

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Abou Bakr BELKAID-Tlemcen
Faculté des Science Economiques et de Gestion

MEMOIRE DE MAGISTER EN SCIENCES ECONOMIQUES
OPTION : GESTION DES OPERATIONS ET DE LA
PRODUCTION

THEME

GESTION DE LA QUALITÉ À L'AIDE DU GOAL
PROGRAMMING DANS UN ENVIRONNEMENT
IMPRÉCIS

APPLICATION SUR UN PRODUIT LAITIER D'UNE ENTREPRISE
PUBLIQUE ÉCONOMIQUE.

Présenté par : **M^{me} OUICI née BELGHERBI Latifa**

Encadré par le professeur : **Monsieur M. BELMOKADEM**

Devant le jury composé de :

Président :	M ^r BENHABIB Abderrezak	Professeur
Examineur :	M ^r TOUIL Ahmed	M. Conférence
Examineur :	M ^r BENBOUZIANE Med	M. Conférence
Examineur :	M ^r BEDDI Nasreddine	M. Conférence

Année Universitaire : 2007/2008

Je dédie ce travail à mes très chers parents qui m'ont toujours comblée de leurs bénédictions, à mon mari et mes deux enfants Sidi Mohammed et Houssemeddine qui ont fait preuve de beaucoup de compréhension et de patience. Je le dédie également à toute ma famille et ma petite sœur Samia en particulier, ma belle famille avec à leur tête mon beau père, ainsi qu'à mes amis (es).

Remerciements

J'adresse mes vifs remerciements à mon encadreur le professeur BELMOKADEM Mustapha pour avoir accepté l'encadrement de ce mémoire, pour ses conseils, ses appréciations et sa patience.

Aussi, j'exprime ma profonde reconnaissance à mon cher époux pour l'aide et l'encouragement qu'il m'a apportés tout au long de mes études et des efforts qu'il a déployés dans la réalisation de ce mémoire.

Je tiens également à remercier les membres du jury, chacun par son nom, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Aussi, j'exprime ma gratitude au professeur Belaid AOUNI, pour la documentation qu'il a bien voulu mettre à ma disposition.

Enfin, je remercie le PDG de l'EPE OROLAIT ainsi que le responsable de laboratoire pour la précieuse aide qu'ils m'ont apportée, sans oublier tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont encouragée et aidée à réaliser ce mémoire.

SOMMAIRE



- Sommaire.....	i
- Liste des tableaux.....	iv
- Liste des figures.....	v
- Introduction Générale.....	1
- 1- Chapitre 1 : L'analyse multicritère comme outil d'aide à la décision.....	9
1-1 : Introduction.....	10
1-1-1 : La décision en gestion.....	11
1-1-2 : La nature multicritère de la décision dans les organisations.....	13
1-2 : L'approche monocritère.....	14
- Formulation monocritère d'un problème de décision...	16
1-3 : L'approche multicritère.....	20
1-3-1 : La nature des problèmes d'aide multicritère à la décision.....	22
1-3-2 : Les méthodes multicritère.....	23
1-3-3 : La programmation mathématique à objectifs multiples.....	24
1-3-4 : Distinction entre les méthodes de surclassement et la programmation mathématique à objectifs multiples.....	26
1-3-5 : Exemple d'illustration.....	26
1-4 : Conclusion.....	29
-2- Chapitre 2 : Le modèle de la programmation mathématique avec buts "Goal Programming".....	30
2-1 : Introduction.....	31
2-2 : La forme standard du Goal Programming.....	32
-Critiques du modèle du GP.....	42

2-3 : Les principales variantes du modèle du GP.....	44
2-3-1 : Le Goal Programming Pondéré.....	44
2-3-2 : Le Goal Programming Lexicographique.....	48
2-3-3 : Le modèle du GP dans un environnement Imprécis.....	52
2-3-3-1 : le modèle du GP Flou (GPF).....	52
2-3-3-2 : Le modèle du GP avec Intervalles (GPI).....	53
2-4 : Conclusion.....	55
-3- Chapitre 3 : La Gestion de la Qualité.....	57
3-1 : Introduction.....	58
3-2 : La gestion de la qualité.....	60
3-3 : L'évolution de la gestion de la qualité.....	62
3-3-1 : L'inspection.....	62
3-3-2 : Le contrôle.....	64
3-3-3 : L'assurance de la qualité.....	65
3-3-3-1 : Définition des normes ISO 9000.....	67
3-3-3-2 : La chronologie des travaux.....	68
3-3-4 : La qualité totale.....	70
3-3-4-1 : L'évolution du concept de la qualité totale.....	71
3-3-4-2 : Définition du TQM.....	72
3-3-4-3 : Les principes du TQM.....	73
3-4 : Les coûts de la non qualité.....	76
- Définition.....	76
3-5 : Les outils de la qualité totale.....	79
3-5-1 : Introduction.....	79
3-5-2 : Que sont les outils de la qualité totale?.....	79
3-6 : Conclusion.....	84
-4- Chapitre 4 : L'application du modèle du GP dans un environnement Imprécis comme outil de contrôle de la qualité: Exemple et Etude de cas.....	86

4-1 : Introduction.....	87
4-2 : L'application du GP pour le contrôle de la qualité.....	88
4-3 : Formulation du GP pour un problème général de contrôle du processus de la qualité.....	89
4-3-1 : Equation de régression linéaire.....	90
4-3-2 : Modification de la forme de spécification.....	90
4-3-3 : Ajustement des équations de régression.....	91
4-4 : Assignation des facteurs de priorité préemptive.....	91
4-5 : Formulation de la fonction objectif.....	92
4-5-1 : Formulation des contraintes des buts d'extrant.....	92
4-5-2 : Formulation des contraintes des buts d'intrant.....	92
4-5-3 : Formulation des contraintes des buts du processus.....	93
4-6 : Exemple	93
4-6-1 : Description du processus.....	94
4-6-2 : Variables utilisées dans l'application du GP.....	94
4-6-3 : Les spécifications/ limites admissibles.....	95
4-6-4 : Analyse de régression multiple.....	96
4-6-5 : Formulation du modèle du GP.....	96
4-6-6 : Résultats et discussions.....	101
4-7 : Etude de cas.....	102
4-7-1 : Commentaire.....	111
4-7-2 : Conclusion.....	113
- Conclusion Générale.....	114
-Références.....	119

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Profit espéré des projets.....	27
Tableau 1-2 : Profit espéré et emplois engendrés par chaque projet.....	28
Tableau 2-1 : Evaluation des six villes selon chacun de six objectifs.....	36
Tableau 2-2 : Résultats de la solution de l'exemple 2-1	39
Tableau 2-3 : Quantité de matières premières et le temps de fabrication d'une Unité de produit.....	40
Tableau 2-4 : Résultats de la solution de l'exemple 2-2.....	41
Tableau 2-5 : Matrice d'évaluation.....	46
Tableau 2-6 : Résultats de la solution de l'exemple 2-3 avec le model du GP Standard.....	47
Tableau 2-7 : Résultats de la solution de l'exemple 2-3 avec le model du GP Pondéré.....	48
Tableau 4-1 : Spécifications fixées pour l'intrant, les variables du processus et les caractéristiques d'extrant.....	102
Tableau 4-2 : Résultats de la solution de l'étape 1 relative à l'étude de cas....	107
Tableau 4-3 : Résultats de la solution de l'étape 2 relative à l'étude de cas....	108
Tableau 4-4 : Résultats de la solution de l'étape 3 relative à l'étude de cas....	108
Tableau 4-5 : Résultats de la solution optimale de la qualité au niveau de l'entreprise.....	110
Tableau 4-6 : Solutions obtenues en utilisant le modèle du GP Lexicographique.....	112

LISTES DES FIGURES

Figure 3-1 : La forme de la fonction de pénalité.....54

Figure 3-2 : fonction de pénalité en forme de U.....55

Introduction générale

Dans une organisation les décisions de gestion sont prises pour, traiter des problèmes posés, faire face à des situations déterminées dont la survenance est probable, ou réaliser des objectifs ciblés.

L'intérêt grandissant porté à la prise de décision trouve ses raisons dans l'orientation prononcée vers la résolution des problèmes de gestion par l'utilisation de diverses méthodes scientifiques, de manière à analyser le problème étudié, choisir la décision appropriée et mettre celle-ci en exécution.

Aussi, ces méthodes scientifiques se sont intéressées à la prise de décision visant à résoudre les problèmes de toutes les fonctions de l'organisation ainsi que ses structures.

La première étape dans l'analyse de tout problème est l'identification précise de ce dernier. Un problème mal identifié peut conduire dans sa résolution à l'omission de certaines variables importantes pouvant avoir de grandes répercussions sur le problème lui-même. Dans ce cas, la solution ne sera pas optimale mais partielle. Le choix de la méthode d'analyse est subséquent à l'identification du problème conformément aux méthodes scientifiques de gestion.

L'application de ces méthodes scientifiques dans le domaine de la prise de décision est caractéristique de modernisme. Ce qui ne veut pas dire que celles-ci n'ont pas été utilisées auparavant par les gestionnaires, ne serait-ce que de façon primaire, pour résoudre différents problèmes. Il faudrait entendre que l'utilisation de méthodes scientifiques dans l'analyse des problèmes de gestion et la détermination des procédés appropriés pour leur résolution sont une particularité de la gestion moderne. De ce fait, les nouvelles méthodes utilisées pour résoudre les problèmes de gestion et aboutir aux décisions les plus

appropriées sont considérées comme l'un des aspects les plus modernes de la gestion scientifique qui s'appuie sur les techniques quantitatives dans l'analyse des phénomènes de gestion et leur évolution, afin d'affiner la précision du processus décisionnel.

Les méthodes quantitatives se basent sur les modèles mathématiques, la recherche opérationnelle et les statistiques, qui procèdent par l'analyse des informations et données afin d'arriver à la décision adéquate.

La recherche opérationnelle a suscité un grand intérêt chez les chercheurs. Les applications de la recherche opérationnelle ont d'abord concerné le domaine militaire; par la suite, elles ont été introduites dans le domaine de la production et les problèmes de marketing.

L'évolution importante de la recherche opérationnelle a élargi l'utilisation des modèles mathématiques qui sont devenus une base logique pour la prise de décision. Les principales techniques quantitatives utilisées dans la recherche opérationnelle sont : la théorie de probabilité, la programmation linéaire, la simulation, l'analyse statistique et l'analyse multicritère.

La théorie classique dite aussi « théorie des décisions rationnelles » a utilisé la plupart de ces techniques pour la construction de modèles à travers lesquels le gestionnaire adoptait un comportement rationnel pour la réalisation des objectifs de l'organisation. Ceci, après étude de l'ensemble des alternatives offertes dans le but d'en choisir la meilleure, celle qui garantit l'utilité maximale. En d'autres termes la théorie des décisions rationnelles ne prend en considération qu'un seul critère à optimiser soit par exemple, maximiser le profit ou minimiser le coût.

La formulation du modèle mathématique possède la caractéristique d'être bien structurée. Cette théorie ainsi décrite forme le fondement de l'approche monocritère.

L'approche monocritère a cependant fait l'objet de nombreuses critiques, du fait que toute situation décisionnelle inclut la réalisation de plusieurs objectifs parfois conflictuels et/ou contradictoires ; ce qui ne garantit pas la rationalité de la décision.

La recherche opérationnelle a évoqué la difficulté d'application du concept de l'optimisation de la solution dans le traitement des problèmes de gestion, lorsque le problème prend en considération plusieurs objectifs simultanément. Suite aux nombreuses (anomalies) critiques et insuffisances qu'a connu l'approche monocritère devant l'évolution des organisations et leurs complexités, les recherches se sont orientées vers l'approche multicritère. Les actions potentielles d'un problème de décision sont souvent évaluées non pas par un objectif unique, mais par plusieurs objectifs ; et c'est là qu'intervient l'approche multicritère dont le principe est l'agrégation de plusieurs critères (objectifs) dans la même fonction. Le décideur souhaite optimiser simultanément tous les objectifs, néanmoins, cela n'est pas possible et il lui est difficile de donner une interprétation économique à la valeur de cette fonction dans la mesure où les unités de mesure diffèrent d'un objectif à un autre. C'est pourquoi, dans un problème multicritère, le décideur doit faire des compromis entre les objectifs afin de trouver des solutions qualifiées de satisfaisantes. Pour cela, il fait intervenir ses préférences.

