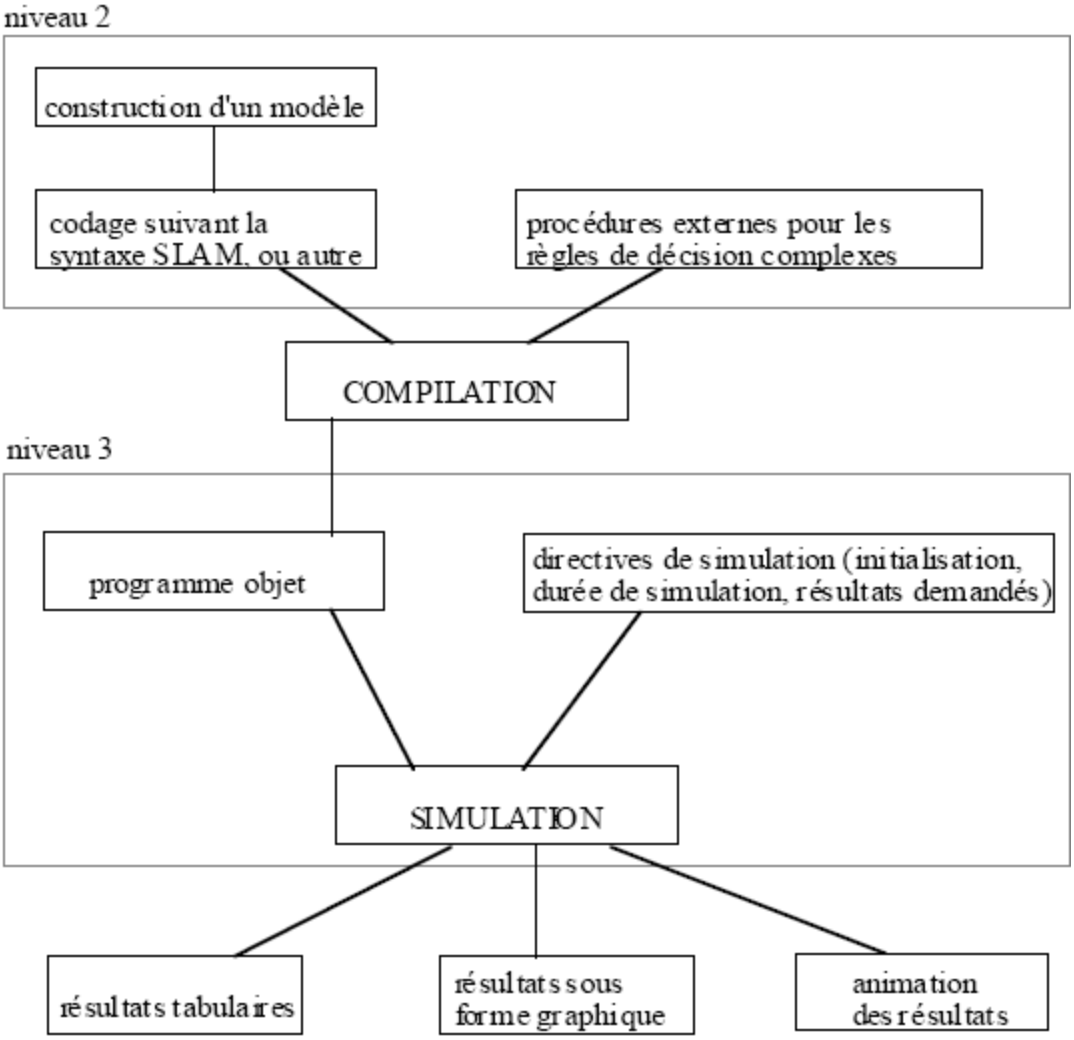


Figure 18 : le cheminement usuel de la simulation en utilisant un langage de simulation [Hamadeh, 1993]

La figure précédente (Figure 6) montre aussi les deux derniers niveaux d'utilisation : le niveau 2 qui consiste à l'utilisation du langage SLAM dans la construction du modèle et le niveau 3 qui consiste à ajuster certains paramètres et à lancer la simulation. Pour le même exemple, les utilisateurs du niveau 1 sont les constructeurs qui ont programmé le langage SLAM.

Logiciels basés sur les Réseaux de Petri :

A la différence des simulateurs présentés ci-dessus, les simulateurs basés sur les Réseaux de Petri (RdP) permettent une analyse du modèle pour vérifier la cohérence par rapport au système physique. On peut citer comme exemple de ce type de simulateurs développés autour de modèles RdP : LORIC, SEDRIC et SICLOP [Korichi, 2009].

L'inconvénient majeur des RdP concerne la représentation des données. En effet, un RdP décrit la structure de contrôle mais pas la structure de données. Il définit l'enchaînement des opérations effectuées sur les données mais pas ces opérations elles mêmes.

3.7. Avantages et Limites de la simulation :

- **Avantage :**

Voici une liste non exhaustive montre bien l'intérêt qui peut être porté à cet outil informatique, non seulement auprès des industriels, mais aussi auprès des chercheurs pour vérifier leur théorie :

- Plus facile à comprendre.
- Mieux comprendre les anciens problèmes et possibilité détecté les autres problèmes.
- l'analyse par simulation est souvent moins couteuse que celle des systèmes réels puisque ce dernier n'est pas affecter par les différentes expérimentations entreprises en simulation.
- Représentation plus réaliste.
- Excellente méthode de comparaison, d'amélioration et d'appréciation des risques.
- Flexible
- Elle permet de tester aisément des hypothèses sur le fonctionnement du système et de mieux le comprendre.
- Elle permet d'étudier les conditions d'opération extrêmes du système et d'en évaluer les conséquences sans mettre en danger le système ni son environnement.
- Un simulateur peut représenter un excellent outil d'entraînement utilisé sans la présence de spécialistes.

- **Limites :**

Beaucoup d'études ont montré que la simulation figurait parmi les techniques les plus utilisées à travers le monde. Cependant, plusieurs obstacles n'ont pas favorisé une plus large utilisation de la simulation :

- Ce n'est qu'une expérimentation sur le modèle.
- Mise au point toujours long ; la simulation est plus long et couteux a développer, valider et exécuter.
- Elle ne peut pas optimiser la performance d'un système. Elle peut seulement donner des réponses à des questions du genre : " Qu'est-ce qui se passe si ... ?".
- Elle ne peut donner des résultats justes si les données sont imprécises.
- Elle ne peut décrire les caractéristiques d'un système qui n'a pas été complètement modélisé.

- Elle ne peut résoudre des problèmes mais seulement fournir des indications à partir desquelles des solutions peuvent être déduites.

4. Simulation et gestion

4.1. La complexité de la gestion d'entreprise :

L'environnement actuel caractérisé par une compétition féroce, par une augmentation des exigences des clients et par le développement de technologies avancées, a forcé les compagnies à repenser la manière avec laquelle elles gèrent leurs affaires. Aujourd'hui, Les Systèmes économiques devenus de plus en plus complexes [Musy, 2007]:

- **L'obligation de performance :** La performance est une notion clé de la gestion d'entreprise, indispensable à une évolution dans un environnement économique particulièrement concurrentiel. Une société qui n'est pas productive de richesses et qui ne maîtrise pas ses coûts de fonctionnement est inévitablement vouée à disparaître ou à végéter au profit des concurrents. Les entreprises n'ont donc guère le choix : pour se développer, elles doivent être compétitives et vice-versa.
- **Les évolutions technologiques :** L'univers technologique a déjà subi deux transformations majeures (la révolution agricole et la révolution industrielle) et connaît actuellement une nouvelle période de mutations importantes avec la révolution numérique, par ailleurs beaucoup plus rapide que les précédentes. Le monde évolue en effet vers plus de complexité et à un rythme accéléré compte tenu de l'utilisation massive des ordinateurs, de leur mise en réseau au niveau mondial et du développement considérable des moyens de communication.
- **Le développement des exigences réglementaires :** L'augmentation de la pression réglementaire constitue un autre enjeu majeur de la gestion d'entreprise. En effet, que ce soit dans le domaine de la finance, de l'environnement, de la sécurité, de la comptabilité, des ressources humaines, etc., les textes réglementaires auxquels les entreprises sont soumises ne cessent d'augmenter et sont presque devenus indénombrables.
- **La complexité croissante des organisations :** Le succès et le développement économique d'une entreprise sont nécessairement conditionnés au bon fonctionnement des organisations. Si cette affirmation constitue une banale évidence, il faut tout de même rappeler que certaines entreprises sont devenues des multinationales avec des implantations sur l'ensemble du globe et sont parfois plus puissantes que certains Etats. Pour diriger ces « empires », il a donc été souvent nécessaire de procéder à la mise en place de chaînes de

commandement et de processus organisationnels particulièrement complexes, transformant ainsi l'objectif de bon fonctionnement en un véritable challenge pour les équipes de management.

- **La puissance des médias :** Il est incontestable que les nouvelles technologies ont dopé, et le mot est faible, la puissance des médias. Aujourd'hui, il ne faut en effet pas plus de quelques minutes pour qu'une information soit diffusée d'un bout à l'autre de la terre et reçue par le plus grand nombre.
- **L'évidente nécessité d'un contrôle des activités :** Ainsi et sans vouloir établir une liste totalement exhaustive de toutes les préoccupations liées à la gestion d'entreprise, il faut comprendre qu'en évoluant dans un contexte économique de plus en plus concurrentiel, globalisé et à un rythme qui ne cesse d'accélérer, les entreprises sont devenues au fil du temps particulièrement complexes à gérer, d'autant que les risques opérationnels, juridiques, financiers et stratégiques auxquels elles sont exposées n'ont jamais cessé de croître. Dès lors, il apparaît relativement évident que la gestion de ces différentes préoccupations passe obligatoirement par la mise en place d'un certain nombre de dispositifs de contrôle, que d'autres appellent plutôt des « *sécurités* » ou « *garde-fous* » permettant d'assurer un certain niveau de maîtrise sur les activités et sur les risques qui pèsent sur l'entreprise.

4.2. Limites des méthodes analytiques

Le contexte économique dans lequel les entreprises évoluent aujourd'hui ne permet plus de produire efficacement à partir des systèmes de production basés sur les principes du Taylorisme, qui ont fait largement leurs preuves, les ingénieurs et les gestionnaires sont à la recherche d'outils plus performants d'aide à la conception et à la gestion des systèmes économiques. Les méthodes traditionnelles tels que la comptabilité analytique, la gestion budgétaire, le contrôle de gestion, et la programmation linéaire, etc. sont incapables de résoudre les problèmes complexes d'intégration d'aujourd'hui. Ces outils ont un champ d'application limité et sont incapables de fournir une mesure fiable de la performance espérée du système.

Les modèles analytiques ne représentent pas fidèlement la réalité puisqu'ils sont une agrégation (une simplification) de la réalité et souvent basés sur des hypothèses simplificatrices et non réalistes. Généralement, les chercheurs qui développent les modèles analytiques ajustent souvent la réalité aux outils dont ils disposent [korichi, 2009]. De plus, les modèles analytiques sont difficiles à valider au près des utilisateurs puisque ce sont des modèles synthétiques qui génèrent parfois des résultats non conformes à la réalité.

4.3. Apports de la simulation aux développements du domaine de manufacturier

Un outil qui a rapidement gagné une bonne réputation dans la conception et l'analyse des systèmes est la simulation par ordinateur. La simulation est un outil d'analyse puissant qui aide les ingénieurs et les planificateurs à prendre dans le temps des décisions intelligentes concernant la conception et l'opération d'un système. Par elle même, la simulation ne résout pas les problèmes, mais elle les identifie clairement et évalue quantitativement les solutions alternatives. Comme un outil pour analyser "Quoi Si", la simulation offre des mesures quantitatives sur n'importe quel nombre de solutions proposées pour aider rapidement à restreindre la meilleure solution alternative.

En utilisant l'ordinateur pour modéliser un système avant sa conception ou bien pour tester des politiques opératoires avant qu'elles ne soient déjà mises en place, plusieurs pièges qui peuvent souvent être rencontrés lors du démarrage d'un nouveau système peuvent être évités. Les améliorations qui, auparavant, prennent des mois et mêmes des années à mettre au point peuvent être actuellement réalisées dans quelques jours et parfois en quelques heures en considérant la simulation par ordinateur [Pham, 2003].

L'habilité de la simulation à considérer un grand nombre et une large variété de variables dans un même modèle l'a rendu un outil indispensable dans la conception des systèmes complexes d'aujourd'hui (système manufacturier : variété des produits, des outils, des palettes, mécanismes de transferts, routes de transport, opérations, etc.)

Les bénéfices de la simulation plus semblables à celles réalisées par la simulation de vol où les pilotes gagnent de l'expérience sans courir le risque, le temps et le coût avec l’entraînement sur un équipement réel. Comme dans un simulateur de vol, la simulation des systèmes manufacturiers est effectuée pour améliorer la compréhension de l'utilisateur concernant comment le système opère de telle sorte que des décisions intelligentes et habiles peuvent être prises, afin de réduire le temps et le coût associés avec l'expérimentation sur le système réel et de diminuer les risques d'erreur sur celui-ci.

En l'absence d'outils efficaces pour la planification et l'évaluation de systèmes, On a souvent recours à l'essai et erreur. Ceci est coûteux, prend du temps et perturbe le système. L'environnement change tellement rapidement qu'on ne peut apprendre des leçons. Donc on a grandement besoin d'une méthodologie prédictive basée sur la compréhension des causes et des effets. L'habilité de la simulation à considérer un grand nombre de variables dans un seul modèle

fait d'elle un outil indispensable pour concevoir les systèmes de production complexes d'aujourd'hui.

4.4. Application de la simulation en gestion

Dans le domaine de la gestion, la modélisation et simulation jouent un rôle croissant. De la simple modélisation du calcul du résultat net à la simulation complexe des flux logistiques ou du trafic. La simulation est un outil versatile qui a été utilisé dans différents champs d'application incluant la conception des systèmes, la formation et l'éducation, la communication et les ventes et les relations publiques.

Fonctionnement et gestion d'entreprise :

La modélisation et simulation en entreprise a pour objet la construction de modèles et outils d'aide à l'amélioration des performances et à la gestion des systèmes économiques. La simulation aide à déterminer le meilleur moyen pour contrôler le flux des clients et de matières. Elle aide aussi à trouver le moyen le plus efficace, elle s'applique aussi bien aux entreprises de production de biens manufacturés (production continue ou discrète) qu'à celles fournissant des services ; les processus modélisés peuvent correspondre à des procédures administratives, techniques ou de supports.

Les principales motivations qui justifient une étude de modélisation en entreprise sont les suivantes [Boukabous, 2006]:

- Comprendre et analyser la structure et le fonctionnement de l'entreprise ;
- Prévoir (de manière fiable) le comportement et les performances des processus opérationnels avant leur implantation ;
- Choisir la (ou les) meilleure (s) alternative(s) d'implantation ;
- Identifier les risques d'implantation à gérer ;
- Justifier l'implantation sur des critères liés aux ressources et aux coûts.
- Bâtir une vision commune du fonctionnement au plus grand ensemble possible du personnel.

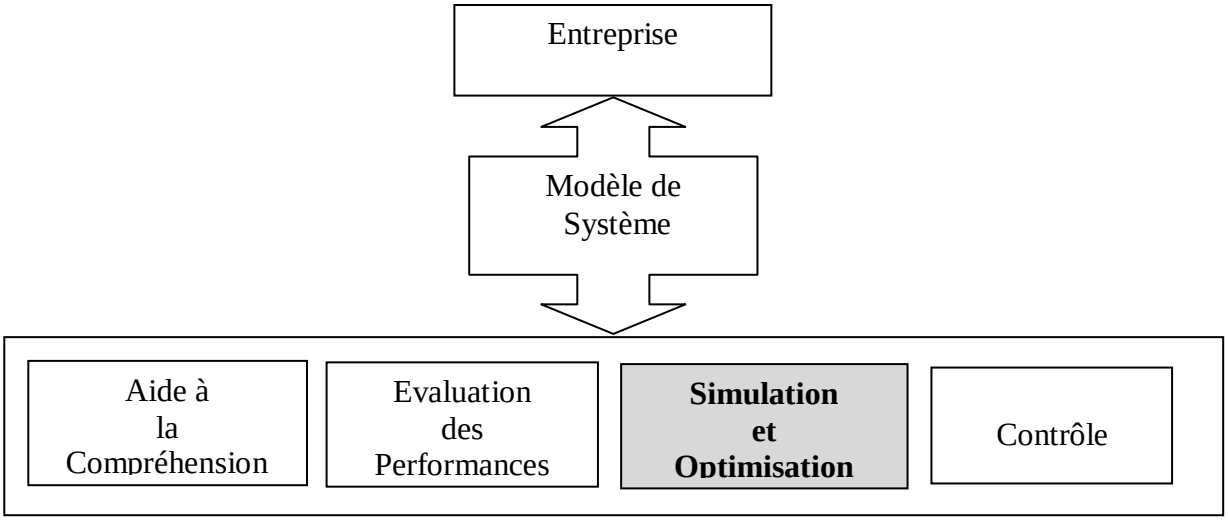


Figure 19: Principes de modélisation en Entreprise [Boukabous, 2006]

Simulation de la chaîne logistique :

La gestion de la chaîne logistique ou Supply Chain Management (SCM) est principalement concernée par l'intégration efficace des fournisseurs, des usines, des entrepôts et magasins, de sorte que le produit soit fabriqué et distribué à la quantité voulue, au bon endroit et au bon moment, afin de minimiser le coût total du système et répondre au besoin de la clientèle.

La simulation peut être adoptée pour améliorer pratiquement la Gestion de la Chaîne Logistique (GCL) entre les sociétés. Traditionnellement la chaîne logistique ne comporte qu'une entreprise simple, des équipements multiples et des centres de distribution. Le partage d'information détaillée n'est ainsi pas un problème. Mais vue que la portée de la chaîne logistique a évolué pour croiser les frontières d'entreprise, le partage d'information peut devenir difficile pour les compagnies. La GCL implique le contrôle de l'écoulement du matériel et de l'information pour les étapes multiples de la fabrication, le transport et la distribution dont l'objectif de diminuer les coûts. Le domaine principal d'application de la simulation dans la gestion de la chaîne d'approvisionnements est d'analysé les changements des divers aspects de la chaîne logistique. [Gan et al 2000] présentent une technologie appelée la simulation à événement parallèle discret qui implique une capacité de cacher les détails des modèles lors de la simulation. En utilisant cette technologie, le système global à simulé est décomposé en sous modèles qui peuvent être simulé indépendamment.