"Les développements scientifiques de l'aide multicritère à la décision s'articulent autour de deux axes essentiels :

- 1) l'axiomatisation de la science de l'aide multicritère à la décision.
- 2) Les applications de cette science dans le domaine de la gestion⁽¹⁾."

⁽¹⁾ Aouni, B., « Le modèle de la Programmation Mathématique avec Buts dans un Environnement Imprécis : sa formulation, sa résolution et une application », thèse de doctorat (PHD), Université Laval, février 1998, p7.

Contexte du travail

Avec l'évolution constante des organisations et la complexité de leurs activités, les gestionnaires adoptent une nouvelle approche à savoir "l'approche multicritère" qui répond mieux au contexte de l'organisation.

En effet, les chercheurs et les praticiens sont de plus en plus conscients de la présence de critères multiples dans les problèmes concrets de gestion et de décision, quelle que soit leur nature: de la gestion du ménage privé à celle de l'Etat, en passant par toutes les entreprises.

Le processus décisionnel dans le cadre de l'approche multicritère est influencé par les contraintes internes et externes de l'organisation. Ce qui explique « l'existence d'un climat d'échange et d'interaction entre, d'une part le décideur et le modèle mathématique où il peut intégrer explicitement ses préférences, et d'autre part, le décideur et son environnement décisionnel ».

Un très grand nombre de méthodes multicritère est recensé. La plupart de ces méthodes appartiennent à l'une ou à l'autre des trois grandes familles ci-après:

- les théories de l'utilité multiattribut
- les méthodes de surclassement
- les méthodes interactives: les méthodes les plus récentes appartenant à cette famille, se sont principalement développées dans le contexte de la programmation mathématique à objectifs multiples (PMOM).

La programmation mathématique à objectifs multiples englobe plusieurs modèles dont «la programmation mathématique avec buts» dite en langue anglaise « Goal Programming » et qui est le modèle particulier auquel se consacrera ce mémoire.

⁽¹⁾ Aouni, B., op.cit.p 9.

Le but essentiel du GP est la satisfaction simultanée de plusieurs objectifs relevant d'un problème décisionnel à l'étude. Le modèle du GP consiste à déterminer un but pour chaque objectif par le décideur. Il y a lieu de préciser qu'un but peut être exactement satisfait, dépasser le niveau indiqué (déviations positive) ou en dessous de ce dernier (déviations négative). Le rôle de ce modèle est justement de trouver une solution qui minimise ces déviations.

Le modèle du GP a connu plusieurs variantes développées pour des contextes décisionnels spécifiques qui se caractérisent par la disponibilité d'une information particulière sur la situation pour laquelle le décideur cherche une aide. Parmi ces variantes il y a : le modèle du GP pondéré (GPP) où le décideur peut attribuer une importance relative aux différents types de déviations, le modèle du GP lexicographique (GPL) et bien d'autres...

Dans le GP standard et dans la grande majorité de ces variantes, les valeurs des buts sont déterministes et précises. Cependant, dans plusieurs situations d'application le décideur ne peut pas établir exactement la valeur du but liée à chaque objectif. Cette imprécision est liée à la nature du contexte de prise de décision. La valeur du but peut être vague (floue) ou exprimée par un intervalle.

Le modèle du GP a connu plusieurs applications dans divers domaines comme par exemple, la gestion des déchets solides, la comptabilité et la gestion des ressources financières, le marketing, le contrôle de la qualité qui est le thème de ce mémoire, etc...

La diversification des produits et la complexité technologique croissante, la mondialisation du commerce et les pressions accrues de la concurrence, ont contraint les entreprises à s'atteler au développement continu de leur capacité compétitive en privilégiant la qualité qui est devenue, de par l'exigence du consommateur, un facteur essentiel de pérennité. En effet la qualité se

caractérise par la capacité de réponse aux attentes du consommateur, de manière à ce que le produit ou le service soit conforme aux spécifications et obtienne l'entière satisfaction de celui-ci. Plus encore, l'utilisation du produit ne doit pas nuire au consommateur et à l'environnement.

Pour répondre à ces exigences concernant la qualité du produit ou du service, l'entreprise doit procéder à un suivi continu des opérations, assuré par le contrôle de la qualité ; ceci par l'utilisation de diverses méthodes.

Le but du contrôle de la qualité est de prendre toutes les mesures qui s'imposent pour apporter les corrections nécessaires, après vérification de la conformité du produit réalisé avec les spécifications, aux fins d'améliorer la qualité par la réduction ou la suppression de l'écart. L'importance accrue qu' occupe la qualité dans les entreprises industrielles et de services, face au nouvel ordre international et aux défis de la mondialisation du commerce, place désormais celle-ci parmi les objectifs les plus importants de l'organisation qui lui consacre souvent toute une structure appelée «Gestion de la Qualité » .

Problématique et objectif du travail

L'application des méthodes (outils) de contrôle de la qualité par l'entreprise dans le cadre de la gestion de la qualité totale joue un rôle prépondérant dans la prise de décision.

Néanmoins, malgré le fait que le contrôle statistique soit caractérisé par un gain de temps et d'efforts, une réduction des coûts, et que ses résultats sont admis, celui-ci ne peut prendre en considération qu'une seule caractéristique en même temps; or, la prise de décision dans le cadre de la gestion de la qualité pose, en prenant en considération plusieurs critères à la fois, un problème complexe.

Dans ce contexte, le GP est la méthode la plus adéquate pour résoudre ce type de problème. Le modèle du GP a été appliqué dans la production et la gestion des opérations où les paramètres de prise de décision sont considérés comme précis.

Cependant, dans le contexte du contrôle de la qualité, les données relatives à cette dernière peuvent être imprécises et exprimées par des intervalles.

Dans ce mémoire, l'attention sera portée essentiellement sur l'application du modèle du GP comme outil de contrôle de la qualité dans un environnement imprécis.

On peut dès lors se poser la question suivante:

- Est-ce que l'application du modèle du GP comme outil de contrôle de la qualité dans un environnement imprécis fait atteindre l'objectif principal du décideur de telle façon que les niveaux des intrants et des variables de processus rencontrent toutes les spécifications sur les caractéristiques d'extrait ?

Pour répondre à la question fondamentale d'autres questions secondaires émergent :

- Quels sont les concepts de base de l'aide multicritère ?
- Quelles sont les méthodes les plus connues ?
- Est-ce que ce modèle (GP) a le mérite d'être un outil d'aide multicritère à la décision dans le domaine du contrôle de la qualité ?

La présente étude tentera de répondre à ces questions.

L'objectif visé à travers ce travail, est de présenter ce modèle comme outil de contrôle de qualité dans un environnement imprécis. Il consistera également à prouver la capacité de ce modèle de satisfaire les spécifications pour plusieurs caractéristiques de la qualité du produit ou service offert, et à montrer son efficacité à travers des résultats aussi précis que possible. Cela bien entendu, se

traduisant par une diminution des coûts et évidemment l'augmentation du profit de l'entreprise.

Tout cela sera présenté dans les différents chapitres qui composent ce travail.

Le premier chapitre sera consacré à l'aide multicritère à la décision et le rôle important de la prise de décision dans un contexte multiobjectifs.

Le deuxième chapitre abordera le modèle de la programmation mathématique avec buts (GP), en citant quelques variantes telles que : le GP pondéré, le GP lexicographique et le GP dans un environnement imprécis.

Le troisième chapitre sera consacré à la gestion de la qualité; il traitera de sa définition, son évolution historique, ainsi que des méthodes et outils qu'elle utilise.

Le quatrième chapitre sera réservé à un exemple et une étude de cas réalisée dans une entreprise publique OROLAIT qui fabrique le yaourt parmi un certain nombre de produits laitiers. Ceci dans le but de montrer l'efficacité du Goal Programming dans la gestion de la qualité.

Chapitre 1

L'analyse multicritère comme outil d'aide à la décision

1-1 Introduction

L'être humain œuvre perpétuellement pour sa survie et l'exercice d'activités dans divers domaines qui lui sont propres. Ainsi il est appelé à prendre de façon continue des décisions afin d'améliorer son cadre de vie, en se basant sur ses connaissances, son expérience et sa capacité de choisir. Il possède la faculté de mettre à profit l'expérience, les données dont il dispose, et l'intuition pour prévoir l'avenir et fonder ainsi ses choix entre diverses alternatives. Il y a lieu de préciser que ces choix n'ont pas tous la même importance, ni le même impact sur la vie de l'être humain.

Nombreuses sont les situations où le choix est effectué d'une manière systématique et en quelque sorte programmée ; c'est le cas par exemple des situations de décisions de nature répétitive. Il existe d'autres situations non répétitives où un choix rapide et intuitif est dicté par l'urgence d'agir. Enfin, l'être humain peut être confronté à des situations ne revêtant pas ce caractère de répétition ou d'urgence, mais plutôt un caractère d'importance accrue. Devant ces situations de choix, en plus du rôle important de l'expérience et de l'intuition de l'individu, ce dernier doit réfléchir avant de décider ; c'est le cas par exemple du choix d'un emploi parmi plusieurs offres, choix du moyen financier pour fructifier une importante somme d'argent⁽¹⁾.

Si la décision joue un rôle essentiel dans la vie personnelle de l'être humain, elle est encore plus importante lorsqu'elle concerne la gestion d'une organisation. Si importante que certains auteurs tel Simon (1960) ont affirmé « gérer c'est décider ».

⁽¹⁾ - Aouni, B., « Introduction à la méthodologie d'aide multicritère à la décision », notes de cours, School of Commerce and Administration, Laurentian University, Canada, 2002, p2 : Notes revues et organisées par nous même.

1-1-1 La décision en gestion

Un problème de décision relevant de la gestion dans une organisation, est de même nature qu'un problème de décision pour un individu : on dit qu'il y a problème chez l'individu lorsque ce dernier « perçoit un écart entre son état actuel et l'état dans lequel il souhaiterait se retrouver afin de mieux atteindre un certain objectif. Face à ce problème, cet individu peut entreprendre diverses actions visant à lui permettre de passer de l'état actuel à l'état désiré. L'ensemble de ces actions constitue le processus de décision qui est en quelque sorte inséparable du problème de décision lui-même »⁽¹⁾.

De même pour l'organisation, c'est un système qui se situe dans un certain état et que l'on désire faire évoluer vers un autre plus conforme aux objectifs qu'elle s'est fixés. « On parle de problème de décision organisationnelle non seulement lorsqu'une organisation est placée dans une situation difficile (comme par exemple en contexte de non rentabilité financière) mais aussi lorsqu'une organisation évolue tout à fait bien et est simplement placée devant de nouvelles opportunités comme par exemple s'implanter dans un nouveau marché prometteur .

Ce qui distingue particulièrement les problèmes organisationnels des problèmes individuels c'est souvent la plus grande complexité des premiers reflétée par le nombre d'entités et d'attributs impliqués, le nombre d'objectifs visés et le nombre d'individus concernés par le problème »⁽²⁾.

En effet, les modes de gestion dans une organisation, et par voie de conséquence le processus décisionnel, diffèrent et se compliquent à mesure que les activités se diversifient et que leur domaine s'étend. Dans ce contexte, le gestionnaire est appelé à prendre, à différentes étapes de l'activité, des décisions dont la nature et l'application dans le temps, déterminent sa réussite et celle de l'organisation.

⁽¹⁾ et ⁽²⁾ – Aouni,B., op. cit. p5 .

L'évolution perpétuelle des organisations et la complexité de leurs activités ont impliqué une évolution parallèle du processus décisionnel afin de l'adapter à la nature des problèmes rencontrés et de trouver les solutions qui conviennent.

C'est ainsi que de nos jours la prise de décision s'appuie sur des méthodes scientifiques à même d'aider le gestionnaire à faire des choix plus éclairés dans le processus décisionnel. Ces méthodes comportent notamment l'analyse statistique, la programmation mathématique, les méthodes de prévision et l'analyse multicritère.

La plupart des outils précités sont utilisés dans l'approche classique des problèmes de prise de décision, c'est-à-dire l'approche monocritère qui a pour but la rationalisation de la prise de décision par l'optimisation d'un seul critère à savoir par exemple: maximiser le profit ou minimiser le coût. Cette approche se base sur des moyens mathématiques pour formuler et résoudre des situations décisionnelles et arriver à une solution optimale dont l'existence repose sur un postulat. Néanmoins, « ce postulat impose des contraintes difficilement vérifiables en pratique telles que: l'existence d'une solution pour tout problème de prise de décision, la globalité de la solution optimale, la stabilité de l'ensemble des solutions, et la complète comparabilité transitive des préférences. Par ailleurs, les préférences sont en pratique souvent floues, incomplètement formulées, non transitives, différentes d'un auteur à l'autre, et susceptibles d'évolution tout au long du processus décisionnel. Aussi, il existe des biens incommensurables qui ne permettent pas la modélisation des préférences en économie et en gestion »⁽¹⁾.

⁽¹⁾ -Aouni, B., « Le modèle de la programmation Mathématique avec but dans un Environnement Imprécis : sa formulation, sa résolution et une application », thèse de doctorat (PHD), Université Laval, février 1998, p2.

De plus, l'approche monocritère ne tient pas compte des préférences du décideur. En d'autres termes, c'est le modèle mathématique, conçu par l'analyste, qui prend en charge le fait de trouver la solution optimale⁽¹⁾.

Toutes ces insuffisances ont conduit à l'introduction de changements dans la théorie de la décision, afin d'apporter une solution aux problèmes posés; changements qui proviennent de l'aide multicritère à la décision.

1-1-2 La nature multicritère de la décision dans les organisations

La prise de décision étant le pilier de la gestion, elle est pratiquée continuellement dans le but de réaliser les objectifs de l'organisation. Avec l'évolution constante des organisations et la complexité de leur activités, l'approche monocritère ne présente plus fidèlement la situation dans la vie pratique, et ne répond donc plus aux préoccupations des gestionnaires. Ce qui a poussé ces derniers à se tourner vers l'approche multicritère qui répond mieux au contexte de l'organisation. En effet l'aide multicritère à la décision est une nouvelle approche qui a ses propres concepts, modèles, et méthodes assez récentes et en plein développement. « Elle vise, comme son nom l'indique à fournir au décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs points de vue (objectifs), souvent contradictoires, doivent être pris en compte. La première constatation qui doit être faite, lorsqu'on aborde un tel problème, est qu'il n'existe pas, en général une décision (solution) qui soit la meilleure simultanément pour tous les points de vue (objectifs). Le mot « optimisation » n'a donc plus de sens dans un tel

⁽¹⁾ - Aouni,B., Op.Cit p2

contexte; contrairement aux techniques classiques de la recherche opérationnelle (monocritère), les méthodes multicritères ne fournissent pas de solutions « objectivement les meilleures » (ces solutions n'existent pas). C'est pourquoi le mot « Aide » paraît important ⁽¹⁾. L'approche multicritère implique, dans le processus décisionnel, le décideur qui doit faire des compromis en exprimant ses préférences, pour trouver la solution jugée satisfaisante. Elle se caractérise par l'échange et l'interaction entre le décideur, son milieu et l'analyste. Il y a lieu de souligner que cette interactivité a occupé une place de plus en plus importante dans les procédures proposées.

Les prochaines sections traiteront des deux approches sur lesquelles se base la recherche opérationnelle à savoir « l'approche monocritère » et « l'approche multicritère », en mettant en évidence leurs caractéristiques.

1-2 L'approche monocritère

Il est incontestable que la prise de décision prend appui sur la recherche opérationnelle. Jusqu'à assez récemment, lorsqu'un gestionnaire devait prendre une décision, dans la plupart des cas, si ce n'est dans tout les cas, il faisait appel aux techniques ou modèles de la recherche opérationnelle dite classique ou monocritère qui demandent l'existence d'une fonction objectif unique (d'un seul critère). Ces techniques ou modèles se préoccupent essentiellement d'optimiser cette fonction.

⁽¹⁾ -Philippe Vincke, « L'aide Multicritère à la Décision », Editions de l'université de Bruxelles, 1989, p18.

D'ailleurs, plusieurs chercheurs provenant de diverses disciplines telles que l'économie, les statistiques, les mathématiques et la recherche opérationnelle ont effectué les premiers travaux sur la théorie de la décision qui se base sur le concept de la rationalité de la décision, fondée sur les axiomes suivants:

- la globalité de la solution « optimale » ;
- La stabilité de l'ensemble des solutions potentielles (actions) ;
- La complète comparabilité transitive des préférences du décideur.

Pendant plusieurs années, la recherche opérationnelle (l'optimisation monocritère) à prédominé dans le domaine de la prise de décision. « Son domaine de réussite est constitué de tous les problèmes qu'il est possible d'isoler du processus de gestion du système (ex:choix du mélange optimal pour les rations alimentaires destinées au bétail). Par contre, le domaine d'échec de l'optimisation monocritère comprend toutes les décisions de gestion qu'on ne peut isoler de leur contexte (ex: tracé d'une autoroute) »⁽¹⁾. C'est vers la fin des années cinquante qu'une nouvelle approche est apparue: «L'approche multicritère » L'approche multicritère s'est substituée à l'approche monocritère en raison des nombreuses insuffisances qui grèvent cette dernière. En dépit de ces insuffisances, les adeptes de l'approche monocritère ont continué leurs recherches dans le but de protéger ce qui caractérise cette théorie à savoir, la rationalité.

En effet, l'approche monocritère vise à rationaliser l'activité de la prise de décision en se basant sur l'optimisation d'un seul critère. Elle s'est dotée de moyens et d'outils mathématiques pour la construction d'un modèle.

⁽¹⁾ -Ben Mena, S., « Introduction aux Méthodes Multicritères d'Aide à la décision », Biotechnol. Agron. Soc. 2000. p 84.

Ce modèle possède la bonne caractéristique d'être bien structuré, et donne lieu à un problème mathématique «bien posé». Cela ne garantit pas qu'il soit bien formulé eu égard au monde pratique concerné; cela veut simplement dire que le problème est posé en des termes tels que la solution en est entièrement déterminée par sa seule formulation⁽¹⁾.

- Formulation monocritère d'un problème de décision

Le modèle le plus utilisé dans l'approche monocritère est la programmation linéaire. C'est la méthode la plus utilisée dans la recherche opérationnelle. Elle peut même résoudre des problèmes de décision qui ne relèvent pas de la programmation linéaire en les réduisant par des transformations convenables à des problèmes de PL.

Un problème de PL comporte deux parties distinctes:

-Une fonction linéaire:

$$\text{OPT (Max ou Min) } f(x_1, \dots, x_n) \rightarrow \text{fonction objectif}$$

La fonction objectif doit être maximisée ou minimisée selon qu'elle représente un gain ou une perte.

- un nombre de contraintes linéaires qui expriment les conditions du problème.

Pour mieux illustrer cette situation, un exemple numérique hypothétique sera présenté plus loin.

⁽¹⁾ - Jean-Marc Martel, « L'aide Multicritère à la décision : méthodes et applications », CORS-SCRO. 1999 Annual Conference. P1.

Néanmoins, pour obtenir une solution optimale à ces problèmes, il faut que les trois axiomes mentionnés précédemment soient vérifiés. Ces axiomes se résument comme suit⁽¹⁾ :

- a) La globalité de la solution optimale: Chercher une solution parmi plusieurs actions potentielles suppose qu'on peut désigner une action unique comme la meilleure. Cela suppose aussi que chacune des actions potentielles englobe tous les aspects de la question, et que ces actions sont mutuellement exclusives. Ce qui est difficile à vérifier dans le monde pratique.
- b) La stabilité de l'ensemble des solutions potentielles (ensemble d'actions): Cet axiome impose la stabilité de l'ensemble des actions potentielles en cours d'étude, c'est-à-dire qu'aucune d'elles ne peut être remise en cause ni abandonnée, et qu'aucune nouvelle action ne peut être introduite dans "l'ensemble". Ce qui n'est pas le cas là aussi car, d'une part, l'historique des analyses démontre que l'étude d'un problème dans une organisation fait à elle seule apparaître de nouvelles idées qui sont autant de nouvelles actions potentielles, et d'autre part, des contraintes internes et/ou externes peuvent remettre en question des actions potentielles ou en demander d'autres.
- c) La complète comparabilité transitive des préférences du décideur: La critique qu'on peut faire à cet axiome tient en trois points:
 - Il ne tient pas compte de la situation d'incomparabilité ;
 - Il omet la situation d'intransitivité de l'indifférence, qui débouche sur la préférence faible;
 - Il omet également la situation d'intransitivité de la préférence elle-même.

⁽¹⁾ - Scharlig, A., « Décider sur plusieurs critères » Panorama de l'aide à la décision multicritère, Presses Polytechniques, Romandes, Lausanne, 1985, p 17, 19, 20, 21,22 : Notes revues et organisées par nous même de cette page jusqu'à la page 19 de ce mémoire.

L'incomparabilité est la situation dans laquelle se trouve une personne (un décideur), appelée à choisir entre deux alternatives (actions) dont les éléments de comparaison n'existent pas ou recèlent des imperfections. Il y a lieu de souligner que cette situation, avant tout humaine, existe aussi bien dans la vie courante que dans l'organisation, et qu'elle ne peut être ignorée.

L'intransitivité de l'indifférence repose elle aussi sur des considérations humaines qui s'opposent aux mathématiques. La relation d'indifférence évoque certes "l'égalité", cependant elles ne doivent pas être confondues car la seconde est transitive mais la première ne l'est pas. Cette affirmation est fort bien illustrée par l'exemple d'une série de sandwiches formés de pain et de fromage dans des proportions différentes; de moins en moins de fromage et de plus en plus de pain, et de manière à ce que la différence des quantités substituées ne soit pas humainement ressentie d'un sandwich à l'autre. Il est évident dans ce cas, que si l'indifférence se manifeste entre deux termes de chaque substitution, il y aura préférence entre le premier sandwich et le dernier. Cet exemple illustre aussi les raisons qui ont conduit certains acteurs à assimiler l'indifférence à la préférence faible.

L'intransitivité de la préférence peut aussi être démontrée par l'exemple qui suit ; seulement il ne s'agira pas d'une action préférée à une autre mais qui la surclasse, ce qui ne change rien au fond du problème. C'est un tournoi sportif qui oppose trois équipes A, B, C, de trois joueurs chacune. Dans cette discipline sportive individuelle (Tennis, Jeu d'Echec, ou autre), chaque joueur doit affronter un à un les six autres joueurs des deux équipes adverses. Ainsi, c'est le nombre de victoires réalisées par chaque équipe face aux deux autres qui permet de tirer le classement final de ces équipes. Aussi, chaque joueur ayant une valeur intrinsèque, représentée au tableau ci-dessous, c'est le plus côté qui gagne la partie.

	1	2	3
A	8	1	6
B	3	5	7
C	4	9	2

Référence : Sharlig A., « Décider sur plusieurs critères », 1985.

(**A, B, C**, noms des équipes) (**1, 2, 3**, numéros des joueurs dans l'équipe)

Partant de ces données les scores réalisés seront:

- entre A et B, cinq victoires contre quatre défaites
- entre B et C, cinq victoires contre quatre défaites.

A ce stade de la réflexion, l'équipe A sera classée première, B deuxième, et C troisième (dernière). Or, le score réalisé entre C et A avec les mêmes données, est en faveur de C par cinq victoires contre quatre défaites. Ce qui revient à dire que si A bat B et que B bat C, A ne bat pas forcément C.

Ce qui précède démontre clairement que les trois axiomes sur lesquels repose l'approche monocritère ne sont pas vérifiés en pratique; ce qui remet en cause les fondements même de l'approche monocritère.

De plus, ainsi que mentionné dans l'introduction, l'approche monocritère ne tient pas compte des préférences du décideur et l'isole de ce fait, car la solution optimale est donnée par le modèle mathématique conçu par l'analyste.

Toutes les anomalies décelées dans l'approche monocritère à savoir: remise en cause de ses fondements, isolement du décideur, et incapacité de répondre aux préoccupations des gestionnaires face à l'évolution des organisations, ont conduit ces derniers à s'orienter vers l'approche multicritère.