Simulation création entreprise :

Une simulation de création d'entreprise permet de prévoir sur à moyen et long terme quels vont être les frais à engager et les bénéfices potentiellement enregistrés. Il s'agit en fait d'un dossier prévisionnel, qui est fortement conseillé avant de procéder à la création de l'entreprise à proprement parler. Voici donc les éléments à prendre en compte pour une simulation de création d'entreprise [Boileau, 2009]:

- Une simulation de création d'entreprise commence par établir détailler la composition du capital (lorsqu'il y en a un) : le montant de l'apport personnel, les subventions et les aides, le prêt bancaire accompagné de ses modalités de remboursement. La simulation de création d'entreprise doit prendre en compte l'ensemble des frais liés à l'ouverture des statuts et le démarrage de l'activité (enregistrement au CFE, publication dans un journal légal, achat de matériel etc.).
- La simulation de création d'entreprise est ensuite essentiellement axée autour d'une estimation du chiffre d'affaire prévisionnel. Il existe plusieurs méthodes pour parvenir à fixer un chiffre réaliste, qui sont en fait à croiser pour davantage de fiabilité. On peut ainsi estimer un CA à partir de la méthode des référentiels : consulter les chiffres d'affaire de la concurrence, puis les ajuster en fonction des spécificités de l'entreprise naissante (prix plus bas, cible plus large etc.). Une simulation de création d'entreprise peut s'appuyer sur les intentions d'achat (sondage auprès des clients potentiels) ou les objectifs et parts de marché (observation de la concurrence et estimation du taux de clientèle qui pourra être « récupérée »).

Les calculs pour la simulation d'une création d'entreprise peuvent devenir prodigieusement compliqués, car des nombreux paramètres doivent être pris en compte, et une estimation de CA prévisionnel doit porter sur 1 à 3 ans pour être fiable. Pour simplifier la tâche des entrepreneurs potentiels, il existe aujourd'hui des logiciels qui se chargent de réaliser une simulation de création d'entreprise.

Formation et enseignement :

L'enseignant d'économie ou de gestion est confronté dans sa pratique à des difficultés du même ordre, face à des élèves bien souvent sceptiques ou blasés, qu'il faut motiver par une approche concrète de la réalité. Dans ces conditions, comment convaincre ces derniers de la pertinence de l'enseignement de l'économie et de la gestion pour comprendre le monde qui les

entoure ? Comment leur donner les clés de fonctionnement des organisations qui déterminent pour une bonne part leurs conditions de vie et leur mode de consommation ?

La simulation dans le domaine de la gestion ou de l'économie peut être définie comme une représentation construite et simplifiée du réel, que l'on peut tester à partir de données ou d'hypothèses modifiables. La classification faite par deux anciens professeurs du lycée hôtelier de Toulouse - Marc Combes et Marie-France Amaré - nous distinguerons quatre grandes catégories de pratiques de simulation [Vinard, 2010]:

- la simulation d'attitudes : Dans un contexte donné, les élèves simulent une situation particulière (la vente d'un produit, l'embauche d'un salarié, la négociation d'un crédit), chacun jouant un rôle défini à l'avance : acheteur ou vendeur, demandeur d'emploi ou responsable des ressources humaines, client ou banquier. Les autres élèves de la classe sont alors observateurs et ils notent, à l'aide de « grilles d'évaluation » les éléments caractéristiques du comportement des acteurs. En fin de période de simulation, un temps est consacré au bilan de la prestation : les intéressés –souvent à l'aide d'un caméscope – revoient leur prestation et en font une analyse, celle-ci est confrontée au point de vue des autres participants, le professeur intervient pour souligner les points forts et les insuffisances de la négociation.
- la simulation d'activités : Seul ou en équipe, l'élève réalise une activité fictive : l'organisation d'un voyage ou d'une manifestation, le lancement d'un produit, la conception d'une campagne publicitaire. Il essaye de faire « comme si », dans un espace et un temps limités : l'heure de cours et les murs de la salle de classe. En fin de séance, le professeur peut valider ou non la démarche des élèves, donnant une légitimité au travail réalisé. Il est même possible de faire intervenir une personne extérieure (autre enseignant, professionnel) qui joue le rôle d'un expert.
- la simulation d'hypothèses : Les élèves sont invités à tester un modèle plus au moins complexe en prenant en compte différentes hypothèses. Le recours à l'informatique – et en particulier au tableur – enrichit particulièrement cette pratique pédagogique, en faisant l'économie de calculs parfois fastidieux. Nous en donnerons un exemple très simple lié au compte de résultat d'une l'entreprise.

  On peut évidemment appliquer cette méthode à de nombreux phénomènes de gestion : l'effet de levier financier (quand le taux de rentabilité économique d'un projet est supérieur au taux d'intérêt des capitaux empruntés) ou l'effet de subvention d'un produit par un autre produit lors de la répartition des charges indirectes dans la détermination du coût complet.

Relations publiques :

La simulation permet d'élever l'image de la compagnie aux yeux du public large ainsi qu'aux yeux de ces clients. Elle transmet un message au monde extérieur indiquant que la compagnie est fière du fonctionnement de son système.

Dans le passé, les compagnies affichent des histogrammes et des graphiques de leurs ateliers situés stratégiquement à l'entrée de la firme. Dans le futur, ces modèles seront remplacés par des animations en trois dimensions accompagnés avec le son et qui prennent les visiteurs dans un tour guidé des installations [korichi, 2009].

5. Conclusion

La simulation est une approche nous permettons de traiter les systèmes complexes qui ne peuvent être résolus de manière analytique, approche purement théorique, donc, tout à fait à l'opposé de l'approche de simulation. De toute façon, il est souvent très couteux, dangereux et souvent impossible de faire des expériences avec de vrais systèmes. L'approche de simulation donne plus de flexibilité et convient mieux à ce genre de problèmes complexes.

Dans ce chapitre, nous avons examiné la méthode de simulation plus particulièrement par la présentation de la méthode de conduite d'un projet de simulation et la justification d'adéquation de la gestion d'entreprise avec cette méthode.

Dans le chapitre suivant nous allons présenter notre modèle de simulation pour l'évaluation de la performance stratégique d'une entreprise.

CHAPITRE 4 :

VERS UN MODELE DE SIMULATION POUR L'EVALUATION DES PERFORMANCES

1. Introduction

La construction d'un système d'indicateurs de pilotage ne constitue pas une opération aisée, puisqu'elle nécessite une très bonne connaissance des activités de l'entreprise, de son organisation et de sa stratégie, Ainsi la difficulté de prise de décision exige le recours à aide informatisée.

L'objectif de ce chapitre, est de montrer que la combinaison entre l'outil de pilotage stratégique qui est le tableau de bord et la simulation donne une excellente solution pour l'évaluation de la performance de l'entreprise, et ceci par la conception d'un modèle de simulation.

Dans ce chapitre, nous allons construire un modèle de simulation pour l'évaluation de performance multicritères stratégique d'une entreprise économique. Donc, nous suivrons ici les étapes d'un projet de simulation, et qui sont regroupées en trois phases principales : analyse du problème, modélisation et implémentation, et expérimentation. Nous donnerons aussi une brève description de modèle en soulignant sur l'apport de la simulation et son importance comme outil de prédiction.

2. Analyse du problème

2.1. Identification du problème

Un tableau de bord de gestion est un échantillon réduit d'indicateurs permettant à un gestionnaire (dirigeant) de suivre l'évolution des résultats, les écarts par rapport à des valeurs de référence (objectifs fixés, normes internes ou externes, références statistiques), etc., le plus possible en temps réel, en se concentrant sur ceux qu'il considère comme les plus significatifs.

Malheureusement, jusqu'à maintenant, plus de 70 % des dirigeants de PME n'ont pas d'outil de pilotage de leur affaire. Or, dans un environnement où les mutations ne font que s'accélérer, conduire sans tableau de bord devient chaque jour plus dangereux. Et mettre en place un outil de suivi ne nécessite pas de construire une usine à gaz, ni de se ruiner en logiciels de gestion. La meilleure formule réside dans un nombre d'indicateurs judicieusement sélectionnés.

Le problème consiste alors, comment exploiter les avantages offerts par les outils informatiques évoluées pour donner plus d'anticipation au tableau de bord, plus de vie, et le rendre plus pratique ? Pour lui donner un autre rôle plus important, l'aide a la décision basée sur le futur prévu ? Pour exploiter pleinement les capacités et possibilités offertes par la simulation, la notion de prédiction, qui un des objectifs de ce domaine, va favorablement améliorer le

tableau de bord pour bien atteindre des objectifs plus important ; prédire au décideur ce qui va se passer en prenant telle ou telle solution (décision).

2.2. Définition des objectifs

Disposer de la bonne information au bon moment est l'objectif de tous les gestionnaires et décideurs, tant la qualité de l'information et sa disponibilité sont des facteurs de compétitivité pour l'entreprise. Pour avoir une vue future de l'entreprise, il faut simuler son état actuel a l'aide des valeurs bien spécifiées ensuite l'état future selon des contraintes bien précises. Le problème est alors, comment faire ceci ? L'état de l'entreprise est défini à travers une modélisation basé sur son système de mesure de la performance, alors la question sera formuler comme suit : comment générer les indicateur de performance de façon artificielle de telle sorte qu'on obtient des résultats similaire a celle qui peuvent être obtenues réellement ?

Dans notre projet, on va essayer de définir de nouvelles orientation qui émanent les critiques émises sur les outils actuels, les objectifs à atteindre seront les suivantes :

- Clarifier la stratégie et obtenir un consensus sur ses orientations.
- Diminuer les risques d'erreurs engendrées par des décisions d'investissement et de conception.
- Faciliter, aux cadres dirigeants la prise de décision en fournissant toutes les informations utiles, stratégiques, interne, et externe.
- Estimer et prévenir les performances du système sous certaines conditions en donnant des valeurs simulées de ces indicateurs.
- Estimer les performances financiers et non financiers des entreprise, et de les simuler a long terme.
- Générer artificiellement, les indicateurs de performances. Cette génération, bien qu'elle concerne un nombre utile, n'est pas aussi évidence car la plus part des valeurs ne suivent pas une équation bien définie, mais des lois aléatoires divers.

Pour atteindre ces objectifs, nous allons utiliser une approche itérative et incrémentale, donc on va élaborer le plan suivant :

- D'abord, on va définir un nombre réduite des indicateurs stratégiques et utiles pour l'évaluation des performances.
- Ensuite, étudier l'évolution de ces indicateurs et construire des formules pour les générer ; on va chercher des formules plus adaptées pour calculer ces indicateurs.

- Finalement, on essayera de proposer un modèle pour simuler l'évolution de ces indicateurs par une méthode de génération artificielle.

Un tableau de bord n'est pas instrument standard pour toutes les entreprises, chaque décideur a ses propres préoccupations, ses propres objectifs. Ceux-ci ne sont pas universels, l'information pertinente n'existe pas. Ceci va rendre impossible de faire un modèle complet, alors on va tenter à réaliser un exemple illustrant l'apport de la simulation dans ce domaine.

2.3. Description du système a modélisé

Le système à étudiée, est une entreprise économique (système de production) ; elle produit des biens en utilisant des matières premières, ensuite les vend dans différent points de ventes. notre étude nous a permis de diviser les axes a suivre dans cette entreprise pour évaluer la performance stratégique en quatre axes principaux : axe financier, axe client, axe processus interne, et axe apprentissage organisationnel.

Définitions des indicateurs :

La phase de construction des indicateurs est la phase la plus importante. Ainsi, le choix des indicateurs est déterminé en fonction des objectifs fixés pour chaque axe. La méthode BSC retenue pour la construction de l'outil propose de définir quatre catégories d'indicateurs, reliées entre elles par des relations de cause à effet : des indicateurs de résultat financier, des indicateurs de satisfaction des clients, des indicateurs liés aux processus internes, des indicateurs d'apprentissage. La représentation de ces indicateurs et de leurs liens constitue une « carte stratégique ».

- **Axe financier :**

Indicateur	Définition	Formule
Taux de croissance du chiffre d'affaire	Le chiffre d'affaires (ou CA) désigne le total des ventes de biens et de services d'une entreprise sur un exercice. Le Taux est le Pourcentage d'augmentation du chiffre d'affaires	**CA=**total des ventes*prix unitaire **TCA=**CA de l'année N /CA de l'année N-1
Cash Flow	Le Cash Flow est la différence des encaissements (recettes) et des décaissements (dépenses) générés par l'activité d'une organisation.	**Cash Flow=** (recettes)-(dépenses)
Résultat net	Le résultat net est déterminé sur une période donnée (sur un exercice). Il est égal à la différence constatée sur cette période entre d'une part, les produits et, d'autre part, les charges auxquelles s'ajoutent l'impôt sur les sociétés.	**RN=**RB-impôts **RB**=CA-charges **Impôts**=taux d'imposition*RB
Coût -achat	Les coûts d'achat représentent tous ce qu'a coûté l'acquisition de marchandise et les matières achetées jusqu'au moment de leurs mise en stock.	**Cout-achat=**montant des achats / chiffre d'affaires

Tableau 7: Les indicateurs de l'axe financier

- **Axe client :**

Indicateur	Définition	Formule
Taux de service client	Nombre de commandes pour lesquelles toutes les lignes sont délivrées dans les délais	/
Nombre de réclamations clientèle	C'est le nombre de réclamations des utilisateurs sur les produits achat.	/
Indice de satisfaction client	Il s'agit de mesurer périodiquement la satisfaction du client par rapport aux besoins et attentes qu'il a exprimées préalablement.	**C**= nombre des clients satisfait / nombre des clients total

Tableau 8: Les indicateurs de l'axe client

- **Axe processus interne :**

Indicateur	Définition	Formule
Délais moyen de traitement d'une commande	La durée moyenne nécessaire pour le traitement d'une commande client.	/
Taux de qualité	Pourcentage de produit non-conforme au contrôle final	**Tq=**production réalisée – produits défectueux/ production réalisée
Productivité	C'est la quantité de produits fabriqués par rapport au temps globale passé	**Productivité** = production/NB heur passé

Tableau 9: Les indicateurs de l'axe processus interne

- **Axe apprentissage organisationnel :**

Indicateur	Définition	Formule
chiffre d'affaire par salarié	C'est le chiffre d'affaire obtenu par rapport au nombre de salariés (employées)	**I**= CA / Nombre des employés
Frais de formation par rapport au chiffre d'affaire	Frais de formation par rapport au chiffre d'affaire	**J**= frais de formation / CA
le taux d'absentéisme	Nombre d'heures d'absences pendant une période déterminée par rapport au nombre d'heures théoriques de travail pendant la même période.	**Taux d'absentéisme** = total des heures d'absence/ total des heures de travail prévues
Taux de rotation du personnel	Mouvement d'entrées et de sortie du personnel	**Taux de rotation** =taux d'entrée + taux de sortie/2

Tableau 10: Les indicateurs de l'axe apprentissage organisationnel

Identification des acteurs :

Un acteur représente l'abstraction d'un rôle joué par des entités externes (utilisateurs, dispositif matériel ou autre système) qui interagissent directement avec le système étudié. Les individus qui interviennent directement ou indirectement dans le processus décisionnel sont :

- **Les décideurs :** Ils représentent en général des personnes qui se situent au sommet de la hiérarchie de l'entreprise, en d'autres termes, ceux qui engagent l'entreprise sur le long terme. Nous citons comme exemple : le président directeur général, le vice président, etc.
- **Les planificateurs :** Ils s'inscrivent dans le flux de décisions planifié. Ils construisent des plans en utilisant des outils quantitatifs pour mesurer le degré d'atteinte des objectifs.

- **Les analystes :** Ce sont en général des experts et des spécialistes qui se trouvent dans différentes fonctions de l'entreprise. Ils se chargent de l'établissement des études et des analyses.
- **Les managers :** Ils se trouvent à des niveaux intermédiaires, et sont proches de l'environnement. Nous citons comme exemple : le chef de production, le directeur des ventes, etc.

Notre application sera destinée essentiellement aux décideurs de petites et moyennes entreprises de production. Rappelons aussi qui' il n'ya pas de tableaux de bord généralisés ou standards, ce qui veut dire que ceci va être un simple exemple pour montrer la capacité de la simulation dans ce domaine.

3. Modélisation et implémentation

Cette phase comprend la modélisation logico-mathématique en utilisant des outils graphique de simulation, et la programmation proprement dite. Nous allons construire un programme facilement modifiable et ainsi distinguer clairement les composants du système .dans sa première itération, cette étape ce termine par une validation qui consiste à comparer le comportement du modèle avec celui du système réel qu'il censé de représenter.

L'outil de simulation qu'on va utiliser est ARENA, une version graphique de SIMAN, cet outil permet de créer facilement le modèle en plaçant des blocs appelés modules qui permet, de définir le modèle, de changer leurs propriétés, et de lier entre eux pour définir le cheminement des entités dans le système.

3.1. Entrées/sorties du système

Notre modèle de simulation futur fonctionne comme suit : le modèle génère les valeurs des indicateurs clés de performance suivant des lois de génération de nombre aléatoire divers. Ces valeurs sont basées sur des données fournies par l'utilisateur au préalable. L'opération de génération sera reproduire après chaque intervalle de temps bien déterminé, donc on aura des résultats pour toute période qui vienne.

Pour chacune des expressions ou valeurs calculées, on a trois sources possibles :

- Soit une valeur donnée par l'utilisateur, comme les prévissions.
- Soit une valeur générée de façon aléatoire selon une loi quelconque.
- Soit une valeur calculée en appliquant une expression dont les opérandes sont soit entrée directement ou générées artificiellement.

Tous les messages (système<----> acteurs) peuvent être représentés de façon synthétique sur un diagramme UML, que l'on peut qualifier de diagramme de contexte dynamique. On utilise un diagramme de collaboration de la façon suivante :

- ✓ Le système futur (**MSEP**) est représenté par un objet central.
- ✓ Cet objet central est entouré par d'autres objets symbolisant les différents acteurs.
- ✓ Des liens relient le système à chacun des acteurs.
- ✓ On montre sur chaque lien les messages d'entrés et de sorties du système.