1-3 L'approche multicritère

Depuis une trentaine d'années, le domaine de l'aide multicritère à la décision connaît une évolution importante. Cette évolution s'est traduite aussi bien dans les congrès et les publications à caractère académique (ou théorique) que dans les études concrètes qui proposent des méthodes et techniques assez récentes et en plein développement, en remplacement des techniques classiques d'optimisation de la recherche opérationnelle. Assurément, l'approche multicritère prend appui sur la recherche opérationnelle et cela a été affirmé par Mareschal lors d'une conférence donnée à Gembloux (11/3/98) disant que « l'analyse multicritère est une sorte de prolongement de la recherche opérationnelle, mais certainement pas une rivale qui cherche à l'éliminer ».

En d'autres termes, les chercheurs et les praticiens sont de plus en plus conscients de la présence de critères multiples dans les problèmes concrets de gestion et de décision, quelle que soit leur nature: de la gestion du ménage privé à celle de l'Etat, en passant par toutes les formes d'entreprises.

Une très grande partie des problèmes de décisions se caractérisent par la diversité des points de vue qui sont souvent contradictoires et qui mesurent des choses de nature différente. La résolution de ce type de problèmes doit tenir compte simultanément de tous les points de vue jugés pertinents par le décideur.

En effet, l'approche multicritère se caractérise par le fait que plusieurs critères (points de vue conflictuels) sont à considérer dans le processus décisionnel. Cette approche trouve sa source et sa justification dans le constat qu'il est difficile, sinon impossible d'optimiser tous les points de vue devant lesquels le gestionnaire se trouve confronté dans la plupart des situations décisionnelles.

« Nombreuses sont les situations concrètes où les conséquences sont suffisamment complexes pour qu'une seule fonction objectif (un seul critère) ne puisse appréhender adéquatement toute l'information nécessaire à la comparaison globale des actions (projets, options,...). Quelle que soit la manière dont on envisage d'apporter des éléments de réponse à des questions ayant pour objet d'éclairer une décision, il est nécessaire de s'intéresser aux conséquences qu'entraîne la mise à exécution de chacune des actions envisagées. En général, ces conséquences sont multiples et s'apprécient en des termes fort variés (économique, technique, de confort, de prestige) »⁽¹⁾.

Le fait que l'approche multicritère agrège dans la même fonction plusieurs critères (objectifs) que le décideur souhaite optimiser simultanément, il devient difficile pour ce dernier de donner une interprétation économique à la valeur de cette fonction car d'une part, les unités de mesure diffèrent d'un objectif à l'autre, et d'autre part, il est impossible d'optimiser simultanément tous les critères. C'est ce qui fait dire qu'un problème à objectifs multiples est un problème mathématiquement « mal posé »; ce qui ne veut pas dire aussi qu'il est « mal formulé », et c'est ici que réside la principale difficulté d'un problème multicritère; c'est-à-dire sans solution objectif. Il n'existe pas en général, d'action meilleure que toutes les autres simultanément pour tous les critères.

⁽¹⁾ - Jean-Marc Martel, op.cit p2.

C'est pourquoi le décideur est appelé à faire des compromis entre ces objectifs pour trouver des solutions satisfaisantes.

Résoudre un problème de décision multicritère consiste à aider le décideur à maîtriser les données (souvent complexes) de son problème et à progresser vers une solution; celle-ci sera donc plutôt « une action de compromis » et il faut accepter qu'elle dépende fortement de la personnalité du décideur, et des circonstances dans lesquelles se fait l'aide à la décision.

Par le recours aux compromis le décideur révèle implicitement sa structure de préférences; il exprime ainsi la compensation en utilisant par exemple le coefficient de l'importance relative de chaque objectif afin de voir ce qu'il est prêt à céder sur un objectif pour gagner sur un autre. C'est aussi par le recours aux compromis que le décideur est au centre du processus décisionnel; ce qui n'est pas le cas dans l'approche monocritère⁽¹⁾.

1-3-1 La nature des problèmes d'aide multicritère à la décision

« Un problème de décision multicritère est une situation où, ayant à définir un ensemble A d'actions et une famille F cohérente de critères sur A, on désire:

- Soit déterminer un sous-ensemble d'actions considérées comme les meilleures vis-à-vis de F (problème de choix) ;
- Soit partitionner A en sous-ensembles suivant des normes préétablies (problème de tri) ;
- Soit ranger les actions de A de la meilleure à la moins bonne (problème de rangement) »⁽²⁾.

Les actions potentielles sont évaluées par rapport à plusieurs critères, sont notés par $h_1, h_2, \dots, h_j, \dots, h_p$. L'évaluation d'une action a suivant le critère j est notée

⁽¹⁾ - Aouni, B., (PHD), op.cit. p12.

⁽²⁾ -Philippe Vincke, op.cit p 54.

$h_j(a)$. Ainsi, un vecteur de performance $h(a) = \{h_1(a), h_2(a), \dots, h_j(a), \dots, h_p(a)\}$ est associé à chacune des actions de l'ensemble A.

« Lorsque A est défini implicitement (en général ensemble infini), les contraintes étant explicites, dans ce cas, on a recours à la programmation mathématique à objectifs multiples (PMOM) et on désigne souvent l'ensemble des actions admissibles par le symbole X »⁽¹⁾

1-3-2 Les méthodes multicritère

On peut recenser un très grand nombre de méthodes multicritère. La plupart de ces méthodes appartiennent à l'une ou à l'autre des trois grandes familles⁽²⁾ suivantes:

- 1)- La théorie de l'utilité multiattribut ;
- 2)- Les méthodes de surclassement ;
- 3)- Les méthodes interactives.

Les méthodes appartenant à la troisième famille, les plus récentes, se sont principalement développées dans le contexte de la programmation mathématique à objectifs multiples (PMOM). Elles alternent les étapes de calcul (fournissant les compromis successifs) et les étapes de dialogue (source d'informations supplémentaires sur les préférences du décideur).

La première famille, d'inspiration américaine, consiste à agréger les différents points de vue (critères) en une fonction unique (un seul critère) qu'il s'agit ensuite d'optimiser. Les travaux relatifs aux méthodes multicritère appartenant à cette approche étudient les conditions d'agrégation, les formes particulières de la fonction agrégeante et les méthodes de construction de ces fonctions.

⁽¹⁾ - Jean-Marc Martel, op.cit, p2.

⁽²⁾ - Jean-Marc Martel, op.cit, p4.

La deuxième famille, d'inspiration française, vise dans une première étape à construire des relations binaires entre les alternatives, appelées relations de surclassement, pour représenter les préférences du décideur, compte tenu de l'information disponible. Ces relations indiquent dans quelle mesure on peut considérer qu'une action x est « au moins aussi bonne » qu'une action y . Elles ont été exclusivement développées dans le cas d'un nombre fini d'alternatives, (Roy 93). Dans certaines des méthodes multicritère s'inscrivant dans cette voie, avant de construire ces relations de surclassement, on introduit des seuils de discrimination (indifférence, préférence) et même de veto, au niveau de chacun des critères, pour modéliser localement les préférences du décideur. Ces relations ne sont, en général, ni transitives, ni complètes. La seconde étape consistera à exploiter la relation de surclassement en vue d'aider le décideur à résoudre son problème. Les principales méthodes ou familles de méthodes appartenant à cette approche sont: ELECTRE, PROMETHEE, ORESTE, QUALIFLEX.

1-3-3 La programmation mathématique à objectifs multiples

La programmation mathématique à objectifs multiples constitue certainement la classe de problèmes multicritère la plus étudiée. Comme l'optimisation simultanée des objectifs est impossible, la PMOM essaye d'établir un ensemble de solutions efficaces ou réalisables; leur caractérisation et leurs propriétés ont été étudiées par de nombreux auteurs surtout dans le cas linéaire (Ecker et al., 1980; Evans et Steuer, 1973; Cal, 1977; Yu et Zeleney, 1975).

Il est utile de noter que les chercheurs se sont d'abord intéressés à la détermination de l'ensemble des solutions efficaces (réalisables) d'un problème linéaire à objectifs multiples, ensuite, ils se sont préoccupés de la détermination interactive d'une solution de compromis.

La programmation mathématique à objectifs multiples est donc en fait un problème de décision où il s'agit de trouver un vecteur $X \in \mathbb{R}^n$ satisfaisant des contraintes de type $g_k(x) \leq 0$ (pour $k = 1, 2, \dots, m$).

La structure d'un problème de PMOM peut être formulée comme suit⁽¹⁾:

OPT (Maximiser ou Minimiser) [$f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)$]

Sujet aux contraintes

$$g_k(x) \leq 0 \quad (\text{pour } k = 1, 2, \dots, m)$$

$$x \in X \subset \mathbb{R}^n$$

Où

$f_i(x)$: représentent les fonctions objectifs (pour $i = 1, 2, \dots, p$);

$g_k(x)$: représentent les contraintes (pour $k = 1, 2, \dots, m$);

X : est l'ensemble des solutions réalisables.

⁽¹⁾ - Aouni, B., op.cit. p9

1-3-4 Distinction entre les méthodes de surclassement et la programmation mathématique à objectifs multiples

A travers la présentation de la PMOM dans les sections précédentes on peut faire la distinction entre cette dernière et les méthodes de surclassement, et pour cela, il y a lieu de se référer à la définition du concept de surclassement donnée par B.Roy : « une relation de surclassement est une relation binaire S définie dans A telle que $A \succ B$ si, étant donné ce que l'on sait des préférences du décideur et étant donné la qualité des évaluations des actions et la nature du problème, il y a suffisamment d'arguments pour admettre que A est aussi bonne que B sans qu'il y ait de raison importante de refuser cette affirmation »⁽¹⁾.

Bien entendu, une relation de surclassement n'a aucune raison d'être complète ni transitive. Elle ne permet pas, en général, d'obtenir immédiatement un meilleur compromis ou un rangement des actions.

Une méthode de surclassement peut donc être scindée en deux étapes: la construction de la relation de surclassement et son exploitation en vue de la problématique choisie. La plupart des méthodes de surclassement ont été proposées pour des problèmes où l'ensemble A des actions est fini.

1-3-5 Exemple d'illustration

Pour mieux illustrer les deux situations : monocritère et multicritère, nous présentons l'exemple numérique hypothétique suivant :

⁽¹⁾ - Philippe Vincke, op.cit p86.

Exemple : Une entreprise est appelée à choisir un projet d'investissement parmi 4 projets assez importants. Ces quatre projets (actions) sont évalués dans un premier temps, par rapport à un seul objectif f_j , qui désigne le profit espéré du projet. Le décideur désire maximiser son profit en considérant les contraintes imposées par l'environnement de l'entreprise, et un seul projet sera retenu par l'entreprise. Cela est traduit par une contrainte qui fait en sorte que la somme des variables de x_j soit égale à 1.

La matrice d'évaluation se présente comme suit :

Projets	$f_i(x)$ (en millions de dinars)
x1	80
x2	95
x3	69
x4	58

Tableau 1-1 : Représente le profit espéré des projets d'investissement

La recherche du projet d'investissement à retenir revient à résoudre le programme mathématique suivant :

$$\text{Maximiser } Z = 80x_1 + 95x_2 + 69x_3 + 58x_4$$

Sujet aux contraintes

$$C_x \leq c$$

$$\sum x_j = 1$$

$$x_j = 0 \text{ ou } 1 \text{ (pour } j = 1, 2, \dots, 4)$$

Le premier cas montre la situation monocritère où il y a un seul objectif à minimiser.

Dans le cas qui suit on ajoutera un deuxième critère (objectif) f_2 qui est le nombre d'emplois engendrés par chaque projet afin d'éclaircir la situation multicritère où les objectifs sont souvent conflictuels et les unités de mesure associées incommensurables. Dans une telle situation le décideur cherche l'action (solution) qui satisfait le mieux tous les objectifs à la fois, en tenant compte des contraintes de l'environnement bien sûr.

On reprend le tableau du précédent exemple et on y ajoute les données complémentaires.

Projets	$F_1(x)$ en millions de dinars	$F_2(x)$ en nombre d'emplois
x_1	80	60
x_2	95	75
x_3	69	57
x_4	58	45

Tableau 1-2 : Représente le profit espéré et les emplois engendrés par chaque projet d'investissement.