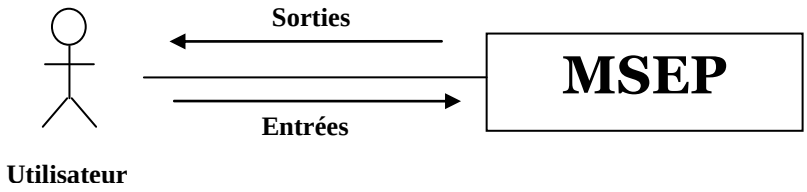


Figure 20 : Diagramme de contexte dynamique du système MSEP

- **Les entrées :**
  - Les prévisions : ces valeurs sont utilisées pour le but de comparaison, afin d'évaluer les résultats obtenus avec ceux estimés ou voulus, comme ceci nous pourrions évaluer les décisions prises :

- ✓ Chiffre d'affaire prévu
- ✓ Résultat Net prévu
- ✓ Cout d'achat prévu
- ✓ Délais moyen de traitement d'une commande prévu
- ✓ Nombre de réclamations clientèle estimé
- ✓ Indice de satisfaction client estimé
- ✓ Service client prévu
- ✓ Taux de qualité estimé
- ✓ Productivité prévu
- ✓ Chiffre d'affaire par salarié estimé
- ✓ Frais de formation par rapport au chiffre d'affaire estimés
- ✓ Le taux d'absentéisme estimé
- ✓ Taux de rotation du personnel estimé

- Paramètres générales : ces valeurs sont nécessaires préalablement pour effectuer la simulation :

✓ Le prix unitaire de vente du produit
✓ Le taux d'imposition
✓ Nombre d'employées
✓ La durée de simulation

- **Les sorties :**

Sont des valeurs générées artificiellement en cour de la simulation :

✓ Chiffre d'affaire
✓ Résultat Net
✓ Cout d'achat
✓ Délais moyen de traitement d'une commande
✓ Nombre de réclamations clientèle
✓ Indice de satisfaction client
✓ Service client
✓ Taux de qualité
✓ Productivité
✓ Chiffre d'affaire par salarié
✓ Frais de formation par rapport au chiffre d'affaire
✓ Le taux d'absentéisme
✓ Taux de rotation du personnel

3.2. Méthodes de génération des valeurs

Sachant qu'il est impossible - quelque soit la puissance des ordinateurs - de simuler toutes les déviations possibles d'un système, l'outil statistique est une alternative pour prendre en compte, étudier et maîtriser les conséquences des variations aléatoires des systèmes. Dans un système de production, de nombreux phénomènes ont un caractère aléatoire, par exemple :

✓ La durée opératoire d'une opération manuelle,
✓ La durée de vie d'un outil,
✓ L'absentéisme des opérateurs,
✓ La période d'arrivée des ordres de fabrication déclenchant une production.

Un premier tour d'horizon des besoins exprimés par les cadres dirigeants de quelques PME/PMI algériennes, et sur la base de quelques échantillons de données qu'on va présenter

plus tard permet d'établir des formules, et des méthodes pour la génération des valeur des indicateurs choisies :

- La production : elle est dépend de quelques facteurs dont le plus important est la quantité théorique fabriquée par la machine, cette dernière généralement n'est pas atteinte réellement, ceci est due a plusieurs facteurs, comme le taux de panne des machines etc. On utilise la loi de distribution triangulaire pour la génération de ce nombre :

  Production = TRIA (A,B,C)

  On utilise cette loi lorsqu'on dispose d'une estimation du minimum, du maximum et de la valeur la plus probable. L'interprétation de cette formule sera : produire une valeur aléatoire entre A et C mais qui est pour la majorité des cas aux alentours de B.
- La production vendue : cette valeur dépend essentiellement du nombre des clients, mais un client peut acheter des quantités différents des produits, ceci dépend généralement de type et qualité du produit. Dans notre modèle on utilise la loi triangulaire pour générer cette valeur.

  Production vendue = TRIA (A,B,C)

- Les Achats: les achats représentent tous ce qu'a coûté l'acquisition de marchandise et les matières achetées jusqu'au moment de leurs mise en stock. Ils peuvent inclure aussi les achats d'études et de prestation de services. On utilise la loi de distribution triangulaire pour la génération de ce nombre :

  Achat = TRIA (A,B,C)

- Les charges : Une charge en comptabilité crée une diminution du résultat de l'entreprise, nous distinguons :

✓ Charges de personnel : Les charges de personnel constituent généralement un élément important et significatif des charges de l'entreprise. Elles sont constituées de l'ensemble des rémunérations, et des charges sociales et fiscales liées à ces rémunérations. On utilise la loi de distribution triangulaire pour la génération de ce nombre :

  Charges de personnel = UNIF (Min , Max)

  La loi uniforme représente des évènements équiprobables, elle est utilisée lorsque l'on a aucune information exceptée la connaissance du domaine [Min, Max].

✓ Charges variées : il vous faudra prendre en compte les charges variables, c'est-à-dire le montant des dépenses découlant automatiquement du niveau des ventes, par exemple les matières premières, les transports ou les commissions.

  Charges variées = TRIA (A,B,C)

- Les clients : le nombre de client est un facteur important pour chaque entreprise car, quelque soit son domaine ou champ d'activité, elle tente toujours à l'augmenter (a ne dépasser pas ses capacité bien entendu). le nombre de clients réellement dépend de plusieurs facteurs dont la qualité de produits vendus, l'emballage, la publicité, l'endroit de l'entreprise et bien plusieurs d'autres…

  Le nombre de clients ne suit pas une formule simple, on utilise la loi du poisson le générer (on pourrai avoir plein de clients pour une journée comme on pourrai n'avoir aucun).

  Nclients = POIS(Mean)

  Pour le nombre de réclamations clientèle on utilise La loi uniforme :

  NRC = UNIF (Min , Max)

- Les commandes : le nombre de commandes réellement dépend de plusieurs facteurs dont le nombre des clients de l'entreprise, la demande sur le marché… On utilise la loi de distribution triangulaire pour la génération de ce nombre :

  NBC = TRIA (A,B,C)

- Frais de formation : les frais de formation dépends de la stratégie et de la politique de l'entreprise, pour générer ce nombre on utilise la loi triangulaire :

  Frais de formation = TRIA (A,B,C)

- L'absentéisme : le nombre d'absents chaque jour est difficile a générer car il ne suit pas une formule bien définie, on le génère par la loi triangulaire :

  Nombre d'absents = TRIA (A,B,C)

3.3. Construction du modèle avec ARENA

L'outil de simulation qu'on va utiliser est ARENA, une version graphique de SIMAN, ce logiciel permet de créer facilement le modèle en plaçant des blocks appelés modules qui définissent les éléments du modèle, et permet de changer quelques unes de leurs propriétés et de lier entre eux pour définir le cheminement des entités dans le modèle.

Un modèle ARENA se fait en 3 parties : une partie logique obligatoire et des parties animation et *Visual Basic* facultatives mais qui facilitent grandement son utilisation et sa compréhension. On présentera rapidement les 2 dernières, puis de manière plus détaillée celle concernant la construction du modèle logique.

Animation du modèle :

ARENA 3D PLAYER fournit aux utilisateurs d'ARENA un outil puissant et familier pour créer et visualiser les animations 3D de leurs modèles ARENA (le module ne sera pas utilisé dans notre cas puisqu'il n'est pas disponible).

Interface graphique en Visual Basic :

On a donc créé une interface en Visual Basic afin de faciliter le paramétrage du modèle. Le principe étant que l'utilisateur saisisse les paramètres du modèle, et que ces paramètres soient directement transmis au modèle logique. Lors du lancement de la simulation, la fenêtre suivante apparaît :

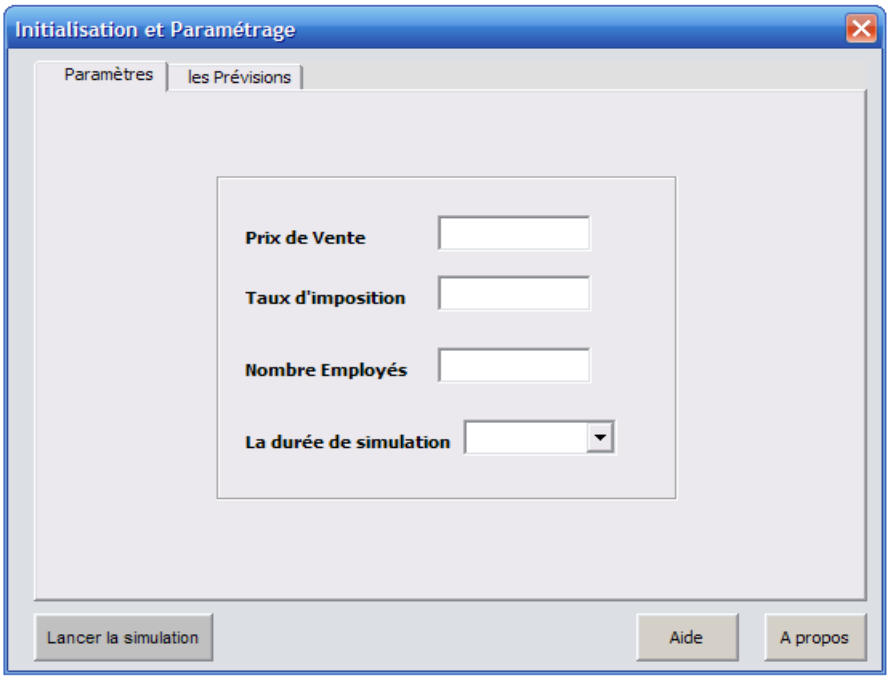


Figure 21 : Interface graphique pour la saisie des paramètres

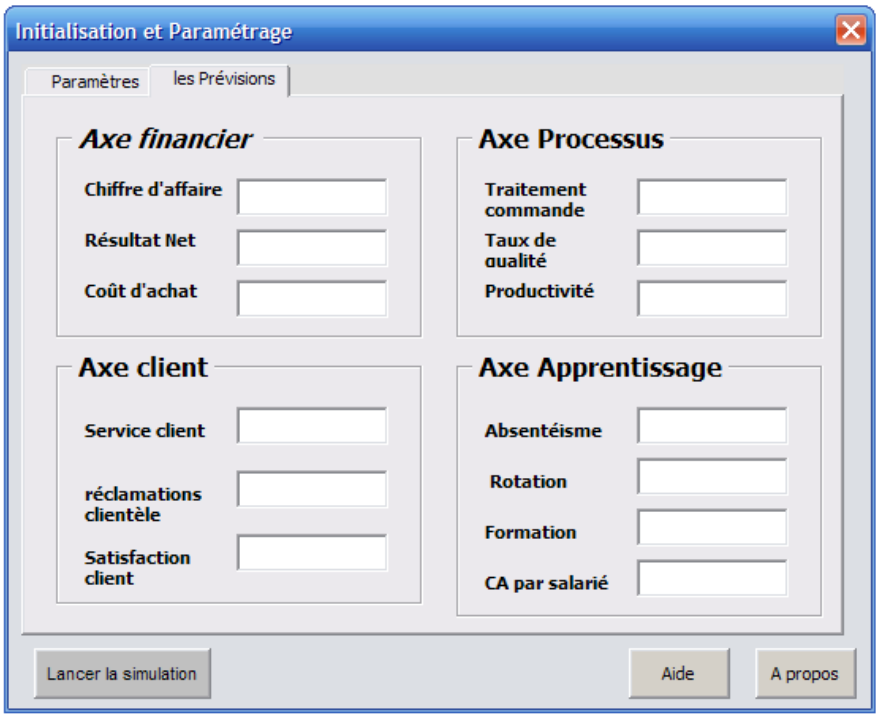


Figure 22: Interface graphique pour la saisie des Prévisions

Le modèle logique :

Un modèle ARENA se présente sous la forme d'un ensemble d'objets ou icônes graphiques. Chacune de ces icônes correspond à une fonctionnalité précise (avec des options) du système réel. La représentation graphique ainsi obtenue peut être lue et comprise même par un non spécialiste.

La construction d'une simulation se fait au travers de 2 structures de données :

- ✓ le modèle, description des composantes statiques et dynamiques du système,
- ✓ l'instance, spécification des conditions expérimentales et paramètres propres à une expérimentation.

L'algorithme de déroulement d'une simulation est standard pour toutes les études quelque soit leurs objectifs. Il commence généralement, par l'introduction des données d'entrée, puis la génération d'un ensemble des évènements pendant toute la durée de simulation, tout en enregistrant les résultats obtenus pour l'analyser pendant la dernière étape.

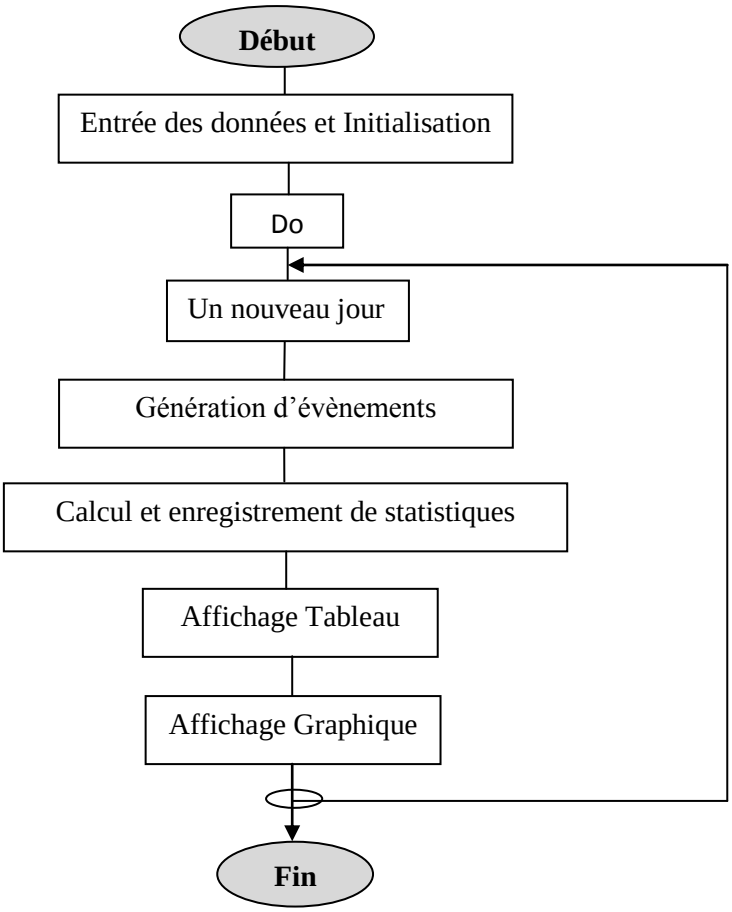


Figure 23 : Organigramme du fonctionnement des modules de modèle

Afin de créer notre modèle de simulation on a utilisé principalement les modules suivants : Create, Process, Decide, et dispose. Chaque module utilisé pour décrire le système possède sa propre interface, permettant à l'utilisateur de définir ou de modifier simplement le comportement du modèle.

Le modèle a été construit en utilisant la version 9.0 d'ARENA. Il a été décomposé en plusieurs structures pour faciliter la compréhension, la vérification et la validation du modèle globale :

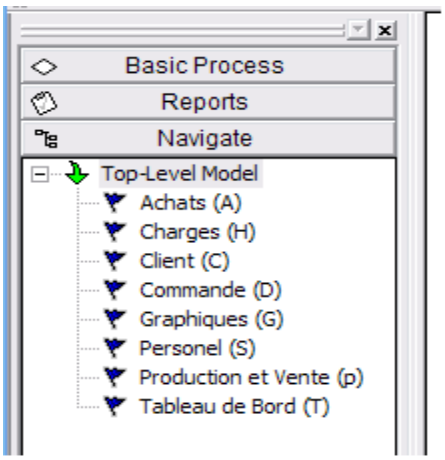


Figure 24: les différentes vues des structures de modèle

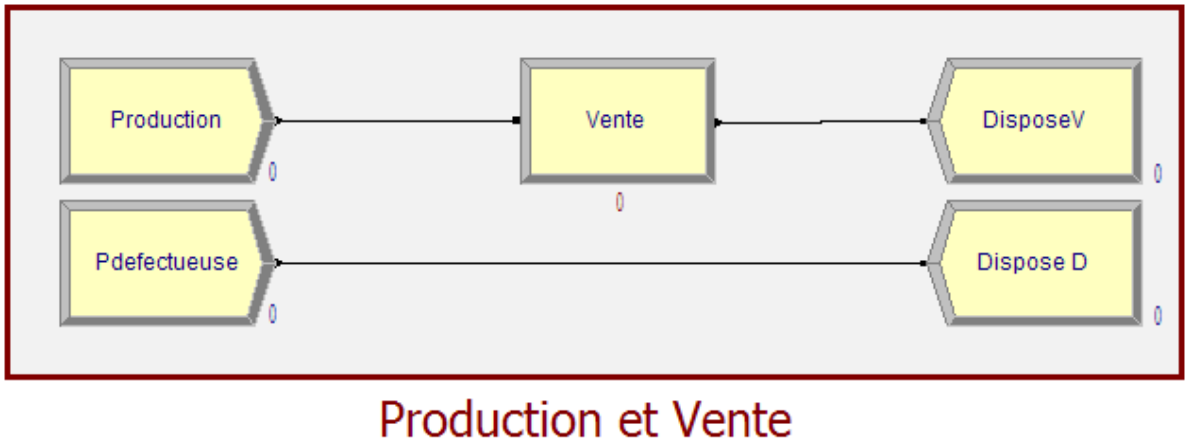


Figure 25: les modules de génération des valeurs des variables (Production et Vente)

Figure 26: les modules de génération des valeurs des variables (Achats)

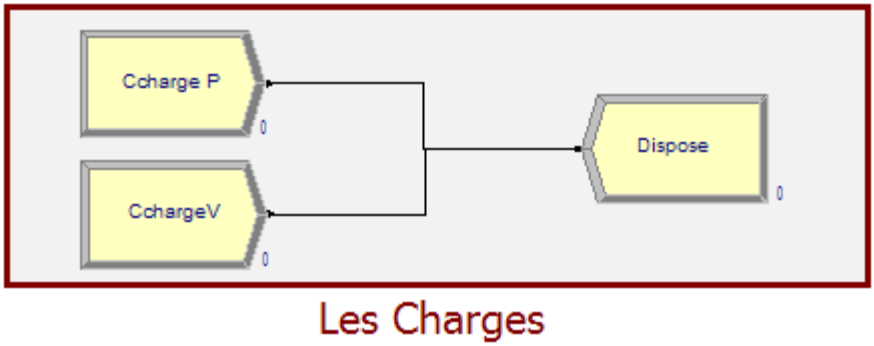


Figure 27: les modules de génération des valeurs des variables (Charges)