La résolution du problème dans cette situation se fait comme suit :

$$\text{Max } \{f_1(x), f_2(x) / x \in A\}$$

Sujet aux contraintes

$$C_x \leq c$$

$$\sum x_j = 1$$

$$x_j = 0 \text{ ou } 1 \quad (\text{pour } j = 1, 2, \dots, 4)$$

$$x \in X \subset R_n \text{ (ensemble des solutions réalisables)}$$

1-4 Conclusion

La méthodologie multicritère vise l'intégration du décideur dans le processus décisionnel à partir de la phase de formulation du problème de choix et jusqu'à la phase de résolution. De plus, cette vision considère que les préférences du décideur sont évolutives, contrairement à l'approche d'optimisation monocritère qui les considère comme étant connues et stables.

Dans le prochain chapitre on étudiera un modèle particulier de la programmation mathématique à objectifs multiples qui constitue certainement la classe de problèmes multicritère la plus étudiée dans la littérature. C'est "le modèle de la programmation mathématique avec buts" connu sous l'appellation anglaise "Goal Programming" (GP).

Une mention particulière doit être faite pour la méthodologie du "Goal Programming" qui, à elle seule, a fait l'objet d'une foule de travaux théoriques et appliqués. Cette méthodologie repose sur le schéma de base suivant:

- 1- fixer les valeurs que l'on désire atteindre sur chaque critère (ceux sont les objectifs);
- 2- définir des déviations (positives et négatives) par rapport à ces objectifs ;
- 3- minimiser la somme de ces déviations ;

Cette méthodologie, d'abord développée dans le cadre de la programmation linéaire, a été étendue à tous les autres types de programmation mathématique.

Chapitre 2

Le Modèle de la
Programmation Mathématique avec Buts
« Goal Programming »

2-1 Introduction

Le Goal Programming est peut être l'approche la plus ancienne dans le champ de l'aide multicritère à la décision. C'est la technique de programmation multiobjectifs la plus connue étant donné le nombre d'articles publiés traitant des applications de ce modèle sous diverses formes et dans divers domaines.

Aujourd'hui, le Goal Programming est vivant plus que jamais; il est soutenu par un réseau de chercheurs et de praticiens qui l'alimentent constamment de développements théoriques et d'applications retentissantes⁽¹⁾.

En fait, le Goal Programming a des centaines de monographies et de papiers scientifiques en sa faveur et des centaines d'applications couvrant un nombre impressionnant de domaines et de disciplines.

Les racines du Goal Programming se trouvent dans un papier écrit par Charnes et al en 1955. Une définition plus explicite a été donnée par Charnes et Cooper en 1961, dans laquelle le terme Goal Programming est utilisé pour la première fois. Jusqu'au milieu des années 70, les applications du Goal Programming rapportées dans les écrits étaient plutôt rares. Depuis ce temps, et principalement grâce aux travaux de fond réalisés par Lee et Ignizio, un impressionnant développement des applications du Goal Programming et des améliorations techniques se sont produits⁽²⁾.

⁽¹⁾ – B.Aouni et O.Kettani, « Goal Programming Model : A glorious history and promising future, European Journal of Operational Research, 2001,(225-231), p 225.

⁽²⁾ – M.Tamis, D.Jones et C.Romero, « Goal Programming for Decision Making: An overview of the current state-of-the-art, European Journal of Operational Research, 1998, (569-581),p 569-570 .

En ce qui concerne le développement méthodologique, il y a eu beaucoup d'extensions au modèle du Goal Programming tels que le GP Pondéré,

le GP Lexicographique, le GP non linéaire, le GP Stochastique, le MinMax GP , le GP avec intervalles etc. Toutes ces variantes ont été développées pour des contextes décisionnels spécifiques.

Le modèle du Goal Programming est devenu très populaire eu égard aux nombreuses applications et variantes dont il a fait l'objet. « Cette grande popularité est due, d'une part, au fait qu'il est facile à comprendre et d'autre part, au fait qu'il est facile à appliquer puisqu'il constitue une extension de la programmation mathématique linéaire pour laquelle des algorithmes de résolution très performants sont disponibles »⁽¹⁾.

Le GPP et le GPL sont les plus populaires alors que les autres variantes du Goal Programming ont connu peu d'applications.

Parmi les domaines d'application du Goal Programming et ses variantes on retrouve la gestion de la comptabilité, le marketing, les ressources humaines, la gestion de la qualité (qui est le thème de notre étude), les télécommunications, l'agriculture, l'aviation ...etc.

Ce chapitre présentera le modèle du Goal Programming dans sa forme standard, en en citant quelques insuffisances mises en évidence par les chercheurs, avec ses principales variantes qui sont le GPP, le GPL et le GP avec Intervalles.

2-2 La forme standard du Goal Programming

La première étape dans la formulation du modèle du GP est l'établissement d'un groupe d'attributs ou objectifs (profit, production, coût...) en fonction du

⁽¹⁾ - Aouni, B., « Le modèle de la programmation Mathématique avec but dans un Environnement Imprécis : sa formulation, sa résolution et une application », thèse de doctorat (PHD), Université Laval, février 1998, p21.

problème posé. Une fois le groupe d'objectifs établi, il est nécessaire de déterminer la valeur du but g_i , c'est-à-dire le niveau de réalisation désiré pour chaque objectif, que ce niveau soit exactement satisfait, supérieur ou inférieur à la valeur indiquée.

Les variables de déviation sont ensuite introduites dans le modèle du GP ; elles peuvent être négatives (représentées par δ_i^- ou m_i) ou positives (représentées par δ_i^+ ou p_i). Les variables de déviation négatives représentent la quantification de non réalisation du but, c'est-à-dire le nombre des unités dans lesquelles le i ème but n'était pas satisfait par rapport à l'objectif établi. Les variables de déviation positives représentent le contraire, c'est-à-dire le nombre des unités dans lesquelles la réalisation du i ème but a été surpassée par rapport à l'objectif proposé.

Le but global du GP est de minimiser les déviations entre la réalisation des buts et leurs niveaux d'aspiration.

La forme standard du GP est la suivante⁽¹⁾ :

$$\text{Minimiser } Z = \sum_{i=1}^p (\delta_i^+ + \delta_i^-)$$

Sujet aux contraintes:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i \quad (\text{pour } i = 1, 2, \dots, p)$$

$$C_x \leq c \quad \text{contraintes de système}$$

$$X_j \geq 0 \quad (\text{pour } j = 1, 2, \dots, n)$$

$$\delta_i^+ \text{ et } \delta_i^- \geq 0 \quad (\text{pour } i = 1, 2, \dots, p)$$

⁽¹⁾ -Aouni, B., op.cit. (PH D), p18.

$f_i(x)$: représentent les objectifs avec $f_i(x) = \sum a_{ij} x_j$ (pour $i = 1, 2, \dots, p$)

g_i : le but fixé pour le i ème objectif (pour $i = 1, 2, \dots, p$)

x_j : la j ème variable de décision (pour $j = 1, 2, \dots, n$)

a_{ij} : les paramètres technologiques

C : la matrice des coefficients reliés aux contraintes du système

c : le vecteur des ressources disponibles.

Il faut noter que pour chaque but au moins une des deux variables doit être égale à zéro. En effet, il est possible pour le but d'être réalisé exactement avec respect de l'ensemble des objectifs. Dans ce cas là, aussi bien la variable de déviation positive que la variable de déviation négative seront égales à zéro ($\delta_i^+ = 0, \delta_i^- = 0$). Si le but est satisfait en excès la variable de déviation négative sera égale à zéro ($\delta_i^- = 0$), et s'il est en dessous de l'objectif, la variable de déviation positive sera égale à zéro ($\delta_i^+ = 0$). En d'autres termes, pour un objectif i quelconque, nous ne pouvons être en même temps en dessous (δ_i^-) et en dessus (δ_i^+) du but fixé g_i .

Il n'est pas nécessaire que les déviations positive et négative, pour un même but, apparaissent en même temps dans une fonction objectif; et de ce fait, cette dernière peut prendre les formes suivantes :

-« Si le i ème but est supérieur ou égal au niveau de réalisation établi ($f_i(x) \geq g_i$), il est alors nécessaire pour la variable négative δ_i^- de prendre la plus petite valeur possible (dans ce cas là, il y a lieu de minimiser δ_i^-).

-Si le i ème but est inférieur ou égal au niveau de réalisation établi ($f_i(x) \leq g_i$), alors la variable positive δ_i^+ doit prendre la plus petite valeur possible (dans ce cas là, il est nécessaire de minimiser δ_i^+).

-Et, si le i ème but est satisfait par rapport au niveau de réalisation ($f_i(x) = g_i$), alors non seulement la variable négative δ_i^- mais aussi la positive δ_i^+ doivent prendre les plus petites valeurs possibles (dans ce cas là, la minimisation de la somme de $(\delta_i^- + \delta_i^+)$ est nécessaire) »⁽¹⁾.

Ce modèle résout les problèmes de choix auxquels est confrontée l'entreprise pour décider de lieux d'implantation adéquats pour la réalisation de divers projets dans le cadre de son activité (points de vente, ouvrages...). Le problème se pose de manière accrue lorsque l'entreprise doit choisir entre plusieurs endroits, de façon à ce que l'emplacement retenu lui permette de réaliser un certain nombre d'objectifs.

Il résout également les problèmes d'ordre quantitatif tels que la détermination des quantités nécessaires de produits à fabriquer, qui permettent d'assurer simultanément la minimisation des coûts, la maximisation des profit, la satisfaction des clients, etc...

Ce qui précède, est illustré par les deux exemples ci-après:

⁽¹⁾ - Carlos Romero, "Handbook of Critical Issues in Goal Programming", PERGAMON PRESS, P 3.

Exemple 2-1 (problème de choix) :

Le gouvernement Algérien a le mandat de choisir deux emplacements pour l'installation de deux centrales hydroélectriques dans des villes du pays de façon à ce que les retombées globales permettent de se rapprocher le plus possible des buts fixés pour un ensemble d'objectifs. Pour installer ces deux centrales, le gouvernement doit choisir deux villes parmi les suivantes: Tlemcen, Mascara, Alger, Ghelizane, Bouira et Béchar. De plus, pour des raisons stratégiques, Béchar et Mascara ne peuvent être retenues simultanément (c'est-à-dire que si Béchar est choisie, Mascara doit être rejetée et vice-versa). Les objectifs retenus pour apprécier la performance de chaque emplacement sont :

Obj.1: l'effectif en main d'oeuvre nécessaire au fonctionnement de l'installation
(en nombre de personnes) ;

Obj.2: la puissance électrique de la station exprimée en MW;

Obj.3: le coût de construction exprimé en milliards de dinars ;

Obj.4: les coûts d'entretien annuel exprimés en millions de dinars;

Obj.5: le nombre de villages à évacuer pour permettre la retenue d'eau;

Obj.6: une mesure du degré de sécurité.

L'évaluation des six villes selon chacun des six objectifs est représentée dans le tableau ci-après :

Villes	Obj.1	Obj.2	Obj.3	Obj.4	Obj.5	Obj.6
Tlemcen	80	90	60	9	8	5
Mascara	65	58	20	10	1	1
Alger	83	60	40	7	4	7
Ghelizane	40	80	100	7	7	10
Bouira	52	72	60	2	3	8
Béchar	94	96	70	4	5	6
Buts	90	170	60	7	6	10

Tableau 2-1: Evaluation des six villes selon chacun des six objectifs

Ainsi, par exemple, si la centrale hydroélectrique est installée à Tlemcen : le projet nécessite alors une main d'œuvre de 80 personnes, permet d'atteindre une puissance de 90 MW, les coûts de construction et d'entretien sont respectivement 60 milliards DA et 9 millions DA, il y aura 8 villages à évacuer et le niveau de sécurité sera égal à 5. Pour chaque objectif, le gouvernement a fixé des buts de la manière suivante: 90 personnes pour la main d'œuvre, 170 MW pour la puissance électrique, 60 milliards DA pour le coût de construction, 7 millions DA pour les coûts d'entretien, six villages à évacuer et un degré de sécurité de 10.