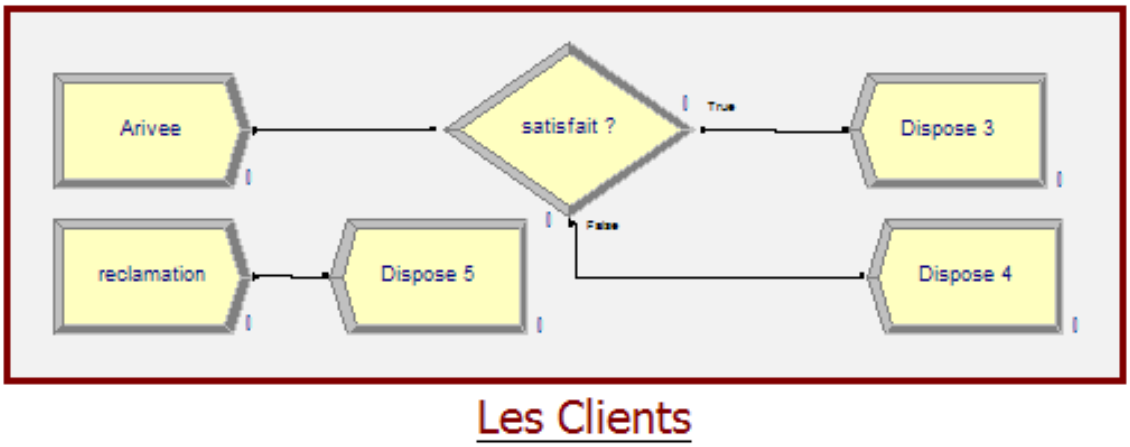


Figure 28: les modules de génération des valeurs des variables (Clients)

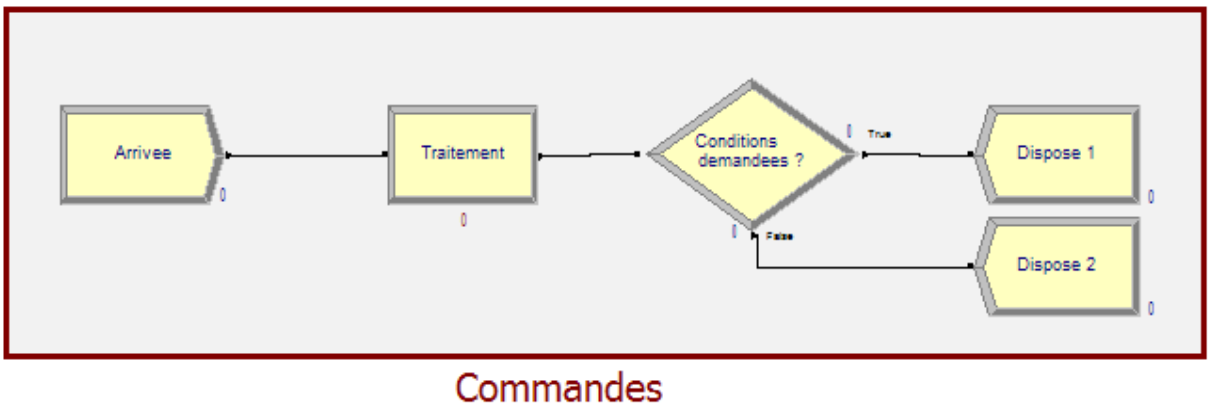


Figure 29: les modules de génération des valeurs des variables (Commandes)

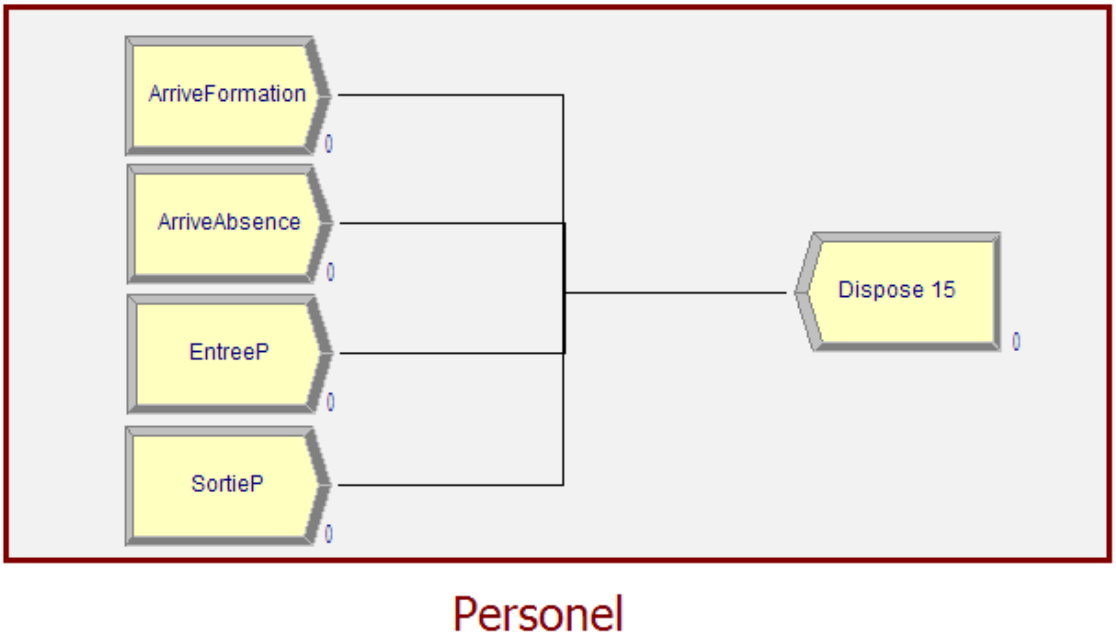


Figure 30: les modules de génération des valeurs des variables (Personnel)

Notre modèle comporte plusieurs éléments qui sont logiquement et schématiquement séparés : les indicateurs du tableau de bord, bien qu'ils concernent la même entreprise, n'entrent jamais tous dans la même équation ou formule, alors ceci implique que les modules de génération de ces valeurs ne soient pas liés entre eux.

Heur : 12:00:00 Date : 29-01-2012

	Indicateur	Réel	Prévus	Ecart
Axe Financier	Chiffre d'affaire	0	0	0.00
	Résultat Net	0	0	0
	Coût d'achat	0.000	0.000	0.000
Axe client	Service Client	0	0	0
	Réclamations clientèle	0	0	0
	Satisfaction client	0.00	0.00	0
Processus	Traitement commande	0	0	0
	Taux de qualité	0.00	0.00	0.00
	Productivité	0.00	0.00	0.00
Apprentissage	CA par salarié	0	0	0
	Formation	0	0	0
	Absentéisme	0	0	0
	Rotation	0.000	0.000	0.000

Figure 31: le Tableau dans son état final

Dans notre modèle, nous n'avons pas besoin des routes visuelles car, les entités une fois crées, vont être détruite après la génération des valeurs et leurs cheminement Visual n'a aucune utilité.

4. Exploitation du modèle

Une fois le modèle est validé, il peut servir à l'évaluation du comportement dynamique du système. Cette phase nécessite une définition précise de la compagne d'exploitation (quelles hypothèses veut-on vérifier, dans quel contexte), la production de mesure par simulation proprement dite, la mise en forme et la comparaison des résultats obtenus aux objectif poursuivis s'il n'ont pas été atteints, de nouveaux scénarios serons proposés et testés jusqu'à satisfaction, cette simulation est faite en temps réel :c'est-à-dire que le décideur, en utilisant ce modèle de simulation, peut voir les changements des valeurs des variables qui se produisent au cour de temps, cette option est très importante car elle donne plus de dynamique au modèle et aide le décideur a voir le modèle étant très proche du système réel qui est l'entreprise elle-même .

L'exécution se fait en lançant la simulation. La fenêtre de saisie aide l'utilisateur à introduire les valeurs utilisables au départ par le modèle afin de régler les valeurs initiales des variables. Elle permet également de saisir les valeurs estimées ou désirées par les décideurs. Ces valeurs sont utilisées par le modèle pour calculer les écarts afin de comparer les valeurs générer (qui représentent le futur virtuel de l'entreprise) avec les valeurs objectives.

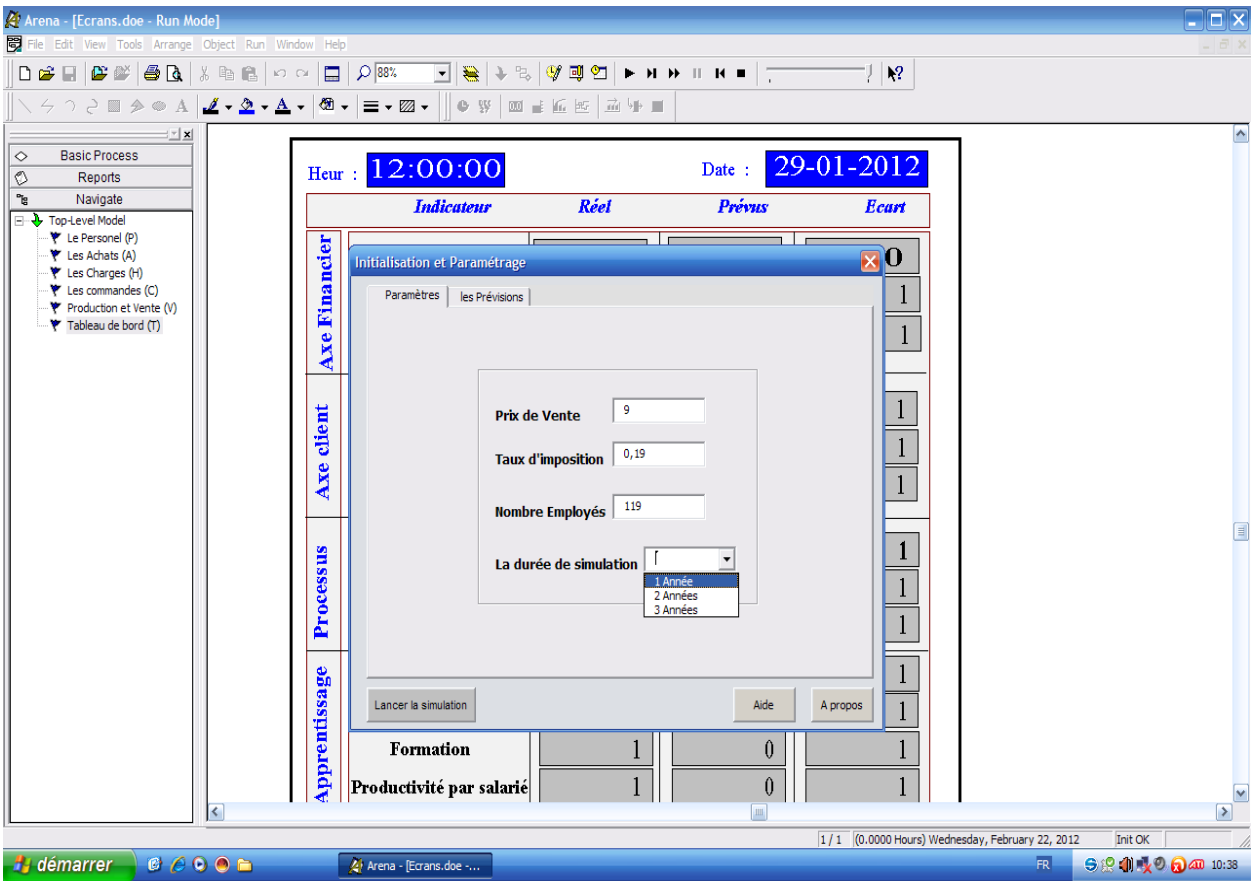


Figure 32: Interface de saisie des valeurs initiales

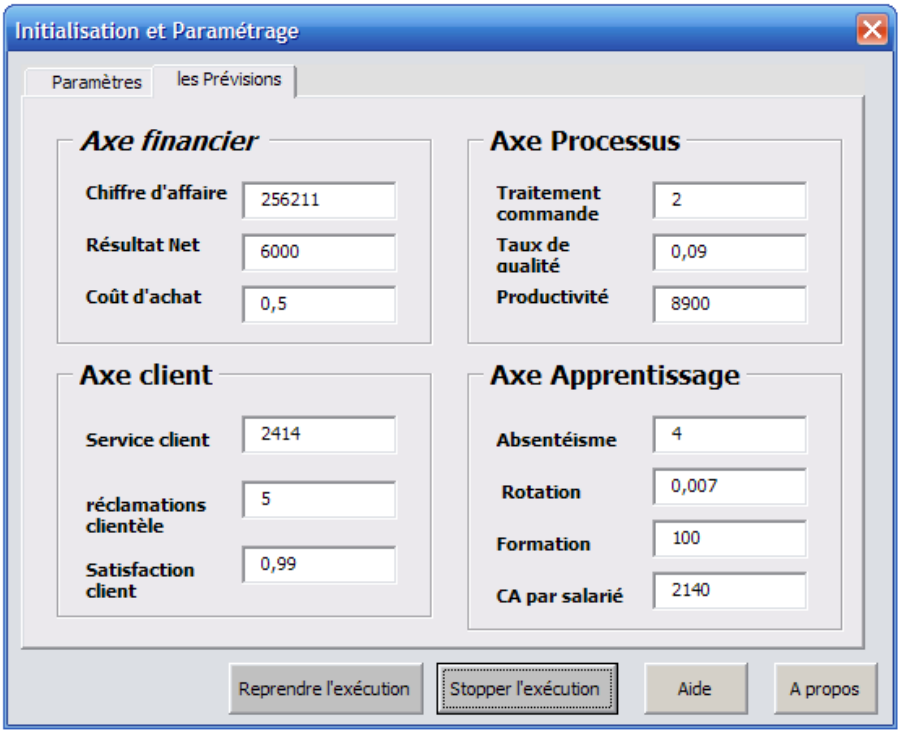
Apres la saisie des valeurs nécessaires, on lance la simulation.

Heur : 02:45:01 Date : 15-02-2012

	Indicateur	Réel	Prévus	Ecart
Axe Financier	Chiffre d'affaire	14098	256211	242112.86
	Résultat Net	243	6000	5757
	Coût d'achat	0.590	0.500	-0.09
Axe client	Service Client	98	2414	2316
	Réclamations clientèle	1	5	4
	Satisfaction client	0.97	0.99	0
Processus	Traitement commande	2	2	-0
	Taux de qualité	1.00	0.09	-0.9
	Productivité	423.20	8900.00	8476.80
Apprentissage	CA par salarié	128	2140	2012
	Formation	6	100	94
	Absentéisme	0	4	4
	Rotation	0.009	0.007	-0.00

Figure 33: Interface de génération des valeurs en tems réel

On peut voir les changements en temps réel des valeurs dans le tableau de bord ou serrent affichés les résultats et les écarts aussi.



L'utilisateur peut, à tout moment de suspendre l'exécution pour voir attentivement les résultats, et peut reprendre l'exécution ou l'arrêter pour essayer un autre scenario.

ARENA offre des possibilités de présentations graphiques des variables et valeurs exploitées par le modèle, ce qui nous a permis de rendre notre modèle un moyen puissant de reporting et d'évaluation. Cette représentation peut se faire selon plusieurs formes. A l'aide de la palette d'animation, on a ajouté les éléments nécessaires pour visualiser les valeurs graphiquement.

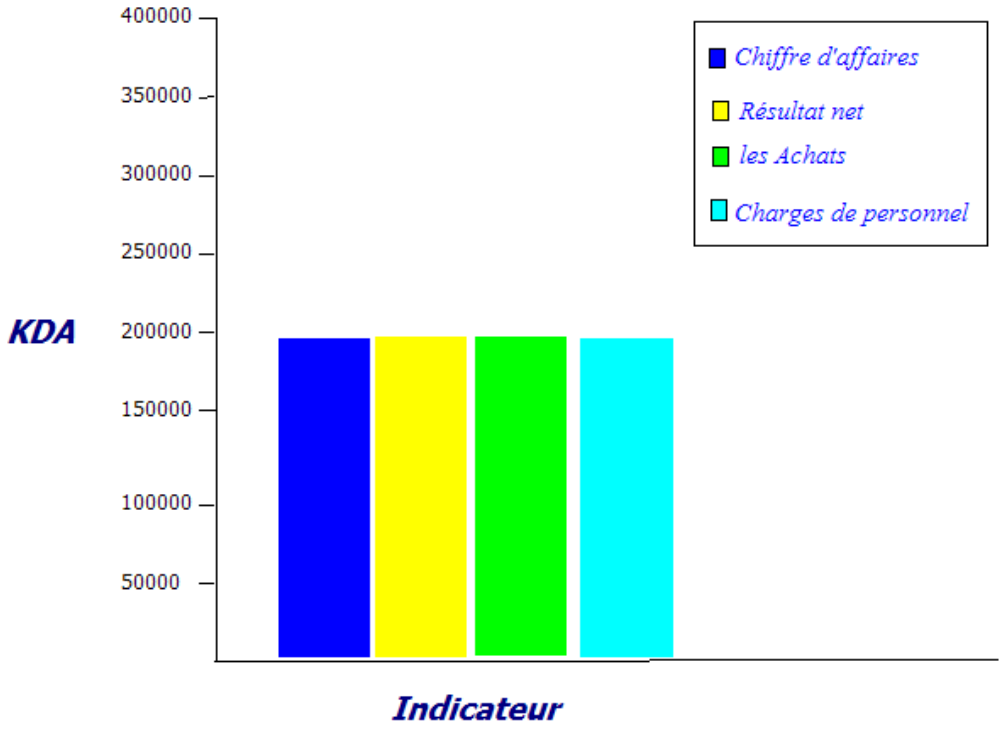


Figure 34: Indicateurs représentés sous formes

Cette étape doit comporter une phase de validation par le client, pour ceci e nous conduisons une série d'expérimentation dans le but de valider le modèle proposé.

5. Conclusion

Concevoir un outil logiciel destiné au pilotage stratégique, c'est mettre en confrontation deux univers cognitifs distincts ; l'univers de la recherche sur l'évaluation de performance multicritère et l'univers de simulation, et déterminer par conséquent ce que le second peut apporter au premier.

Au cours de ce chapitre, on a suivi une démarche méthodologique pour la réalisation d'un système de mesure de performance prédictif à l'aide des possibilités offertes par l'outil de simulation ARENA. Notre travail est suffisamment parfait pour montrer les avantages qu'apporte la simulation dans la mesure de performance et la prédiction de l'avenir de l'entreprise.

Dans le chapitre suivant, nous conduirons une série d'expérimentation dans le but de valider le modèle conceptuel proposé dans cette étape.

CHAPITRE 5 :

EXPERIMENTATION

1. Introduction

Conventionnellement la partie expérimentale est placée à la suite des parties consacrées à la modélisation et à la création de prototype (dans le but de valider ces dernières, d'en évaluer la pertinence et la performance, et de comparer une proposition nouvelle à des propositions antérieures qu'elle est censée améliorer).

L'objectif de ce chapitre consiste à s'assurer que le modèle conceptuel proposé est une représentation fidèle du système réel. Il s'agit en fait de savoir si le modèle peut être substitué au système réel pour le but de l'expérimentation.

En premier lieu, nous choisissons des entreprises cibles en utilisant certain nombre de critères. Dans un second lieu, nous conduisons une série d'expérimentation au niveau des entreprises retenus. Dans un dernier temps, nous validerons le modèle conceptuel proposé.