Afin d'aider cet organisme à faire un choix plus éclairé, le problème décisionnel est formulé à l'aide du modèle du Goal Programming standard, de la manière suivante.

Solution

Formulation du programme:

$$\text{Min } Z = \delta_1^+ + \delta_2^- + \delta_3^+ + \delta_4^+ + \delta_5^+ + \delta_6^-$$

Sujet aux contraintes

$$80x_1 + 65x_2 + 83x_3 + 40x_4 + 52x_5 + 94x_6 + \delta_1^- - \delta_1^+ = 90$$

$$90x_1 + 58x_2 + 60x_3 + 80x_4 + 72x_5 + 96x_6 + \delta_2^- - \delta_2^+ = 170$$

$$60x_1 + 20x_2 + 40x_3 + 100x_4 + 60x_5 + 70x_6 + \delta_3^- - \delta_3^+ = 60$$

$$9x_1 + 10x_2 + 7x_3 + 7x_4 + 2x_5 + 4x_6 + \delta_4^- - \delta_4^+ = 7$$

$$8x_1 + x_2 + 4x_3 + 4x_4 + 3x_5 + 5x_6 + \delta_5^- - \delta_5^+ = 6$$

$$5x_1 + x_2 + 7x_3 + 10x_4 + 8x_5 + 6x_6 + \delta_6^- - \delta_6^+ = 10$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 2$$

$$x_j = \{0,1\} \text{ pour } j = 1,2,\dots,6$$

$x_j = 0$ si la ville n'est pas retenue

$x_j = 1$ si la ville est retenue

$$x_2 + x_6 \leq 1$$

Les variables de décision sont ainsi définies :

x_1 : Tlemcen ;

x_2 : Mascara ;

x_3 : Alger ;

x_4 : Ghilizane ;

x_5 : Bouira ;

x_6 : Béchar.

La résolution de ce problème se fait par l'utilisation du logiciel LINDO en remplaçant δ_i^+ par p_i et δ_i^- par n_i .

```
Min p1+N2+P3+P4+P5+N6
st
80x1+65x2+83x3+40x4+52x5+94x6+n1-p1=90
90x1+58x2+60x3+80x4+72x5+96x6+n2-p2=170
60x1+20x2+20x3+10x4+60x5+70x6+n3-p3=60
9x1+10x2+7x3+7x4+2x5+4x6+n4-p4=7
8x1+x2+4x3+4x4+3x5+5x6+n5-p5=6
5x1+x2+7x3+10x4+8x5+6x6+n6-p6=10
x1+x2+x3+x4+x5+x6=2
x2+x6<=1
end
int x1
int x2
int x3
int x4
int x5
int x6
```

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 33.00000

VARIABLE	VALUE
X1	0.000000
X2	0.000000
X3	0.000000
X4	1.000000
X5	1.000000
X6	0.000000
P1	2.000000
N2	18.000000
P3	10.000000
P4	2.000000
P5	1.000000
N6	0.000000
N1	0.000000
P2	0.000000
N3	0.000000
N4	0.000000
N5	0.000000
P6	8.000000

Les résultats sont ainsi résumés dans le tableau suivant.

Variables de décision	Variables de déviation		Fonction économique
$x_1 = 0$	$\delta_1^+ = 2$	$\delta_1^- = 0$	$Z = 33$
$x_2 = 0$	$\delta_2^+ = 0$	$\delta_2^- = 18$	
$x_3 = 0$	$\delta_3^+ = 10$	$\delta_3^- = 0$	
$x_4 = 1$	$\delta_4^+ = 2$	$\delta_4^- = 0$	
$x_5 = 1$	$\delta_5^+ = 1$	$\delta_5^- = 0$	
$x_6 = 0$	$\delta_6^+ = 8$	$\delta_6^- = 0$	

Tableau 2-2 : Résultats de la solution de l'exemple.

Au vu de ces résultats, la décision qui devra être prise par l'entreprise pour la résolution de ses objectifs est la suivante : x_4 : Ghilizane et x_5 : Bouira.

Exemple 2-2 (problème quantitatif) :

Une entreprise industrielle veut fabriquer deux produits, le produit A étant du lait et le produit B du yaourt.

Le tableau ci-dessous représente les quantités de matières premières M1 et M2 ainsi que le temps, nécessaires à la fabrication d'une unité de produit

	A	B	Disponibilité
M₁	1	2	600
M₂	1,5	3	850
Mach/H	0,25	0,1	100

Tableau 2-3 : Quantités de matières premières et temps de fabrication d'une unité de produit.

La vente des produits A et B génère des profits unitaires respectifs de 10 DA et 5DA. L'entreprise veut satisfaire les objectifs suivants.

Obj 1 : réalisation d'un profit maximum de 3000 DA

Obj 2 : fabrication d'une quantité de 200 unités pour le produit A. (délai de stockage réduit, produit périssable).

Obj 3 : le temps d'opération ne doit pas dépasser 100 heures pour les deux produits.

X_1 = représente la quantité de produit A à fabriquer.

X_2 = représente la quantité de produit B à fabriquer.

Solution :

Ainsi, la formulation mathématique de l'exemple, selon le modèle standard du GP, prend la forme suivante :

$$\text{Min } Z = \delta_1^- + \delta_2^- + \delta_2^+ + \delta_3^+$$

Sujet aux contraintes

$$20x_1 + 15x_2 + \delta_1^- - \delta_1^+ = 3000$$

$$x_1 + \delta_2^- - \delta_2^+ = 200$$

$$0,25x_1 + 0,1x_2 + \delta_3^- - \delta_3^+ = 100$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 600$$

$$1,5 x_1 + 3x_2 \leq 800$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

$$\delta_i^+, \delta_i^- \geq 0 \quad \text{pour } (i = 1, 2, 3)$$

En utilisant le logiciel LINDO, la résolution est faite comme suit:

```
min n1+n2+p2+p3
st
10x1+5x2+n1-p1=3000
x1+n2-p2=200
0.25x1+0.1x2+n3-p3=100
x1+2x2<=600
1.5x1+3x2<=850
end
```

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 11.11111

VARIABLE	VALUE
N1	0.000000
N2	0.000000
P2	11.111111
P3	0.000000
X1	211.111115
X2	177.777771
P1	0.000000
N3	29.444445

La solution est ainsi résumée dans le tableau qui suit

Variables de décision	Variables de déviation	Fonction économique
$x_1 = 211$	$\delta_1^+ = 0$ $\delta_1^- = 0$	$Z = 11$
	$\delta_2^+ = 11$ $\delta_2^- = 0$	
$x_2 = 177$	$\delta_3^+ = 0$ $\delta_3^- = 29$	

Tableau 2-4 : Résultats de la solution de l'exemple.

Le tableau présente les variables de décision susceptibles d'être prises par le gestionnaire en tenant compte des différentes contraintes. Pour minimiser la fonction des écarts (fonction objectif) l'entreprise doit produire 211 unités de x_1 et 177 unités de x_2 .

Critiques du modèle du GP

Le GP standard a été utilisé dans plusieurs applications, et ce, dans des domaines très variés. Ainsi il a acquis une forte popularité. Cela n'a pas empêché les chercheurs de soulever des critiques liées à certaines insuffisances; ce qui a provoqué l'apparition de plusieurs autres variantes venues remédier à ces carences. Parmi ces variantes (qui seront développées dans les sections suivantes) il y a lieu de citer le GP Pondéré qui permet au décideur d'attribuer des importances relatives différentes aux objectifs retenus (coefficients w_i) pour mieux les apprécier, et le GPL où l'importance relative des déviations n'est pas exprimée à l'aide des coefficients w_i , mais elle est plutôt implicite lors du regroupement des objectifs dans des classes. Les objectifs de la première classe étant plus importants que ceux de la deuxième classe et des classes subséquentes réunies.

Parmi les critiques qui ont été adressées au GP standard on retrouve :

- la fonction d'agrégation du GP standard est totalement compensatoire entre les différents objectifs où une mauvaise performance d'une action à l'égard d'un objectif est compensée par une bonne performance sur un autre objectif. En d'autres termes, la modélisation du GP ne peut pas détecter les solutions très médiocres.
- dans le modèle du GP standard, on tient très peu compte des préférences du décideur, ce qui ne répond pas à l'esprit du processus d'aide à la décision.
- les déviations qui composent la fonction du GP sont sensibles à l'échelle de mesure associée à chaque objectif.
- Le décideur ne peut pas donner une interprétation économique aux résultats obtenus par le modèle du GP dans sa forme standard car les unités de mesure sont différentes.

Pour contourner cette difficulté, plusieurs travaux proposent de normaliser les échelles de mesure. « La normalisation la plus fréquente est celle qui consiste à associer la même mesure de distance euclidienne aux variables d'écart positifs et négatifs »⁽¹⁾.

Selon Aouni, il est possible à la fois d'éviter les procédures de normalisation et d'intégrer les préférences du décideur dans le modèle du GP, et ce, en développant avec lui ses fonctions de préférences (fonctions de valeur, fonctions de pénalité ou fonctions de satisfaction) de concert avec le but qu'il a fixé pour chaque objectif.

⁽¹⁾ -Aouni, B., op.cit. . p 30.

Ce ne sont pas les seules difficultés qu'ait soulevé l'application du modèle du GP. Tel que souligné dans l'introduction de ce chapitre, parmi les critiques qui ont touché le modèle du GP, on retrouve celle reliée à la difficulté de fixer avec précision les valeurs des buts associés aux divers objectifs.

Souvent, le décideur fait face à des situations décisionnelles où il ne possède qu'une information partielle relative à certains paramètres de la situation décisionnelle. Ce manque d'information peut se traduire, en partie, par une imprécision ou une incertitude quant à la valeur de ces buts.

Afin de tenir compte de l'incertitude et de l'imprécision, il y a eu des tentatives de formulation du modèle du GP dans un environnement flou. Plus récemment Inuiguchi et Kume (1991) ont formulé le modèle du GP dans un contexte où les paramètres technologiques et les buts sont exprimés à l'aide d'intervalles⁽¹⁾.

2-3 Les variantes du Goal Programming

Le but essentiel du GP est de minimiser les déviations entre la réalisation des buts et leurs niveaux d'aspiration. Le processus de minimisation peut être accompli avec des méthodes différentes selon le contexte décisionnel; chacune menant à une variante différente du GP. Les principales variantes et les plus populaires du GP sont présentées comme suit :

⁽¹⁾ - Aouni, B., op.cit. . p30

2-3-1 Le Goal Programming Pondéré

Le GP pondéré (GPP), considère tous les buts simultanément tels qu'incorporés dans une fonction objectif composée. Cette fonction composée essaye de minimiser la somme de toutes les déviations entre les buts et leurs niveaux d'aspiration. Ces déviations sont associées à un poids (ou coefficient) w_i selon l'importance relative attribuée par le décideur pour chaque but⁽¹⁾.

Plus la valeur de w_i est grande, plus le décideur pénalise la déviation relative au but fixé pour cet objectif.

La forme analytique de cette variante peut s'écrire comme suit⁽²⁾ :

$$\text{Minimiser } Z = \sum_{i=1}^n (w_i^+ \delta_i^+ + w_i^- \delta_i^-)$$

Sujet aux contraintes

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i \quad (\text{pour } i = 1, 2, \dots, p)$$

$$C_x \in c$$

$$x_j \geq 0, \quad \delta_i^- \geq 0, \quad \delta_i^+ \geq 0$$

w_i^- et w_i^+ représentent respectivement les coefficients pour les déviations négatives et positives.

C_x contraintes de système.

Evidemment, les poids (coefficients) w_i^+ vont être égaux à zéro quand la réalisation désirée du but est supérieure à l'objectif établi. De la même façon, les poids w_i^- vont être égaux à zéro quand la réalisation désirée du but est en deçà

⁽¹⁾ - Romero, C., op.cit.p3.

⁽²⁾ - Aouni, B., op.cit p 22.

de l'objectif établi. En d'autres termes les poids prennent la valeur zéro si la minimisation de la variable correspondante aux déviations est sans importance pour le décideur. Dans le cas contraire, leurs valeurs sont strictement positives lorsqu'ils sont associés à des déviations (δ_i^+ et δ_i^-) qui sont à pénaliser par le décideur⁽¹⁾.

Dans ce model du GP, la meilleure solution est établie de telle manière que la somme des déviations pondérées des buts soit minimale.

Le GP dans sa version standard est un cas particulier du modèle du GPP dans la mesure où $w_i^+ = w_i^- = 1$, ce qui veut dire que le décideur accorde la même importance relative aux objectifs (mêmes poids aux objectifs) et cette importance est de l'ordre de 1.

« Le facteur "poids" d'un objectif donné est formé de deux composantes destinées à jouer deux rôles différents: le premier ayant trait à la normalisation, rapporte toutes les déviations à une unité de mesure commune associée aux objectifs. Le second se rapportant à la valorisation reflète la structure des préférences du décideur »⁽²⁾.

Autrement dit, en faisant des compromis le décideur révèle implicitement et en partie sa structure de préférence. Par exemple, le coefficient de l'importance relative d'un objectif est l'un des éléments utilisés pour exprimer la compensation, c'est-à-dire ce qu'il est prêt à céder sur un objectif pour gagner sur un autre.

⁽¹⁾ - Romero, C., op.cit. p3 : traduit et organisé par nous même.

⁽²⁾ - Ossama Katani and al ; « The double role of the weight factor in the Goal Programming model ».Computer and Operations Research, p1

Exemple 2-3 :

Une entreprise est appelée à choisir un projet d'investissement parmi 5 projets afin d'atteindre autant que possible les buts fixés pour un ensemble d'objectifs évalués comme suit :

Obj1: le coût exprimé en millions de dinars ;

Obj2: la création d'emploi (en nombre de personnes)

Obj3: la pollution ;

Obj4: l'impact sur l'économie de la région.

La matrice d'évaluation est présentée dans le tableau qui suit :

Projets	Obj 1	Obj 2	Obj 3	Obj 4
1	80	60	7	25
2	95	75	5	30
3	37	57	8	20
4	69	45	10	18
5	58	40	12	15
Buts	90	80	4	40

Tableau 2-5 : Matrice d'évaluation.

Afin d'aider cette entreprise à faire un choix plus éclairé, le problème décisionnel à l'aide du modèle du Goal Programming standard et pondéré, est ainsi formulé.

$x_i = 1$ si le projet est sélectionné ($i = 1, 2, \dots, 5$) ;

0 autrement

Le décideur accorde les importances relatives suivantes :

Obj 1 : coût = 0.40

Obj 2 : création de l'emploi = 0.30

Obj 3 :la pollution = 0.10

Obj 4 :l'impact sur l'économie de la région = 0.20

Solution

- Par le GP Standard

$$\text{Min } Z = \delta_1^+ + \delta_2^- + \delta_2^+ + \delta_3^+ + \delta_4^-$$

Sujet aux contraintes :

$$80x_1 + 95x_2 + 73x_3 + 69x_4 + 58x_5 + \delta_1^- - \delta_1^+ = 90$$

$$60x_1 + 75x_2 + 57x_3 + 45x_4 + 40x_5 + \delta_2^- - \delta_2^+ = 80$$

$$7x_1 + 5x_2 + 8x_3 + 10x_4 + 12x_5 + \delta_3^- - \delta_3^+ = 4$$

$$25x_1 + 30x_2 + 20x_3 + 18x_4 + 15x_5 + \delta_4^- - \delta_4^+ = 40$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$$

$$x_j = \{0,1\} \quad \text{pour } (j=1,2,\dots,5).$$

$$\delta_i^+, \delta_i^- \geq 0 \quad (i=1,\dots,4).$$

Pour la résolution de cet exemple (comme mentionné précédemment) on utilise le LINDO en remplaçant δ_i^+ par p_i et δ_i^- par n_i .

Variables de décision	Variables de déviation		la fonction économique
$x_1 = 0$	$\delta_1^+ = 5$	$\delta_1^- = 0$	Z = 16
$x_2 = 1$	$\delta_2^+ = 0$	$\delta_2^- = 5$	
$x_3 = 0$	$\delta_3^+ = 1$	$\delta_3^- = 0$	
$x_4 = 0$	$\delta_4^+ = 0$	$\delta_4^- = 10$	
$x_5 = 0$			

Tableau 2-6 : Résultats de la solution de l'exemple 2-3 avec le modèle du GPS.

- Par le GP Pondéré

$$\text{Min } Z = 0,4 \delta_1^+ + 0,3 \delta_2^- + 0,3$$

$$\delta_2^+ + 0,1 \delta_3^+ + 0,2 \delta_4^-$$

Sujet aux contraintes :

$$80x_1 + 95x_2 + 73x_3 + 69x_4 + 58x_5 + \delta_1^- - \delta_1^+ = 90$$

$$60x_1 + 75x_2 + 57x_3 + 45x_4 + 40x_5 + \delta_2^- - \delta_2^+ = 80$$

$$7x_1 + 5x_2 + 8x_3 + 10x_4 + 12x_5 + \delta_3^- - \delta_3^+ = 4$$

$$25x_1 + 30x_2 + 20x_3 + 18x_4 + 15x_5 + \delta_4^- - \delta_4^+ = 40$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$$

$$x_j = \{0,1\} \quad \text{pour } (j = 1,2,\dots,5).$$

$$\delta_i^+, \delta_i^- \geq 0 \quad (i = 1,\dots,4).$$

Variables de décision	Variables de déviation	la fonction économique
$x_1 = 0$	$\delta_1^+ = 5$ $\delta_1^- = 0$	$Z = 3.1$
$x_2 = 1$	$\delta_2^+ = 0$ $\delta_2^- = 5$	
$x_3 = 0$	$\delta_3^+ = 1$ $\delta_3^- = 0$	
$x_4 = 0$	$\delta_4^+ = 0$ $\delta_4^- = 10$	
$x_5 = 0$		

Tableau 2-7 : Résultats de la solution de l'exemple 2-3 avec le modèle du GPP.

2-3-2 Le Goal Programming Lexicographique GPL

La deuxième variante du GP correspond au Goal Programming Lexicographique. Cette méthode utilise le concept des priorités (l'ordre de priorité). Dans ce modèle les différents objectifs sont divisés en plusieurs niveaux de priorités.

Les objectifs (buts) de priorités supérieures sont satisfaits (résolus) en premier et c'est après cela que les priorités inférieures sont prises en considération. Le résultat du premier niveau (priorité supérieure) devient une contrainte dans l'étape suivante et ainsi de suite.

Romero, Tamis et al, et Tamis et Jones ont mis l'accent sur la popularité de la variante Lexicographique du goal programming.

Pour la formulation du modèle du GPL, il est nécessaire de construire la fonction d'agrégation des écarts relatifs aux buts fixés pour chaque objectif. Cette fonction «la fonction des écarts ou économique» se compose d'un vecteur ordonné dont les dimensions coïncident avec q numéro de niveau de priorité établi dans le modèle. Chaque composant dans ce vecteur représente les variables de déviation (positive ou négative) qui doivent être minimisées.

Ainsi la formulation mathématique du modèle du GPL se présente comme suit⁽¹⁾ :

$$\text{Lex min } L = [L_1 (\delta_i^-, \delta_i^+), L_2 (\delta_i^-, \delta_i^+), \dots, L_q (\delta_i^-, \delta_i^+)]$$

Le but de l'utilisation de cette variante, et c'est ainsi pour tous les autres, est de trouver le minimum lexicographique du L ; la minimisation du vecteur L implique la minimisation ordonnée de ses composants. En d'autres termes, le premier composant L_1 de la fonction de réalisation (ou des écarts) est minimisé, ensuite le deuxième composant L_2 sera minimisé, en prenant en considération la valeur minimale obtenue pour L_1 à l'étape 1 comme contrainte et ainsi de suite.

⁽¹⁾ - Aouni, B., op.cit. p25.

La procédure de réalisation sera clarifiée à travers cet exemple:

« Prenons le cas d'un modèle GPL avec trois priorités; L_1, L_2, L_3 . Dans la première priorité L_1 , il y a seulement un but g_1 dont la réalisation doit être égale ou supérieure à son objectif (c'est-à-dire qu'il sera nécessaire de minimiser la variable de déviation négative δ_1^-). Dans la deuxième priorité L_2 il y a deux buts g_2 et g_3 , donc l'accomplissement de g_2 doit être égal au inférieur à son objectif (c'est-à-dire minimiser δ_2^+) alors que l'accomplissement de g_3 doit être égal ou supérieur à l'objectif (c'est-à-dire minimiser δ_3^-). Enfin, dans la troisième priorité il y a seulement un but g_4 dont l'accomplissement doit être égal à son objectif (c'est-à-dire minimiser $\delta_4^- + \delta_4^+$) »⁽¹⁾.

Selon ce qui a été indiqué ci-dessus, la fonction d'agrégation des écarts par rapport aux buts fixés du modèle du GP Lexicographique se présente comme suit:

$$\text{Lex Min } L = [\delta_1^-, (\delta_2^+, \delta_3^-), (\delta_4^- + \delta_4^+)]$$

Etapes de résolution:

Etape 1

$$\text{Min } L_1 = \delta_1^-$$

Sujet aux contraintes

$$a_{1j} x_j + \delta_1^- - \delta_1^+ = g_1 ;$$

$$a_{2j} x_j + \delta_2^- - \delta_2^+ = g_2 ;$$

$$a_{3j} x_j + \delta_3^- - \delta_3^+ = g_3 ;$$

$$a_{4j} x_j + \delta_4^- - \delta_4^+ = g_4$$

⁽¹⁾ - C.Romero, op.cit. p4.

$$Cx \leq c$$

$$x_j \geq 0 \text{ pour } (j = 1, 2, \dots, 4)$$

$$\delta_i^-, \delta_i^+ \geq 0 \text{ pour } (i = 1, 2, \dots, 4)$$

Etape 2

$$\text{Min } L_2 = \delta_2^+ + \delta_3^-$$

Sujet aux contraintes

$$a_{1j} x_j + \delta_1^- - \delta_1^+ = g_1 ;$$

$$a_{2j} x_j + \delta_2^- - \delta_2^+ = g_2 ;$$

$$a_{3j} x_j + \delta_3^- - \delta_3^+ = g_3 ;$$

$$a_{4j} x_j + \delta_4^- - \delta_4^+ = g_4 ;$$

$$Cx \leq c$$

$$x_j \geq 0 \text{ pour } (j = 1, 2, \dots, 4)$$

$$\delta_i^-, \delta_i^+ \geq 0 \text{ pour } (i = 1, 2, \dots, 4)$$

et la valeur obtenue pour L_1

Etape 3

$$\text{Min } L_3 = \delta_4^- + \delta_4^+$$

Sujet aux contraintes

$$a_{1j} x_j + \delta_1^- - \delta_1^+ = g_1 ;$$

$$a_{2j} x_j + \delta_2^- - \delta_2^+ = g_2 ;$$

$$a_{3j} x_j + \delta_3^- - \delta_3^+ = g_3 ;$$

$$a_{4j} x_j + \delta_4^- - \delta_4^+ = g_4 ;$$

$$Cx \leq c$$

$$x_j \geq 0 \text{ pour } (j = 1, 2, \dots, 4)$$

$$\delta_i^-, \delta_i^+ \geq 0 \text{ pour } (i = 1, 2, \dots, 4)$$

et la valeur obtenue pour L_1 et L_2 .

Il peut être attribué des coefficients d'appartenance relative aux déviations négatives et positives, lorsqu'il y a plus qu'un but dans une priorité pour résoudre le problème de l'incommensurabilité.

Il y a plusieurs approches algorithmiques qui peuvent être adoptées pour résoudre les problèmes du GP lexicographique. Parmi elles, la méthode linéaire séquentielle, l'algorithme de division qui utilise le simplexe d'une manière itérative, ou la méthode du simplexe modifié qui est fondamentalement un algorithme de simplexe multiphase.

2-3-3 Le modèle du GP dans un environnement imprécis

Dans la plupart des variantes du GP les valeurs des buts sont déterministes et précises. Cependant, dans plusieurs situations d'application le décideur ne peut pas établir exactement la valeur du but liée à chaque objectif. Cette imprécision est reliée à la nature du contexte de prise de décision. La valeur du but peut être floue ou exprimée par un intervalle.