2. Choix des entreprises

L'expérimentation a été centrée dans le cadre de ce projet sur les entreprises à caractères économique et industriel en visant plus particulièrement les PME/PMI algériennes. Il n'existe pas une définition unitaire de la PME. La définition change d'un pays à un autre, elle dépend de la situation économique du pays. En Algérie, la PME est définie à travers les articles 4, 5, 6 et 7 de la loi n° 01-18 du 12/12/2001 ; loi d'orientation sur la promotion de la petite et moyenne entreprise (P.M.E). L'article 4 stipule ce qui suit [MIPMEA, 2010]:

La PME est définie, quel que soit son statut juridique, comme étant une entreprise :

- de production de biens et/ou de services.

-Employant 1 à 250 personnes.

-Dont le chiffre d'affaires annuel n'excède pas 2 milliards de Dinars ou dont le total du bilan n'excède pas 500 millions de Dinars.

- qui respecte les critères d'indépendance.

Au cours de cette recherche sur le choix des entreprises, nous avons été amenés à définir un certain nombre de critères.

2.1. Critères de comparaison

Plusieurs critères principaux sont à utiliser pour la comparaison. Pour cela, nous avions dressé une liste qui nous semblaient pertinentes au regard de notre connaissance de la situation à supporter :

La taille :

La taille est définie à partir du nombre d'employés, du bilan ou du chiffre d'affaires, généralement on trouve :

- La PME emploie au maximum 250 personnes, son chiffre d'affaires annuel n'excède pas 2 milliards de DA ou le total de son bilan n'excède pas 500 millions de DA.
- La petite entreprise occupe au plus 50 salariés. Son chiffre d'affaires annuel Moins de 200 millions de DA ou le total du bilan annuel ne dépassent pas 100 millions de DA.
- la micro-entreprise emploie 10 personnes au maximum et son chiffre d'affaires Moins de 20 millions de DA ou le total du bilan annuel n'excède pas 10 millions de DA

Le statut juridique:

- les entreprises privées : (entreprises individuelles, entreprises unipersonnelles à responsabilité limitée, sociétés en nom collectif, sociétés à responsabilité limitée, sociétés anonymes). caractérisé par la propriété privée des moyens de production et la recherche du profit
- les entreprises publiques *:* Une entreprise publique est une entreprise sur laquelle l'État peut exercer directement ou indirectement une influence dominante du fait de la propriété ou de la participation financière, en disposant soit de la majorité du capital, soit de la majorité des voix attachées aux parts émises.

Espace de fonctionnement et espace du marché :

L'espace de fonctionnement est l'ensemble des localisations où l'entreprise puise ses ressources matérielles, financières, humaines et informationnelles,… qui interviennent dans le processus de production de l'entreprise, ainsi que dans son processus de coordination. L'espace de marché est l'ensemble des marchés visés par l'entreprise pour écouler sa production. On distingue ainsi :

- Les PME locales : Une PME est dite locale, lorsqu'elle intègre dans son cycle d'exploitation, des ressources locales pour répondre aux besoins des clients du marché local. Par conséquent, le mode de management de ce type de PME est spécifique.
- Les PME internationales : Une PME est dite internationale, lorsqu'elle a un espace de marché international et un espace de fonctionnement local. Les PME internationales peuvent être différenciées par le degré d'internationalisation du marché à l'aide de plusieurs critères : taux d'export, taux d'import.

- Les PME globales : Une PME est dite globale lorsque son espace de fonctionnement est mondial, ainsi que son espace de marché, La PME globale ressemble beaucoup à une grande entreprise. Elle intègre de nouvelles pratiques identiques à celles des grandes entreprises.

Mode de management :

Les PME peuvent ainsi être classées selon le critère du mode de management où elles sont classées en deux catégories :

- Les PME traditionnelles : ce sont des PME qui fonctionnent selon un mode de management intuitif.
- Les PME managériales : ce sont les PME qui utilisent un mode de management formalisé et élaboré.

2.2. Collectes des données sur les entreprises retenues

Après avoir analysé et comparé plusieurs entreprise, notre choix pour la proposition d'une implémentation et de conduire une série d'expérimentation s'est porté sur deux entreprises dénommées: « EPE JLE SPA », et « AFRICAVER ».

Ce choix est motivé d'une part, les cadres dirigeants de ces entreprises ne disposent pas d'un logiciel d'aide à la décision, et dont leur objectif est la réalisation d'un système pour suivre et contrôler le fonctionnement de leurs entreprises, ainsi les indicateurs de pilotages des entreprises de production sont identiques, et les lois de génération des valeurs sont similaires aussi.

Les graphiques permettent de représenter les données de manière synthétique, il existe plusieurs types de graphiques dont l'utilisation dépend des données sources et de l'objectif de l'analyse. Les histogrammes permettent d'étudier simultanément l'évolution des variables par rapport à une autre, et de comparer les variables étudiées entre elles :

Entreprise « EPE JLE SPA » :

L'Enterprise Publique Economique, Société Par Action, Jijel Liège Etanchéité dénommée « EPE JLE SPA » est une Entreprise de production et de commercialisation de liège et de bande d'étanchéités.

Les productions réalisées par « EPE JLE SPA » pendent 10 Ans sont données par les figures suivantes :

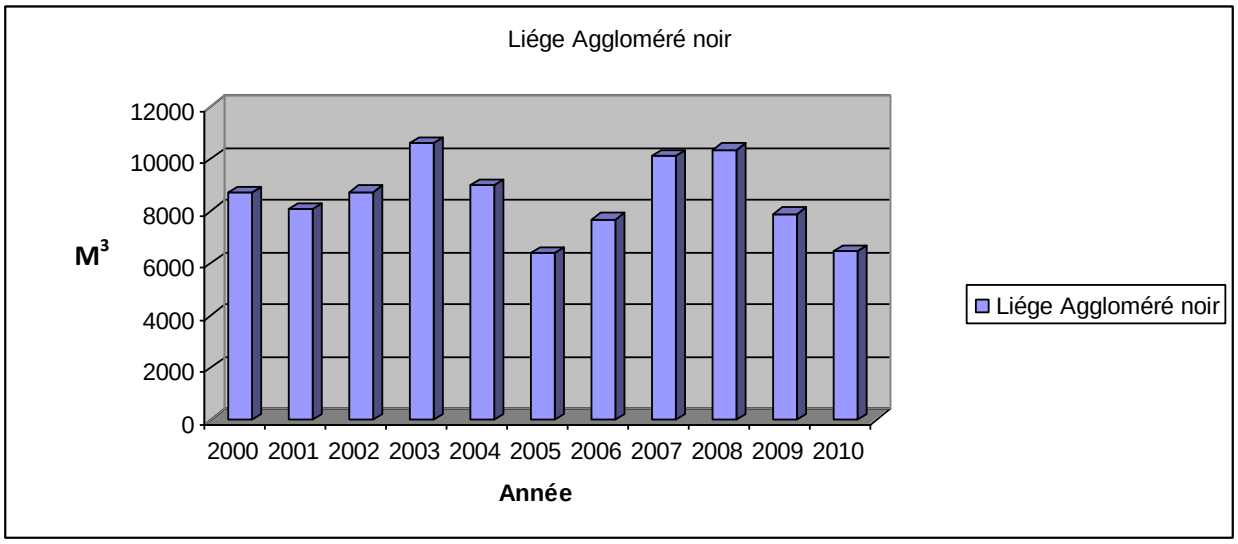


Figure 35 : la production physique de l'exercice 2000 a 2010 (Liège)

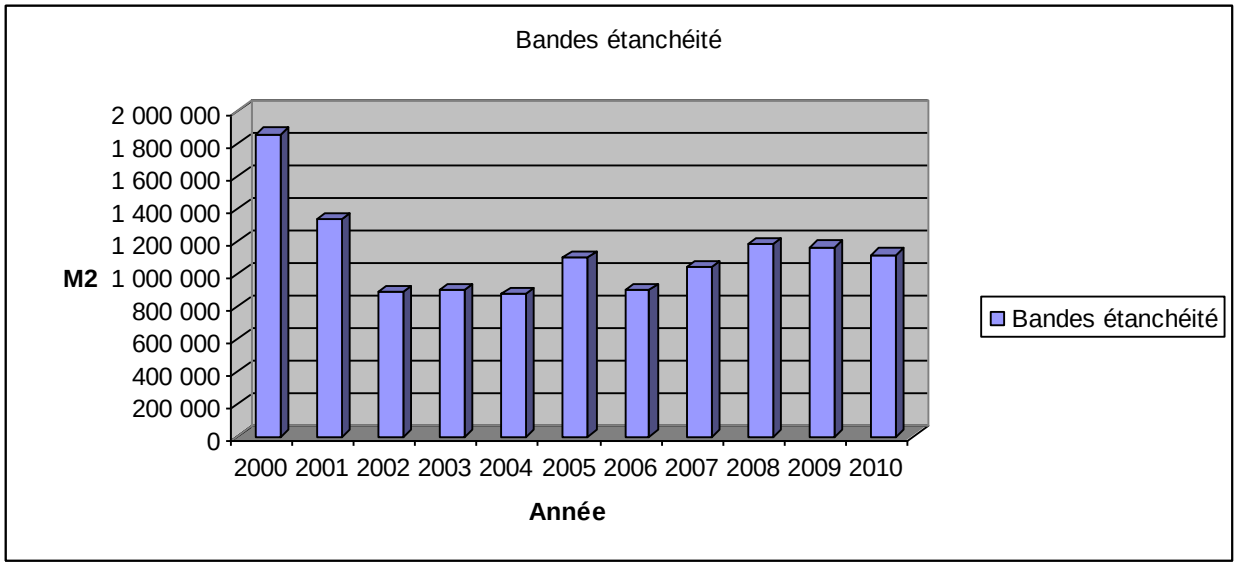


Figure 36 : la production physique de l'exercice 2000 a 2010 (Etanchéité)

La figure suivant présente le Chiffre d'affaire, le Résultat Net, et les charges de personnel de l'entreprise pendant les 10 ans précédents :

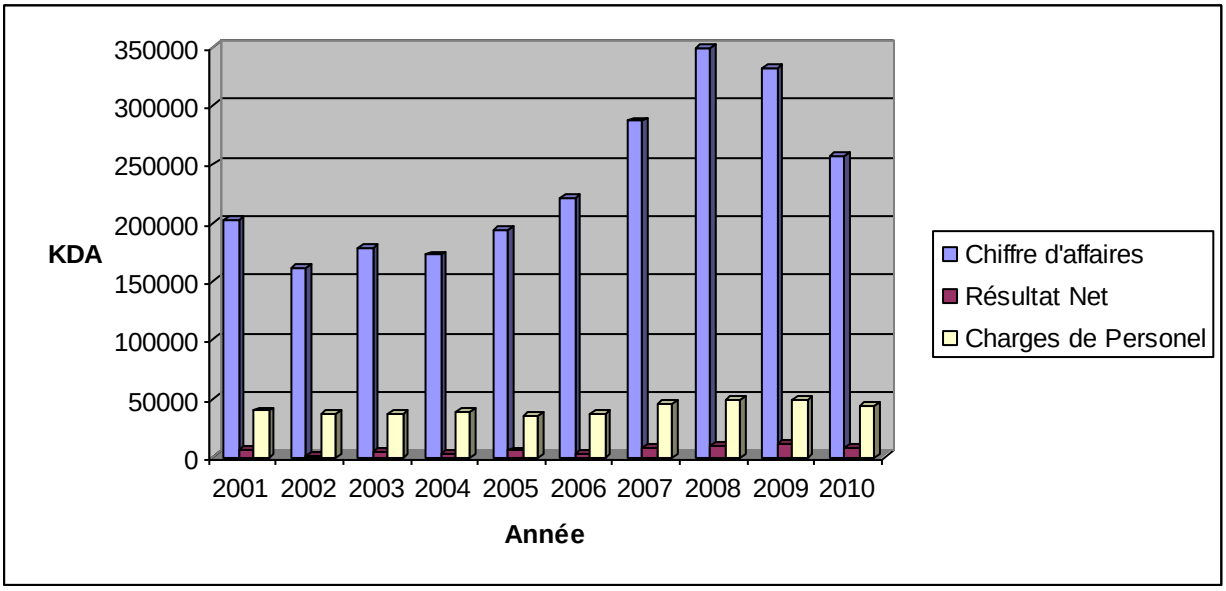


Figure 37 : Chiffre d'affaire, Résultat Net, et charges de 2001 à 2010

La figure suivant présente les Achats et différents charges de l'entreprise pendant l'année 2010:

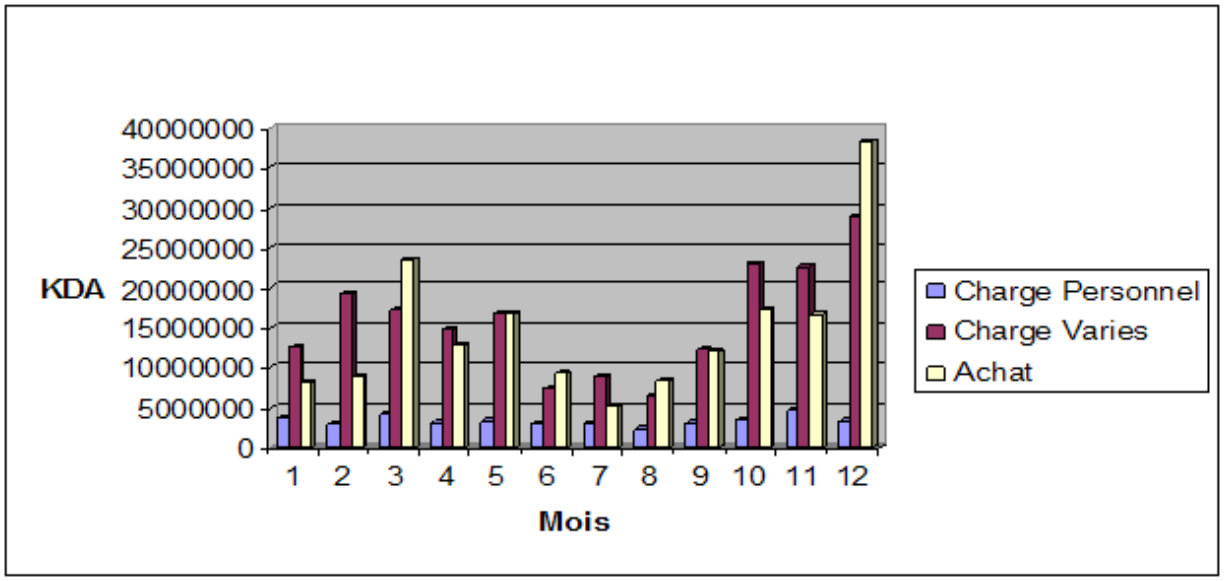


Figure 38 : les Achats, les charges de personnel, et les charges variées de l'année 2010

La figure suivante montre le nombre total de commandes et le nombre de commendes livrées dans les conditions demandées pendant les 7 ans précédents :

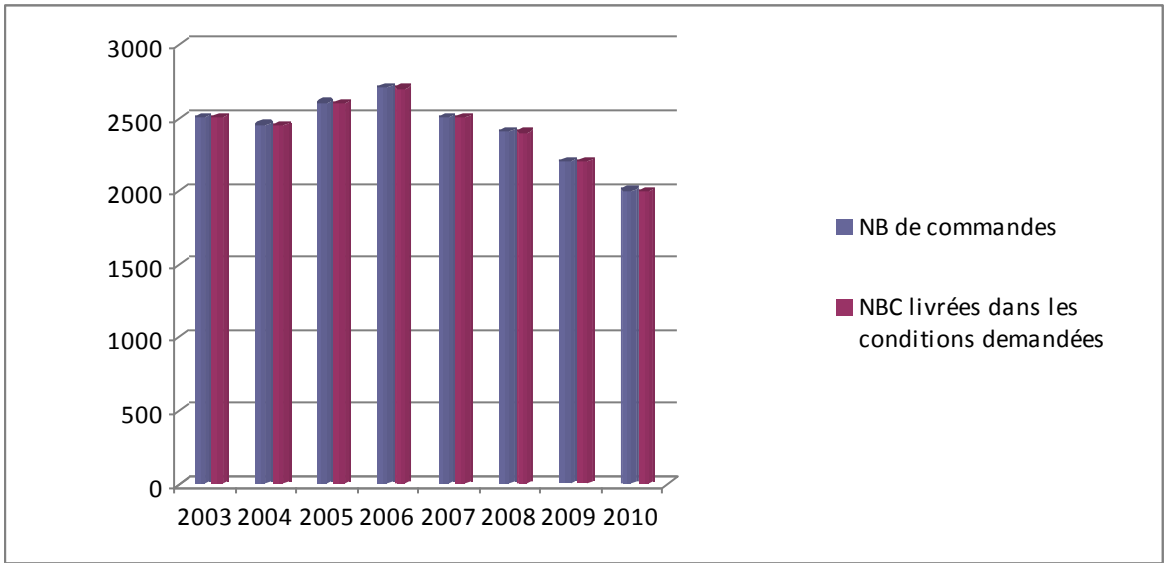


Figure 39 : le nombre total de commandes par rapport au nombre de commendes livrées dans les conditions demandées

La figure suivante montre le nombre total des clients et le nombre de clients satisfaits pendant 7 ans précédents:

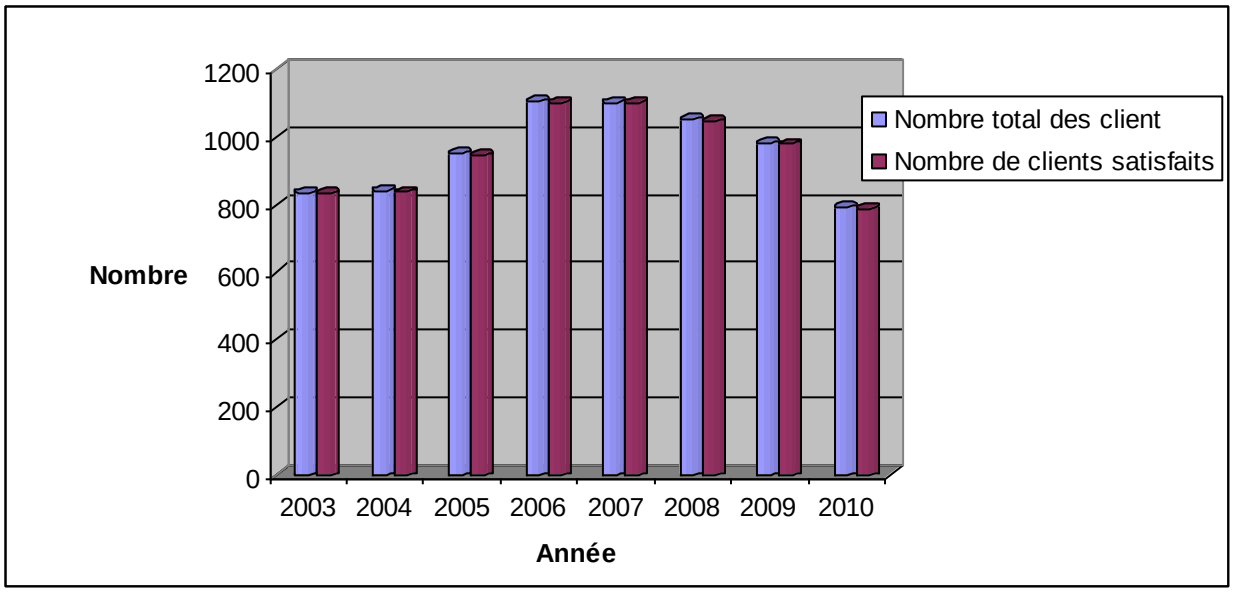


Figure 40 : le nombre de clients satisfaits par rapport au nombre total de clients

La figure suivante montre le nombre total des employées et le nombre d'absences pendant 10 ans précédents:

Figure 41: le nombre d'absences par rapport aux effectifs

Entreprise « AFRICAVER » :

L'Enterprise Publique Economique, Société Par Action, dénommée « AFRICAVER » est une Entreprise de production et de commercialisation de verre.

Les productions réalisées par « AFRICAVER » pendent 10 Ans sont données par la figure suivantes :

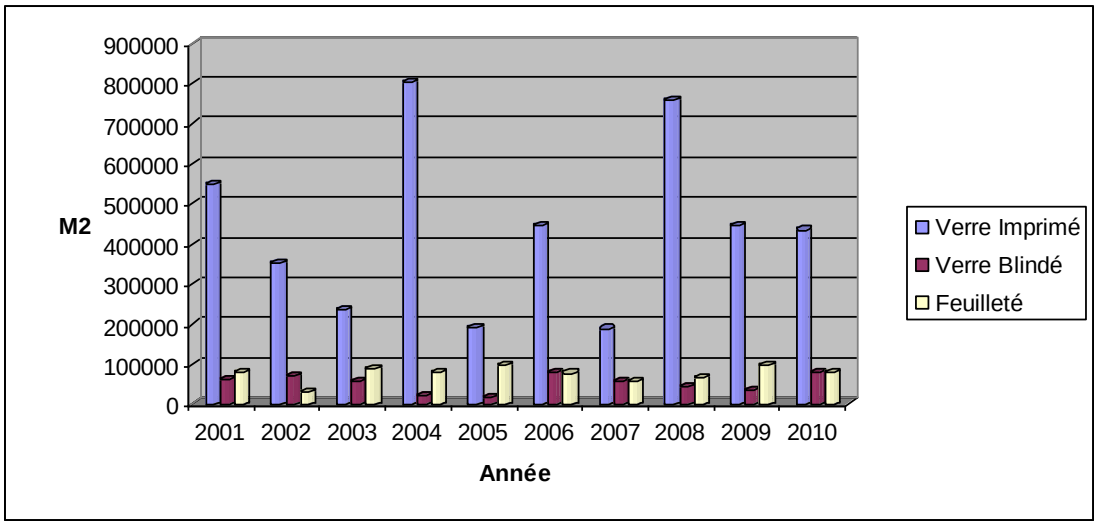


Figure 42 : la production physique de l'exercice 2000 a 2010 (Verre et Feuilleté)

La figure suivant présente le Chiffre d'affaire, le Résultat Net, les charges de personnel, les charges varies, et les achats de l'entreprise « AFRICAVER » pendant les 10 ans précédents :

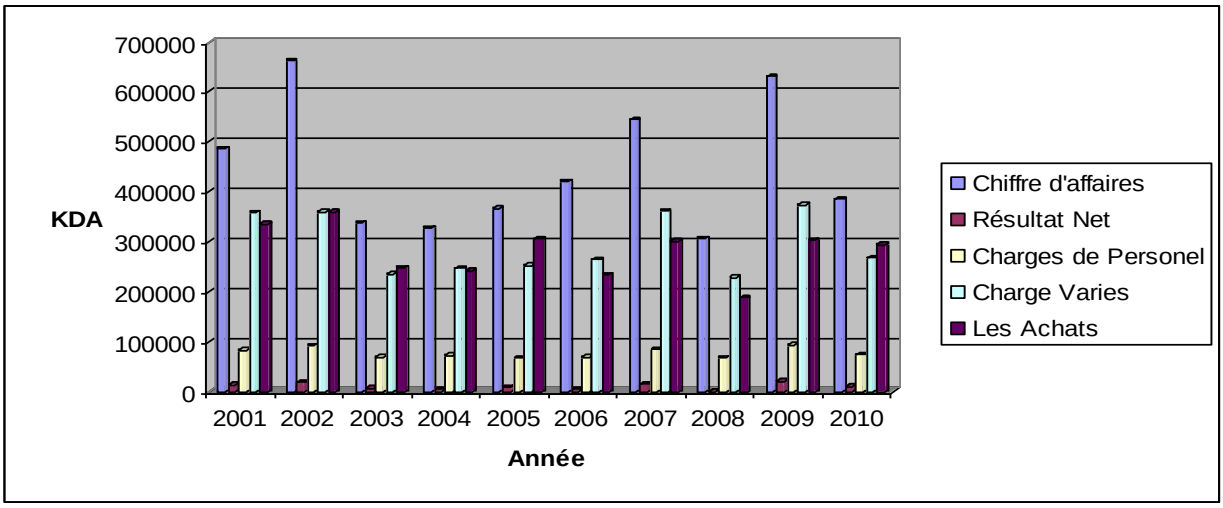


Figure 43 : Chiffre d'affaire, Résultat Net, charges, et Achats de 2001 à 2010

La figure suivante montre le nombre total de commandes et le nombre de commendes livrées dans les conditions demandées pendant les 10 ans précédents :

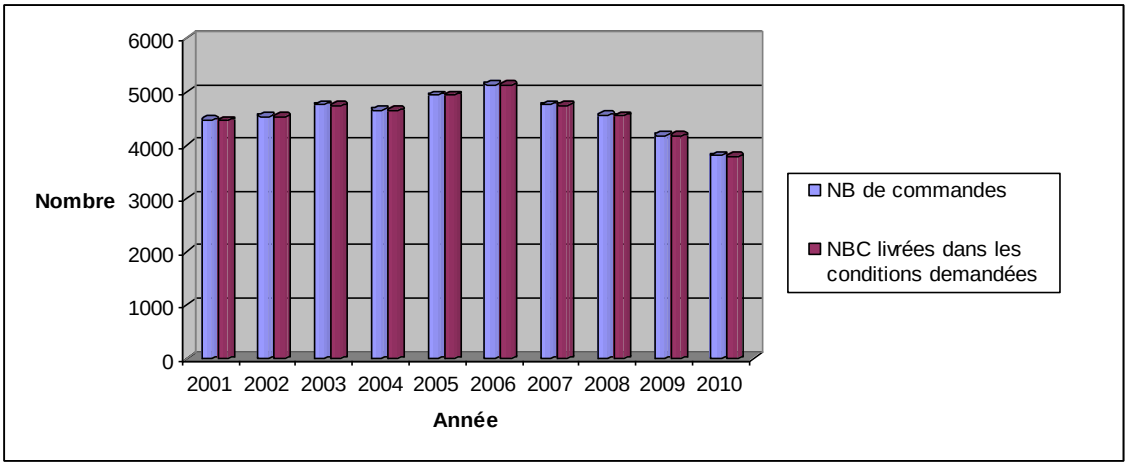


Figure 44 : le nombre total de commandes par rapport au nombre de commendes livrées dans les conditions demandées

La figure suivante montre le nombre total des clients et le nombre de clients satisfaits pendant 10 ans précédents:

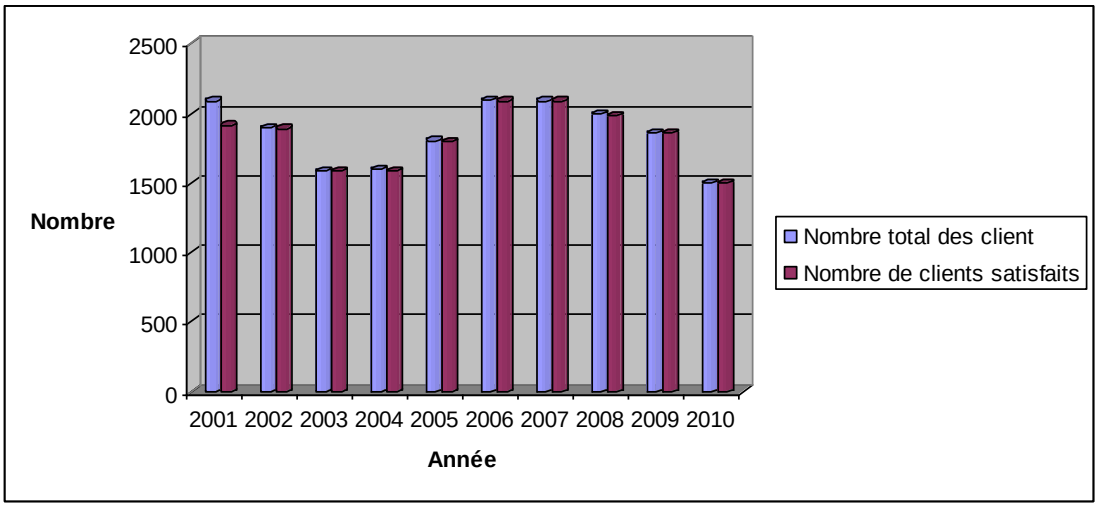


Figure 45: le nombre de clients satisfaits par rapport au nombre total de clients

La figure suivante montre le nombre total des employées et le nombre d'absences pendant 10 ans précédents:

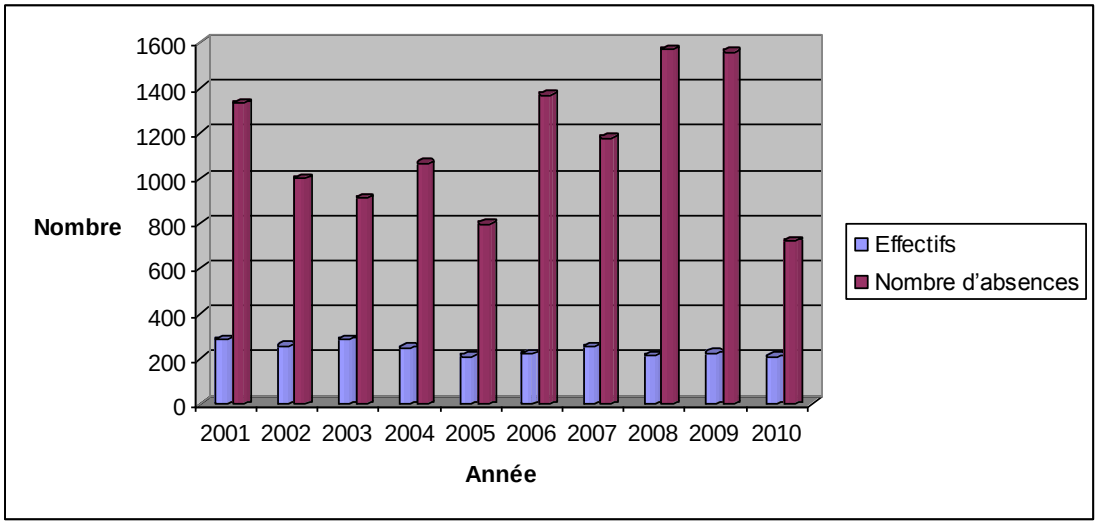


Figure 46: le nombre d'absences par rapport aux effectifs

Après que les informations ont été collectées au sein des entreprises, elles sont employées pour la détermination des paramètres de la simulation.

2.3. Application des modèles d'évaluation

Il n'y aura jamais de personne seule qui sait toutes les informations nécessaires pour construire un modèle de simulation. Ainsi, il sera nécessaire pour les analystes de simulation de parler à des experts différents pour gagner une compréhension complète du système à modéliser. Notez que certaines des informations fournies par les experts seront invariablement incorrectes - si une certaine partie du système est particulièrement importante, donc au moins deux experts doivent être interrogés [Law, 2008].

Nous allons impliquer des personnes spécialistes du domaine pour définir les paramètres appropriés des simulations. Ainsi Le module *Input Analyser* d'ARENA permet l'exploitation de données d'entrées en déterminant automatiquement la loi de probabilité la plus adaptée de la distribution empirique obtenue à partir des données d'entrée (regroupées dans un fichier.*dst*). Les différents paramètres des modules des modèles pour la génération des valeurs des indicateurs est données comme suit :

Indicateur	Paramètres
Quantité produite (Liège)	TRIA (0.033, 0.042 , 0.056)
Quantité produite (Etanchéité)	TRIA(0.0038 , 0.0063 , 0.0081)
Produits défectueux	UNIF(0.66 , 0.78)
Les Achats	TRIA(0.0023 , 0.0059 , 0.017)
Charges de personnel	TRIA(0.0048, 0.0065 , 0.0093)
Charges variées	TRIA(0.0030, 0.0055 , 0.0138)
Nombre totale des clients	POIS (0.44)
Nombre de réclamations clientèle	UNIF(4.61 , 60)
Nombre de commandes	TRIA(0.12 ,0.18 ,0.25)
Frais de formation	TRIA(0.9, 2.21 ,10)
Nombre d'absents	TRIA(0.43 , 0.59 , 0.94)
Mouvement d'entrées	TRIA(22.5 , 63.15 , 360)
Mouvement de sorties	TRIA(17.14 , 34 , 360)

Tableau 11: définition des paramètres appropriés du modèle « EPE JLE SPA »

Prenons par exemple la production de liège, l'interprétation de sa formule sera : produire une valeur aléatoire entre 0.033 et 0.056 mais qui est pour la majorité des cas aux alentours de 0.042.cela veut dire que : produire une quantité du liège entre 18 M^2 et 30 M^2 par jour mais qui est pour la majorité des cas aux alentours de 24 M^2 par jour.

Indicateur	Paramètres
Quantité produite (Verre Imprimé)	TRIA (0.0004, 0.0008, 0.0019)
Quantité produite (Verre Blindé)	TRIA (0.003, 0.005 , 0.016)
Quantité produite (Feuilleté)	TRIA (0.002, 0.004 , 0.008)
Produits défectueux	UNIF(0.5 , 0.8)
Les Achats	TRIA(0.001 , 0.0012 ,0.0019)
Charges de personnel	TRIA(0.003 , 0.004 ,0.005)
Charges variées	TRIA(0.001 , 0.0012 ,0.0015)
Nombre totale des clients	POIS (0.21)
Nombre de réclamations clientèle	UNIF(4.61 , 60)
Nombre de commandes	TRIA(0.07 ,0.08 ,0.1)
Frais de formation	TRIA(0.5, 1.2 ,5.2)
Nombre d'absents	TRIA(0.43 , 0.59 , 0.94)
Mouvement d'entrées	TRIA(22.5 , 63.15 , 360)
Mouvement de sorties	TRIA(17.14 , 34 , 360)

Tableau 12 : définition des paramètres appropriés du modèle « AFRICAVER »

3. Expérimentation

3.1. Outils de l'expérimentation

Quelle que soit la signification donnée au mot simulation, quelle que soit la conception qu'on a de la simulation, quel que soit l'usage qu'on en fait, il est toujours nécessaire de construire un modèle de la réalité qu'on pourra ainsi simuler, puis proposer une implémentation et conduire une série d'expérimentation. II va donc se poser le problème de la programmation du modèle pour un calculateur donné. La multiplication et la diversification des outils utilisés pour la simulation ont fait apparaître plusieurs familles. Si nous nous centrons sur la spécialisation de ces outils, nous pouvons les classer en quatre familles [Kieffer et al, 1991]:

- **Les langages universels ou évolués** sont des langages de programmation répandus tels que *VB*, *FORTRAN*, *PASCAL*, *C*, *ADA*, *C++*, *JAVA*... Ils ont l'avantage de permettre une simulation précise et fiable de tout type de système, quel que soit son niveau de complexité. Ils permettent de développer des modèles fonctionnels ou logico-mathématiques, grâce à la richesse de programmation qu'ils offrent. Cependant, ils nécessitent des compétences poussées et affirmées en simulation, en informatique et en génie industriel. Ils présentent l'inconvénient du temps de développement et par conséquent du coût de réalisation. Les modèles sont dédiés et généralement inexploitables dans des extensions futures.

- **Les langages généraux de simulation** sont des langages enrichis par des primitives dédiées à la simulation en général, comme les générateurs de nombres aléatoires, les processeurs de base pour la programmation de certaines entités... Ils ont ainsi l'avantage de présenter une couche de base permettant de développer d'autres primitives pour la réalisation de modèles de simulation dédiés. Nous pouvons citer, entre autres, *SIM++* et *MODSIM II*.
- **Les langages spécialisés de simulation** présentent un compromis entre la rapidité de développement du modèle et la rigidité liée aux concepts utilisés. Les concepts utilisés sont généralement basés sur la théorie des files d'attente et des processus stochastiques. La modélisation se fait à l'aide d'éléments symboliques. Les modèles résultants sont de type réseau *(SLAM)*, des blocs représentatifs de processus *(ARENA, GPSS,WITNESS, SIMNET II)*, ou des diagrammes de cycle d'activités *(HOCUS)*.
- **Les langages dédiés** sont adaptés aux systèmes ayant des caractéristiques identiques, et sont dédiés à un type de système au fonctionnement bien défini ou à une classe de problèmes. La modélisation est basée sur l'aspect topologique (représentation du système physique) à travers des éléments représentatifs du système réel. Ces outils très conviviaux sont limités à un usage répétitif dans un domaine restreint. L'avantage principal de ce type d'outil est la facilité d'utilisation, alors que l'inconvénient majeur est la rigidité des modèles. Parmi les langages dédiés, citons à titre d'exemple *MAP/1* et *SIMFACTORY*.

Le tableau suivant propose une comparaison des langages de simulation classés selon la spécialisation, en fonction de différents critères.

		Famille des langages			
		Universels	*Généraux*	*Spécialisés*	*Dédiés*
Critères	*Rapidité de modélisation*	Très faible	Faible	Bonne	Très bonne
	Convivialité	Très faible	Faible	Bonne	Très bonne
	Flexibilité	Très bonne	Bonne	Faible	Très faible
	Fidélité du modèle	Très bonne	Bonne	Faible	Dépend du système étudié
	Niveau de compétence	Analyste classique	Analyste orienté simulation	Spécialiste simulation	Utilisateur occasionnel

Tableau13 : Comparaison des outils de simulation selon la spécialisation [Kieffer et al, 1991]

Comme mentionné précédemment la modélisation et la simulation est réalisé par le simulateur SIMAN/Arena, développé par Systemes Modeling Corporation. Il est notamment dédié à la modélisation, simulation et animation de systèmes de production. Le logiciel est basé

sur les concepts de programmation orientée objet et de modélisation hiérarchique, utilisant la puissance et la flexibilité de modélisation du système SIMAN/Cinema.

A l'aide d'Arena on peut développer un projet complet de simulation. Arena est un support intégré pour l'analyse des données d'entrée, la construction du modèle, l'exécution interactive, l'animation, la traçabilité et la vérification de l'exécution et l'analyse des sorties. Les utilisateurs peuvent développer des nouveaux modèles dans la fenêtre du modèle, des nouvelles constructions de modélisation dans la fenêtre de template, identifier les caractéristiques des données d'entrée dans la fenêtre d'entrée et analyser les résultats de simulation dans la fenêtre de sortie.

Le choix de ce logiciel Arena revient essentiellement à sa réputation et son exploitation dans le monde universitaire comme il est montré dans la figure 47, tandis qu'il occupe 38 % de l'ensemble des logiciels utilisés. Arena est très lié et fortement compatible avec les logiciels Microsoft, il intègre la possibilité d'inclure des programmes VBA dans les modèles.

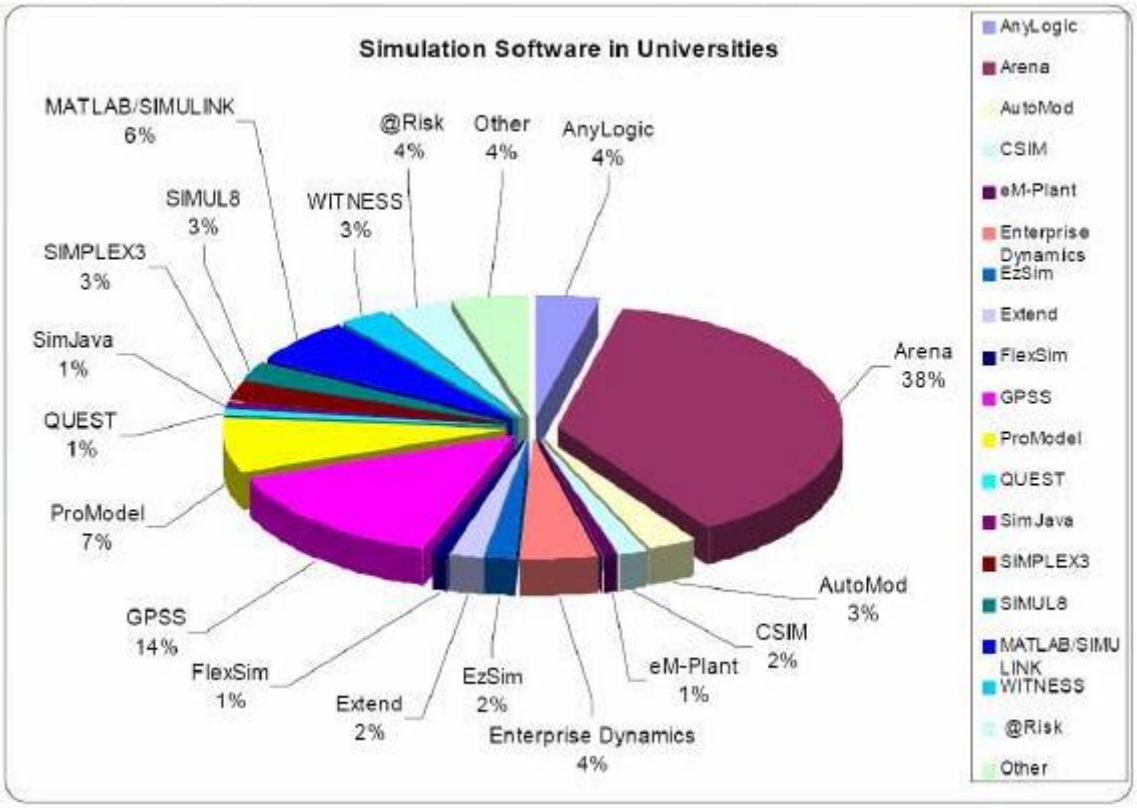


Figure 47 : Taux d'exploitation du logiciel Arena dans le monde universitaire Yuri et Jelena, 2005]

3.2. Objectifs de l'expérimentation

L'objectif principal de l'expérimentation est de valider le modèle de simulation proposé. L'aspect coopératif d'un projet de simulation justifiant la prise en compte de la dimension de groupe dans les outils de simulation. Les objectifs de notre expérimentation sont :

- Instancier un ensemble des entreprises dans le but de valider les modèles de simulation élaborés précédemment.
- De mieux connaître les besoins d'une équipe de projet de simulation en termes d'outils et de connaissances.
- La compréhension global du projet au travers de l'outil : comment un projet de simulation se représentent-ils l'avancement, les tâches qu'ils ont à conduire et celles que leurs partenaires ont à conduire?

3.3. Limites de l'expérimentation

Toute expérimentation, surtout dans un domaine où les composantes humaine et sociale sont si fortes, présente des limites dans la généralisation de ses conclusions. Citons au moins deux raisons :

- Les données contextuelles de notre expérimentation sont très spécifiques (nombre des participants à l'expérimentation, relations entre les participants, nature du projet, etc.); elles illustrent une diversité combinatoire que seules plusieurs expérimentations pourraient approcher.
- D'autre part, la nature même de l'expérimentation motive les participants qui consentent des efforts sans doute inaccoutumés dans une pratique ordinaire.

En plus de ces deux facteurs, notre expérimentation est sujette à des limitations qui lui sont propres et qui reflètent le décalage entre conditions expérimentales et conditions réelles, car Le projet est mené dans un contexte pédagogique bien différent du contexte réel.

3.4. Résultats obtenus

Une fois le paramétrage est fini, le manipulateur peut lancer la simulation en cliquant sur le bouton « Lancer la Simulation ». On peut voir les changements en temps réel des valeurs dans le tableau de bord ou serrent affichés les résultats et les écarts aussi, comme illustrer l'image suivante :

Heur : 12:11:15 Date : 23-01-2013

	Indicateur	Réel	Prévus	Ecart
Axe Financier	Chiffre d'affaire	287937	256211	-31726.0
	Résultat Net	4977	6000	1023
	Coût d'achat	0.593	0.500	-0.09
Axe client	Service Client	1949	2414	465
	Réclamations clientèle	14	5	-9
	Satisfaction client	0.99	0.99	-0
Processus	Traitement commande	2	2	0
	Taux de qualité	1.00	0.09	-0.9
	Productivité	8669.08	8900.00	230.92
Apprentissage	CA par salarié	2482	2140	-342
	Formation	86	100	14
	Absentéisme	5	4	-1
	Rotation	0.017	0.007	-0.01

Figure 48: le Tableau dans son état final « EPE JLE SPA »

Heur : 06:58:00 Date : 23-08-2012

	Indicateur	Réel	Prévus	Ecart
Axe Financier	Chiffre d'affaire	405150	500000	-94850.0
	Résultat Net	9641	11000	-1359
	Coût d'achat	0.499	0.500	-0.001
Axe client	Service Client	3994	2500	1494
	Réclamations clientèle	14	7	7
	Satisfaction client	0.99	0.99	0.00
Processus	Traitement commande	2	2	0
	Taux de qualité	0.99	0.09	0.90
	Productivité	7997.05	9000.00	-1002.9
Apprentissage	CA par salarié	1982	2000	-18
	Formation	118	150	-32
	Absentéisme	5	6	-1
	Rotation	0.005	0.006	-0.001

Figure 49: le Tableau dans son état final « AFRICAVER »

Les modèles de simulation offre la possibilité de voir les présentations graphiques des indicateurs clé de performance en temps réel, comme illustrer l'image suivante :

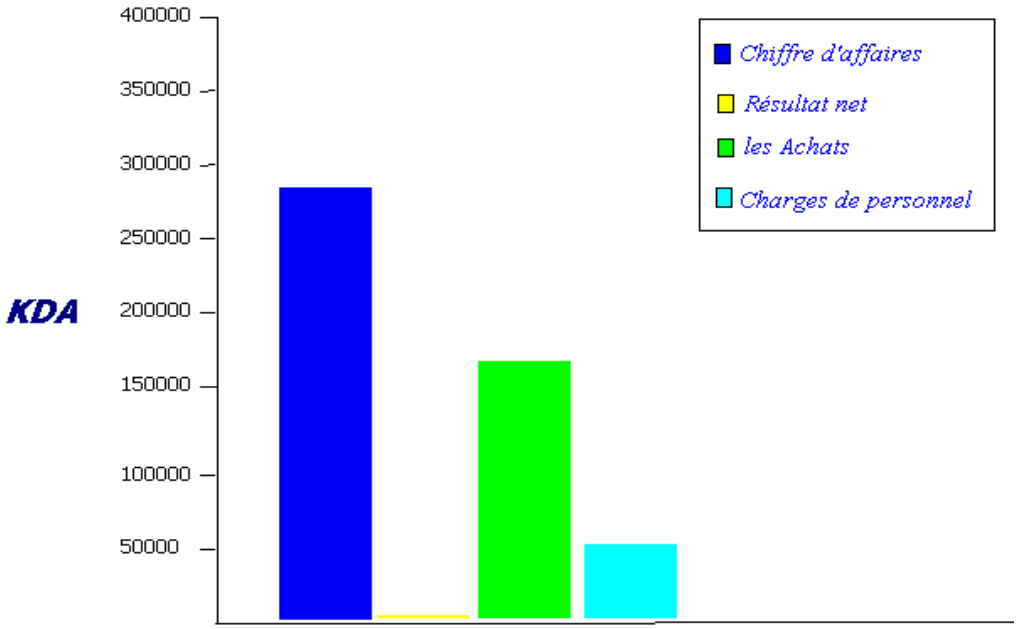


Figure 50 : indicateurs de performances sous forme graphique « EPE JLE SPA »

En fin de simulation des statistiques globaux peuvent être automatiquement fournis (moyenne, écart-type, min, max ...) sur les paramètres observés. ARENA permet également de récupérer l'historique complet des valeurs intermédiaires qui ont conduit à ces premiers résultats. Comme exemple, la figure suivante montre le moyen, maximum, et minimum du temps pour le traitement d'une commande client :

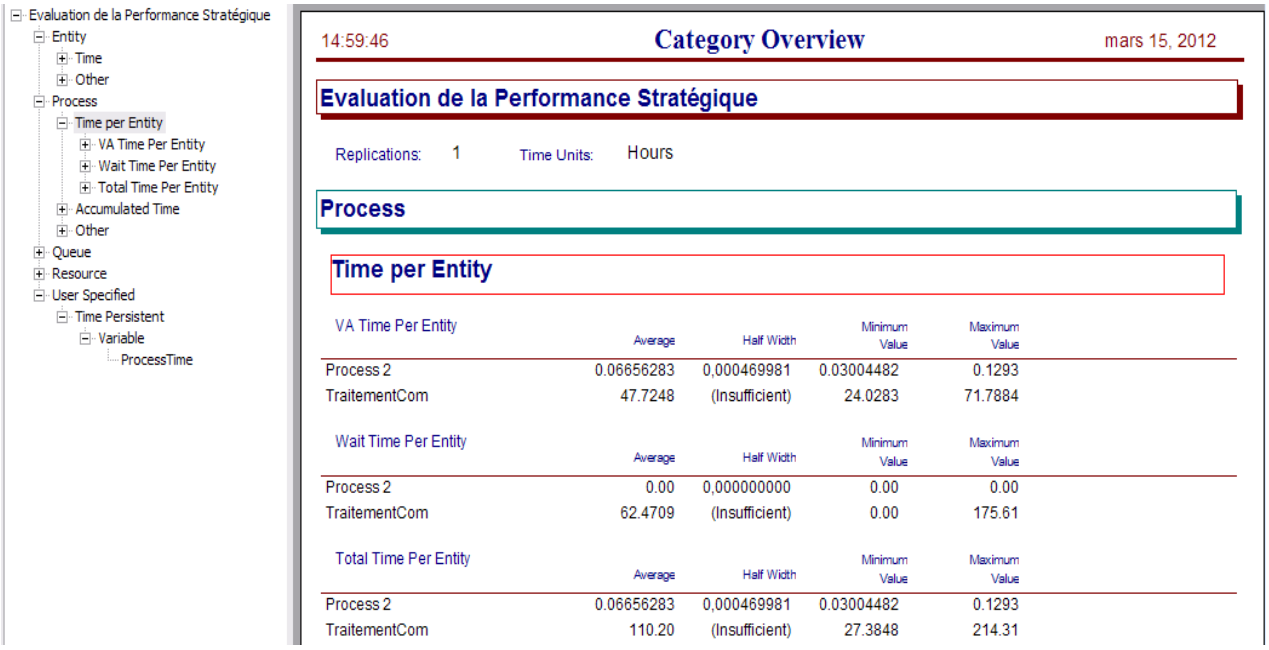


Figure 51: quelques résultats statistiques globaux « EPE JLE SPA »

4. Validation

La validation consiste à s'assurer que le modèle conceptuel proposé est une représentation fidèle du système réel. Il s'agit en fait de savoir si le modèle peut être substitué au système réel pour le but de l'expérimentation.

4.1. Méthodes de validation

Dans cette section nous décrivons les diverses techniques de validation (et de test) utilisé dans la vérification et la validation des modèle. La validation d'un modèle est d'habitude définie pour signifier « la justification qu'un modèle programmé dans son domaine d'application possède une gamme satisfaisante d'exactitude compatible avec l'application destinée du modèle » [Sargent, 2008]. La plupart des techniques décrites ici sont trouvées dans les littératures, elles peuvent être utilisées subjectivement ou objectivement.

Techniques de validation subjectives :

Les techniques les plus importantes sont :

- **Validation d'apparence (face validation) :** C'est la première validation à faire et qui consiste à soumettre le modèle conceptuel à des personnes familières du système réel modélisé. Ces personnes seront chargées de porter des critiques sur le modèle conceptuel, le but étant de s'assurer que toutes les suppositions ou hypothèses faites dans le modèle sont correctes. La crédibilité du modèle augmente au fur et à mesure que les anomalies détectées dans le modèle sont corrigées.
- **Analyse de sensibilité (Sensitivity analysis) :** Il s'agit de tester si un changement dans les données d'entrées du modèle, entraîne un changement prévisible dans les sorties. Par exemple, si le taux d'arrivée des clients croit, le temps d'attente dans la file devrait croitre aussi. Il s'agira en fait de déterminer si le modèle réagit correctement aux changements de valeurs de certaines données d'entrées et que cette réaction est bien celle à laquelle on s'attendait.
- **Test des conditions extrêmes :** Il s'agit de tester si le modèle se comporte normalement lorsque les données d'entrée sont à leurs valeurs maximales. Par exemple, si le taux d'arrivée des clients est fixé à sa valeur maximale, cette valeur aura-t-elle comme effet en sortie un accroissement du temps d'attente dans les files, du temps de séjour des clients dans le système, du nombre de clients dans les files, etc...
- **Validation des hypothèses :** Il y a deux types d'hypothèses (suppositions) qu'on peut faire concernant le modèle conceptuel : des hypothèses structurelles liées au fonctionnement du

système Modélisé, qui peuvent être validées en observant le système, en les discutant avec le personnel qualifié. Il faut préciser qu'une personne seule ne peut en aucun cas connaître à elle seule tout sur le système réel et on sera amené impérativement à consulter plusieurs personnes de différentes spécialités (opérateur sur machine, ingénieur, chef d'atelier, administrateur, etc...).

Des hypothèses sur les données du modèle, doivent aussi être validées. Ceci dépend évidemment de la nature de la donnée, Si on a supposé par exemple que le temps séparant les arrivées des clients est une variable indépendante qui suit une distribution exponentielle, la validation d'une telle hypothèse consistera à : faire une Collecte des données sur les temps séparant les arrivées de clients, effectuer un test statistique pour s'assurer que l'hypothèse d'indépendance de cette variable est acceptable, estimer le paramètre de la distribution supposée (exponentielle dont le paramètre est une moyenne), et effectuer un test d'adéquation (goodness-of-fit) pour s'assurer que l'hypothèse d'une distribution exponentielle est aussi acceptable.

- **Tests de Turing :** Il s'agit de comparer les sorties du modèle à celles du système réel. Cette technique consiste à préparer un nombre N de résultats en faisant des expérimentations avec le modèle. On prépare aussi N résultats à partir d'observations du système réel. Ces résultats sont présentés sous le même format et contiennent les mêmes types de mesures. On les soumet à une personne familière du système (donc habituée à ces types de mesures). Si cette personne arrive à distinguer les résultats issus de la simulation de ceux issus des observations du système réel, alors le modèle est considéré comme inadéquat. Dans le cas contraire, on considère que le modèle de conceptuel est une représentation fidèle du système réel et peut le remplacer en vue de réaliser des expérimentations.

Techniques de validation Objectives :

Ces techniques sont basées sur l'utilisation de méthodes statistiques en vue de valider les résultats produits par une simulation :

- **Validation des sorties (test d'hypothèses) :** Cette technique consiste à comparer les sorties du modèle avec celles du système. Ceci suppose donc que le système existe déjà. Une méthode de comparaison très utilisée est celle basée sur le t-test dont le principe est le suivant : Si la mesure de performance à valider est : le temps d'attente moyen d'un client devant un guichet de service. Après observation du système durant 5 jours, on s'aperçoit que le temps moyen mesuré est égal à 3 mn. On effectue 5 simulations avec le modèle (une

simulation pour une journée) qui donnent comme résultats pour le temps d'attente moyen : 1.63 , 2.22 , 3.12 , 1.09 , 2.11 mns.

Il s'agit alors de tester si l'hypothèse : H0 : E[Xi] = 3 mns est acceptable ou non (H1: E[Xi] ≠ 3 mns), ou Xi est la variable aléatoire correspondant au temps d'attente moyen durant la ième simulation.

La méthode statistique à utiliser est celle utilisant la distribution de Student qui s'applique au cas des petits échantillons (comme ici). Il s'agira de calculer le paramètre **t** de la distribution et de se fixer le niveau de confiance à accorder au résultat (95% ou 99%, ...), de regarder dans la table donnant t si la moyenne espérée (3mn) est à retenir ou à rejeter.

- **Validation par les données historiques :** Il s'agit de conduire des simulations en utilisant les données historiques du système au lieu d'utiliser des données artificielles. On devrait s'attendre alors à ce que les sorties du modèle et celles du système soient en parfaite concordance. Pour valider cette hypothèse puisque les sorties sont par nature aléatoire, on aura besoin de conduire des tests d'hypothèse (Student, snédecor, Chi-deux, ...). Le principe est le suivant **:** Les données historiques contiennent les temps séparant les arrivées de clients (TBC) et les durées de service (TSRV) pour 5 journées. Si on désigne par Wi le temps d'attente dans la file observé au cours de la journée i, On peut faire une simulation en utilisant les valeurs historiques de TBCi et TSRVi (journée i) afin d'obtenir le temps d'attente moyen dans la file Yi. La validation de ce résultat va consister à déterminer si H0 : E[Di] = 0 (ou Di = Wi - Yi) est acceptable ou non. Ceci va demander à conduire des tests d'hypothèse (Student, snédecor, Chi-deux, ...) comme indiqué plus haut.

4.2. Validation des modèles

La validation est une étape cruciale dans tout projet de simulation, puisque de ses conclusions, suivront des décisions d'arrêt du projet, de développement ou de mise en production. Donc la validation d'un modèle de simulation est un concept critique qui doit être pris en compte tout au long du processus de construction d'un modèle.

Avant de tirer des inférences des résultats statistiques de modèle de simulation, il faut s'assurer qu'il est correct au sens où il représente bien le système. Ceci passe habituellement par ce qu'on appelle la validation du modèle. Pour atteindre cela on a tenté de répondre aux questions suivantes :

- Le modèle représente-t-il correctement le système réel ?

- Les données sur le comportement généré par le modèle sont-elles caractéristique de celles du système réel?
- Est ce que j'utilise le modèle?

Pour tenter de répondre à cette question, Différents auteurs suggèrent qu'au minimum, les trois étapes suivantes doivent être faites [Sargent, 2008]:

- La validation d'apparence
- Tests des hypothèses du modèle
- Analyse de sensibilité

Dans notre cas, Un changement dans les données d'entrée du modèle, entraîne un changement prévisible dans les sorties. Ainsi si nous effectuons une comparaison entre les sorties du modèle à celles du système réel (Statistiques et données collectées précédemment), nous remarquons que ces résultats son plus proches entre eux. Alors on considère que notre modèle de simulation est une représentation fidèle du système réel et peut le remplacer en vue de réaliser des expérimentations futures.

La bonne utilisation de l'outil proposé reste à la responsabilité du client utilisateur, mais Il n'y aura jamais de personne seule qui sait toutes les informations nécessaires pour l'utilisation des données et l'interprétation des résultats. En effet, Le budget total alloué aux stratégies fonctionnelles fera l'objet d'une répartition sur les différentes fonctions de l'entreprise dans le cadre de l'élaboration opérationnelle de la stratégie globale. Le choix d'investissement dans une stratégie fonctionnelle impacte un indicateur donné avec un décalage dans le temps.

L'investissement dans les stratégies fonctionnelles spécifiques à chaque indicateur de performance augmente la valeur de celui-ci et fini par se stabiliser, par exemple :

- Service Client : un investissement dans la satisfaction permet d'augmenter le service client.
- Production : un investissement dans l'innovation permet d'augmenter le nombre de produits nouveaux.
- Formation : un investissement dans la formation permet d'augmenter le nombre d'employés ayant accompli une formation.

La validation des modèles est l'un des problèmes les plus critiques auxquels sont confrontés les simulationniste. Malheureusement, il n'existe aucune série de tests spécifiques qui peuvent être facilement appliquées à déterminer la validité du modèle. En outre, aucun algorithme n'existe pour déterminer quelles sont les techniques ou les procédures à utiliser [Sargent, 2008].

5. Conclusion

L'approche par simulation constitue une bonne alternative à l'expérimentation pour évaluer les performances des systèmes de production, dans un monde de planification et de prédiction, où tous est calculé et prédéfini à l'avance car rien n'est laisser au hasard. En détaillant précisément le comportement d'un système de production, la simulation met en évidence les dysfonctionnements les plus manifestes.

La modestie de notre expérimentation nous empêchons d'être absolument formel quant à des exigences que nous pourrions formuler concernant un notre modèle de simulation. Il faudrait répéter ce genre d'expérimentation en faisant varier les données contextuelles pour tracer le contour d'une validation plus fiables de nos modèles.

CHAPITRE 6 :

CONCLUSION

Pour terminer ce mémoire, nous faisons ici le bilan de l'étude réalisée. Nous résumons les apports, les limitations de ce travail et nous dégageons un certain nombre de perspectives de recherche pour la poursuite de l'implémentation de simulation pour l'analyse et le pilotage stratégique d'entreprises.

1. Bilan de l'étude réalisé

L'objectif du travail présenté dans ce mémoire vise à explorer l'apport de la simulation dans le pilotage stratégique des entreprises économiques, ceci dans le but d'adopter un regard nouveau dominé par l'inéluctabilité technologique actuelle sur les outils de simulation existants. Plus précisément, construire un modèle de simulation pour l'évaluation de performance multicritères stratégique. Ce modèle est principalement destiné à assister les décideurs de petites et moyennes entreprises de production. L'objectif étant d'évaluer, mesurer et estimer la performance de l'entreprise en fonction des choix et des paramètres stratégiques décidés par celle-ci.

Dans cette optique, nous avons tout d'abord réalisé une synthèse des principales méthodes utilisées pour l'évaluation de la performance des entreprises. Les points forts et les insuffisances de ces méthodes pour obtenir une vue globale de la performance et pour évaluer le capital humain comme les compétences et la compétence collective d'une entreprise sont exposés. Ensuite, nous avons étudié les méthodes issues du domaine de simulation afin de mieux comprendre les fondements théoriques ainsi que les outils de mise en œuvre sur ordinateur.

Cette première partie de notre étude nous a permis :

- D'une part, de cerner les éléments d'analyse du contexte spécifique à ce problème et de mieux situer notre travail.
- D'autre part, de mettre en évidence que tout projet de simulation, quelque soit son envergure, requière des compétences variées et ne peut en aucun cas être considéré comme l'œuvre d'une personne isolé mais plutôt celle d'un groupe.

En se basant sur les résultats de la première partie de cette étude, et en vue de proposer un modèle de simulation pour mieux cerner les attentes des utilisateurs, nous avons suivi les étapes d'un projet de simulation pour le développement de notre application. Nous avons donné une brève description de la réalisation du modèle en soulignant sur l'apport de la simulation comme outil de prédiction. Nous avons vue aussi que la combinaison entre l'outil de pilotage stratégique qui est le tableau de bord et la simulation donne une excellente solution pour l'évaluation de la performance de l'entreprise.

Conventionnellement la partie expérimentale est placée à la suite de la partie consacrée à la modélisation et à la création de prototype (dans le but de valider ces dernières, d'en évaluer la pertinence et la performance, et de comparer une proposition nouvelle à des propositions antérieures qu'elle est censée améliorer). Nous avons réalisé une série d'expérimentation au niveau de l'entrepris Jijel liège étanchéité, dont le but de montrer les avantages qu'apporte la simulation dans la mesure des performances, et d'exposer le concept de pilotage par simulation.

2. Apport

L'apport de notre contribution résulte de l'approche pluridisciplinaire que nous avons adoptée tout au long de cette étude. Nous avons ainsi cherché à mettre en correspondance les connaissances que nous avons pu acquérir concernant le domaine de la simulation avec des travaux menés dans les domaines des sciences de gestion et d'évaluation des performances. D'un point de vue théorique, le modèle que nous proposons dans ce mémoire permet de préciser et de détailler l'adaptation des résultats des recherches issus du domaine de gestion au domaine de simulation. Ces notions permettraient de définir par la suite, un processus de pilotage basé sur les indicateurs de performance et à intégrer dans un modèle de simulation. Pour nous, le système de pilotage est perçu comme un système de prévention et de correction des dérives et des perturbations du comportement parfait du système étudié.

3. Limitations et extensions

Au cours de ce travail, nous avons dû faire face à plusieurs difficultés inhérentes au contexte dans lequel nous évoluons, les limitations dont nous faisons état ici en sont la conséquence directe. La nature de ce thème nous a conduit à explorer plusieurs domaines, tels que les sciences de gestion, la stratégie, et la mesure de performance afin d'établir des parallèles avec le domaine de simulation. Les difficultés que nous avons alors éprouvées ont été liées à la maîtrise puis à la mise en relation de concepts appartenant à des univers différents pour construire un ensemble cohérent.

Notre modèle de simulation, comme tous les tableaux de bord, n'est pas général ou complet, les indicateurs de performance choisis sont ceux intéressants par la plus part des dirigeants de petites et moyennes entreprises. Mais il peut être adapté pour les entreprises de production similaires, car les lois de génération des valeurs sont définies de façon qui permet leurs modifications. Ainsi l'ajout de nouveaux indicateurs qui ont des relations avec les variables utilisées ne nécessitera pas un grand changement dans la structure de modèle.

4. Perspectives

La conception et le développement d'un modèle de simulation, quelque soit son domaine d'application, est certainement une tâche ambitieuse, L'approche que nous avons employée pour la création de modèle que nous avons présenté semble être suffisamment flexible pour permettre des évolutions et des développements futurs. Nos perspectives à court terme visent particulièrement à compléter ce travail du point de vue architecture logiciel et implémentation.

Les résultats évoqués dans la mise en œuvre de ce projet ont montré l'intérêt et la faisabilité de la simulation dans le domaine de l'évaluation de la performance en entreprise. Ceci nous encourage à exploiter cette méthode dans les autres outils de mesure de performance afin d'obtenir des résultats encore plus satisfaisantes en exploitant pleinement les capacités qu'offre l'informatique dans le domaine de gestion. Les succès dans ces travaux vont permettre de faire un progrès particulièrement distingué pour le métier du manager dans le future proche.

Bibliographies et web graphies

[Aïb, 2005] Aïb, M. *La performance globale et le pilotage stratégique dans l'entreprise*, Mémoire de magister, Département Génie industriel, Ecole Nationale Polytechnique, (Alger).

[Anders et Bjorn, 2008] Anders, S., Bjorn, J. *A Methodology for input data management in discrete event simulation projects,* Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference. 978-1-4244-2708-6/08/$25.00 ©2008 IEEE.

[Arouin, Michel et Schmidt, 1986] Arouin, J-L., Michel, D., et Schmidt, J. *Le contrôle de gestion*, Publi-union.

[Autissier et Delaye, 2008] Autissier, D., Delaye, V. *Mesurer la performance du système d'information.* Éditions d'Organisation, Groupe Eyrolles, 61, bd Saint-Germain ,75240 Paris cedex 05 (France).

[Belattar, 2004] Belattar, B. *Simulation & modélisation*. Support de Cours, Département d'Informatique, faculté des sciences de l'ingénieur, Université de Batna (Algérie).

[Berland, 2009] Berland, N. *mesurer et piloter la performance*, Université Paris-Dauphine (France).

[Berland, 2009b] Berland, N. *L'articulation entre contrôle de gestion et stratégie par les tableaux de bord : l'exemple de la grande distribution,* Université Paris-Dauphine (France).

[Belmokhtar et Aib, 2010] Belmokhtar, O., et Aib , M. *Conception et developpement d'un logiciel de simulation du processus stratégique,* 8e Conférence Internationale de MOdélisation et SIMulation. MOSIM'10 - 10 au 12 mai 2010 - Hammamet - (Tunisie).

[Berrah, 2002] Berrah, L. *Indicateur de performance: concepts et applications*, Editions Cepadues, Toulouse (France).

[Boukabous, 2006] Boukabous, A. *Modélisation en Entreprise étude de cas : élaboration d'un plan de mise à niveau de sidet (filiale de l'Entreprise Nationale des Détergents E.N.A.D)*, Mémoire de magister école nationale polytechnique , N.p, Alger.167p.

[Bouquin , 2001] Bouquin ,H. *Contrôle de gestion*, Presses Universitaires de France.

[Dubrulle et Jourdin, 2003] Dubrulle, L., et Jourdin, D. *Comptabilité analytique et gestion* .edition Dunod , paris (France).

[Bitton, 1990] Bitton, M. *Méthode de conception et d'implantation de systèmes de mesure de performances pour organisations industrielles* , Thèse de doctorat en Automatique, Université et de bordeaux I (France).

[Devise Vaudelin, 2003] Devise, O., et Vaudelin, J-P. *Évaluation de la performance d'une PME : le cas d'une entreprise auvergnate*, 4e Conférence Francophone de MOdélisation et SIMulation. MOSIM'03 – du 23 au 25 avril 2003 - Toulouse -(France).

[Devise, 2008] Devise, O. *Le contrôle budgétaire: intérêts et difficultés de mise en œuvre et de suiv,* Oboulo. (France).

[El Mhamedi, 2001] El Mhamedi, A. *Contribution à la modélisation des performances des activités des systèmes de production,* Groupe de travail n°5 du groupement pour la recherche en productique, GRP, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, France, 2001.

[Erard et Deguenon, 1999] Erard, P.J., et Deguenon P. *Simulation par événements discrets*, P.P.U.R, 1er Edition, Lausanne 1996. 417 pages.

[Fernandez, 2011] Fernandez, A. *Les nouveaux tableaux de bord des managers*, Cinquième édition, Groupe Eyrolles, ISBN : 978-2-212-54832-7

[Florence, 2010] Florence, A-P. *Qu'est-ce que le management stratégique ?* , Université Paris XII Val-de-Marne.

[Giraud, 2008] Giraud, F. *Contrôle de gestion et pilotage de la performance,* 3ème édition, édition Gualino, (France).

[Giraud et Francoise, 2008**]** Giraud, et Francoise. *Contrôle de gestion et pilotage de la Performance,* 3ème édition, édition Gualino, (France).

[Hamadeh, 1993] Hamadeh, A. *BOCAL ou la Boite comme Paradigme programmatique : Application a la Simulation de Systèmes Productifs*, Thèse de doctorat de l'université Joseph Fourier - Grenoble I, Laboratoire ARTEMIS, 27 Octobre. 136 pages.

[Ingalls, 2008] GIngalls, R.G. *Introduction to simulation,* Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, School of Industrial Engineering and Management, 322 Engineering North, Oklahoma State University, Stillwater, OK 74078, U.S.A.

[Ittner et Larker, 1998] Ittner, C.D., et Larker, D.F. *Innovations in performance measurement : trends and research implications,* Journal of management accounting research, Vol. 10. 205-238.

[Kaplan et Norton, 2001] Kaplan, R., et Norton, DP. *Comment utiliser le tableau de bord prospectif*, Editions d'organisation, Paris (France).

[Kaplan et Norton, 2001b] Kaplan, R., et Norton, D. P. *The Strategy-Focused Organization,* Harvard Business School, (USA).

[Kaplan et Norton, 2003] Kaplan, R., et Norton, D. P. *Le tableau de bord prospectif*, Éditions d'Organisation, Paris (France).

[Kieffer et al, 1991] Kieffer, F. et Lesage, J.J. *Intégration des phases de modélisation fonctionnelle et d'analyse des données*, 23th CIRP, Nancy, 6-7 juin 1991.

[Korichi, 2009] Korichi, A. *TCAO et Simulation : Vers une plate-forme d'analyse et de conception de systèmes de production orientée groupe,* Thèse de doctorat de l'université el hadj lakhdar – batna.185p.

[Korichi et Seddiki, 2005] Korichi, A., et Seddiki, M. Gestion et Simulation : *Investigation sur la possibilité de l'évaluation de performance multicritères d'une entreprise par l'exploitation de la simulation sur ordinateur*, Revue du chercheur, n° 03/2005, ISSN : 1112-3613, Faculté des Sciences Economique et Juridiques, Université de Ouargla (Algérie).

[Law, 2008] Law, A. M. *How to build valid and credible simulation models*, Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference. 978-1-4244-2708-6/08/$25.00 ©2008 IEEE.

[Liyanage et Kumar, 2003] Liyanage, J-P., et Kumar, U. *Towards a value-based view on operations and maintenance performance management,* Journal of Quality in Maintenance Engineering, Volume 9, Number 4, pp. 333-350.

[Lorino, 1991] Lorino, P. *Le contrôle de gestion stratégique*. Edition Dunod, Paris, 1991 (France).

[Lorino, 1998] Lorino, P. *Méthodes et pratiques de la performance, le guide du pilotage*. Edition d'Organisation.

[Musy, 2007] musy, E. *le contrôle interne dans les organismes d'assurance, rôle, enjeux, et perspectives d'évolution* .Thèse MBA manager d'entreprise spécialisation assurance, Ecole Nationale d'Assurances . 115p.

[Neely, 1999] Neely, A. *The performance measurement revolution: why now and what next* , International Journal of Operations & Production Management, Volume 19, Number 2, pp. 205-228.

[Ouerdi et Meziane , 2005] Ouerdi, L., et Meziane, N. *application d'un tableau de bord prospectif dans l'amont de SONATRACH,* Mémoire de fin d'étude, département Génie Industriel, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Alger.

[Penard, 2010] Penard, T. *Stratégie des firmes*. Support de cours, faculté des sciences économique, Université de Rennes 1.

[Pham, 2003] Pham, C-D. *Modélisation et Evaluation de la Performance*.

[Porter ,1982] Porter, M.E. *Choix stratégiques et concurrence : techniques d'analyse des secteurs et de la concurrence dans l'industrie*, Economica, Paris (France).

[Uttapol et Sakapoj, 2009] Uttapol, S., et Sakapoj , W. *Plant Layout Design with Simulation*, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 Vol II IMECS 2009, March 18 - 20, 2009, Hong Kong.

[Serin et Villefranche, 1996] Serin, F., et Villefranche, L. *Simulateur de gestion d'un terminal à conteneurs – simulation discrète par macro-processus et processus complémentaires.* Thèses de doctorat en Informatique, Université de Rouen, janvier 1996.

[Valois, 2006] Valois, F. *Architecture protocolaire des réseaux -BSS- mobiles* ,Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (France).

[Vandercammen, 2002] Vandercammen, M. *Marketing : l'essentiel pour comprendre, décider, agir, Collectif,* Brigitte Bouton, (France).

[Sargent, 2008] Sargent, R. G. *Verification and validation of simulation models,* Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference. 978-1-4244-2708-6/08/$25.00 ©2008 IEEE.

[Vernadat, 1999] Vernadat, F. *Techniques de modélisation en entreprise: Applications aux processus opérationnels,* Edition Economica, Paris, (France).

[Vinard, 2010] Vinard, P. *La simulation dans les enseignements d'économie et de gestion***,** IA-IPR économie et gestion dans l'académie de Versailles.

[Voyer, 2006] Voyer, P. *Tableaux de bord de gestion et indicateurs de performance,* 2eme édition, Presses de l'Université du Québec (Canada).

[Yuri et Jelena, 2005] Yuri, M. et Jelena P. Support de cours. *Discrete-Event Simulation: Methodology and Practice,* Department of Modelling and Simulation Riga Technical University Riga, Latvia, 2005, p41.

[MIPMEA, 2010] : « ministère de la PME et de l'artisanat », Algérie , www.pmeart-dz.org