2-3-3-1 Le modèle du Goal Programming Flou (GPF) ⁽¹⁾

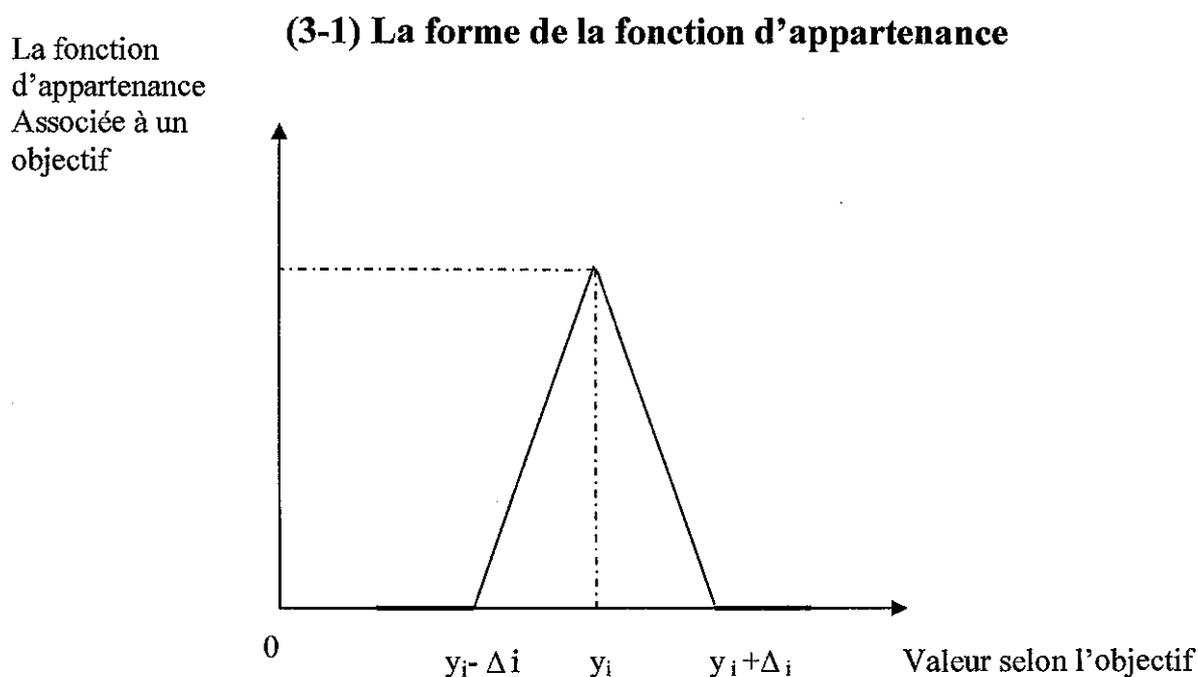
La valeur imprécise du but flou est exprimée à l'aide d'une fonction d'appartenance définie par le décideur.

La première formulation des problèmes en programmation linéaire avec des

⁽¹⁾ - Aouni, B., (PH D), op.cit.p 52.

objectifs multiples dans un contexte flou, a été proposée par Zimmermann en 1978. Par la suite, plusieurs variantes ont été développées pour apporter une aide à la résolution des problèmes décisionnels où certains paramètres sont imprécis ou flous.

Narasimhan (1980) et Hannan (1981) ont été les premiers à tenter une formulation du GPF en s'inspirant du concept de fonction d'appartenance introduit par Zimmermann (1978). Ces fonctions sont définies dans l'intervalle $[0,1]$. Ainsi, la fonction d'appartenance pour l'objectif i aura la valeur 1, quand le but est atteint ; sinon cette fonction aura différentes valeurs situées entre 0 et 1. La présentation graphique de cette fonction prend la forme suivante :



Source : « Martel, J-M., and Aouni, B., "Diverse Imprecise GP Model Formulation" » p130.

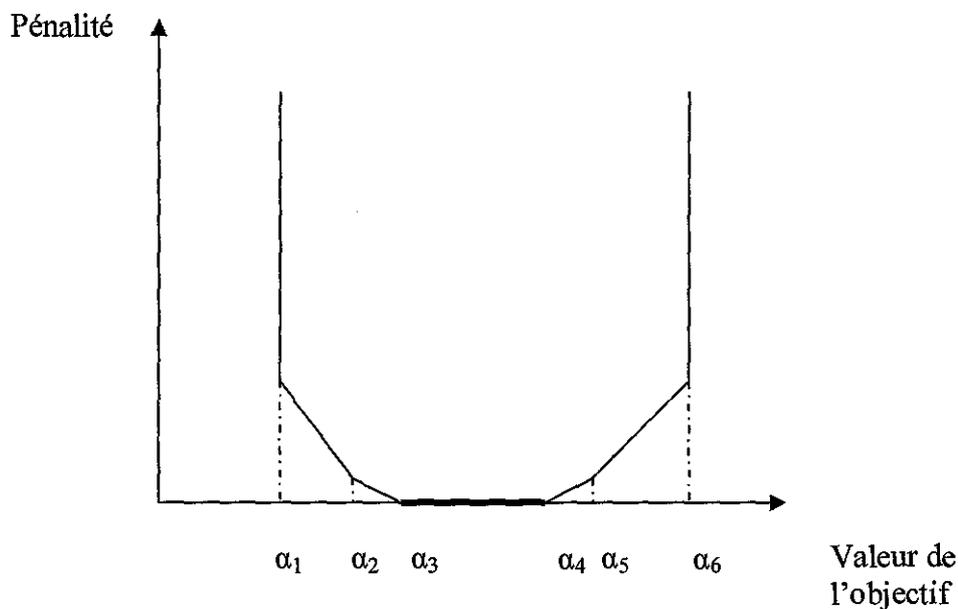
Dans sa formulation, Zimmermann a utilisé le concept des fonctions d'appartenance; ce même concept a été subséquemment repris par d'autres auteurs pour formuler le modèle du GP dans un environnement imprécis.

2-3-3-2 Le modèle du Goal Programming avec Intervalles (GPI)⁽¹⁾

La première formulation du GP où les buts sont exprimés à l'aide d'intervalles, se trouve dans les écrits de Charnes et al en 1976 et Charnes et Cooper en 1977. Les déviations par rapport à ces buts sont exprimées à l'aide de fonctions de pénalités linéaires ayant des pentes différentes. Il s'agit de fonctions linéaires définies sur plusieurs intervalles.

La présentation graphique de cette fonction prend la forme suivante :

(3-2) Fonction de pénalité en forme de U (cinq morceau linéaires)



Source : « Martel, J-M., and Aouni, B., "Diverse Imprecise GP Model Formulation" » p131.

«Comme on le voit dans la figure, il n'y a aucune pénalité à l'intérieur de l'intervalle $[\alpha_3, \alpha_4]$. Cet intervalle peut être qualifié d'intervalle cible pour lequel les déviations ne sont pas pénalisées. Quant aux déviations négatives $[\alpha_2, \alpha_3]$ ou $[\alpha_1, \alpha_2]$ et aux déviations positives $[\alpha_4, \alpha_5]$ ou $[\alpha_5, \alpha_6]$, elles sont.

1-Aouni, B., op.cit. p60.

pénalisées à l'aide de fonctions de pénalités linéaires ayant des pentes différentes.

Une pénalité très grande (une pénalité infinie) est associée aux déviations qui dépassent $\alpha_3 - \alpha_1$ ou $\alpha_6 - \alpha_4$. Cette pénalité est équivalente à un seuil de veto. Ainsi, les solutions conduisant à des déviations plus grandes que ce seuil ne seront pas retenues par le décideur.

Dans leurs recherches, Inuiguchi et Kume, en 1991, présentent une formulation du GP où les paramètres technologiques et les valeurs des buts sont définis par des intervalles. Ces derniers reflètent, en partie, l'imprécision associée à ces paramètres. En d'autres termes, le décideur ne possède pas assez d'informations pour établir avec précision les valeurs associées aux paramètres du problème. Les buts g_i sont donc exprimés à l'aide d'intervalles ayant une borne inférieure g_{ii} et une borne supérieure g_{ui} »⁽¹⁾.

2-4 Conclusion

Selon plusieurs chercheurs dans le champ de la recherche opérationnelle, le Goal Programming constitue le modèle de la programmation mathématique à objectifs multiples le plus connu et la technique la plus largement utilisée. Cela n'a pas empêché l'apparition d'autres variantes suite aux critiques et insuffisances qui ont touché le modèle du Goal Programming. Parmi ces insuffisances on note :

La procédure d'agrégation des degrés d'atteinte de ces divers objectifs conflictuels (déviations), auxquels sont rattachés des unités de mesure généralement différentes.

1- Aouni, B., op.cit p61.

Aussi le décideur n'est pas suffisamment mis à contribution dans la modélisation.

Les variantes sont donc apparues pour remédier à ces insuffisances. Le Goal Programming Pondéré est un modèle composé de déviations positives et négatives et de coefficients d'appartenance relative qui jouent un rôle de normalisation et constituent une manière d'introduire les préférences du décideur dans la modélisation.

Le Goal Programming Lexicographique qui utilise le concept de priorité, c'est une façon d'introduire la contribution du décideur dans la modélisation. Les coefficients d'appartenance relative peuvent être attribués aux déviations négatives et positives, lorsqu'il y a plus d'un but dans une priorité pour résoudre le problème de l'incommensurabilité.

De plus, dans la majorité des variantes du GP, les buts sont considérés comme étant déterministes et précis; cependant dans plusieurs situations de choix, le décideur n'est pas en mesure d'établir avec précision la valeur exacte des buts g_i associés aux objectifs considérés, et cette valeur imprécise du but peut être exprimée à l'aide d'une fonction d'appartenance au sens du flou ou à l'aide d'intervalles.

Dans le présent chapitre on abordera un domaine qui a connu l'utilisation de ce modèle dans son contexte, les données pouvant être imprécises et exprimées par des intervalles; c'est la gestion de la qualité et l'outil de contrôle.

Chapitre 3

La Gestion de la Qualité

3-1 Introduction

Les bouleversements qu'enregistre actuellement la scène internationale marqueront indubitablement de leur empreinte le monde d'une façon générale et le tiers monde en particulier. Le nouvel ordre mondial accuse une évolution rapide engendrée par des changements radicaux qui affectent les relations internationales. Cette situation appelle les gouvernements et les organisations à prendre les mesures nécessaires pour faire face à ce genre de défis et de là, à renforcer leur compétitivité.

Des études et publications d'experts en management et marketing démontrent clairement que l'importance accordée à la qualité du produit, tant sur le marché national qu'international, constitue l'issue du défi imposé par ce nouvel ordre international. En d'autres termes, pour maintenir la compétitivité sur le marché mondial, il est nécessaire que la qualité soit au centre des préoccupations des organisations qui fournissent des produits destinés à satisfaire les besoins des clients. Dans l'économie moderne la qualité n'est plus définie par la production d'un meilleur bien ou service par rapport à des produits analogues, mais plutôt par la satisfaction des consommateurs de ces produits.

Une concurrence globale et accrue a entraîné des attentes de plus en plus contraignantes en ce qui concerne la qualité; l'obtention de cette dernière nécessite de vrais efforts pour tous et ce seul constat permet de comprendre pourquoi la qualité est considéré comme une arme stratégique importante de l'entreprise pour réaliser ses objectifs: marchés, bénéfices, réduction des coûts, satisfaction des clients.

Il faut dire que le modèle Japonais et sa réussite remarquable ont largement contribué à la vulgarisation de la qualité dans le monde entier et la célèbre

mention « Made in Japan » a connu un grand succès parmi l'ensemble des consommateurs nationaux et internationaux.

Ce chapitre abordera l'approche de la gestion de la qualité et la chronologie de son développement. L'inspection qui vient en première étape, se situe sur la période 1900-1920, c'est l'étape d'innocence.

La deuxième étape qui reconnaît l'importance de la qualité a vu naître le contrôle que l'on peut situer sur la période 1920-1950; c'est l'étape d'éveil où l'outil statistique a pris la place prépondérante dans les procédures. On peut dire que c'est une période dominée par le souci de la qualité du produit.

La troisième étape, celle de l'assurance qualité, a marqué la seconde moitié du siècle de 1950 à 1980, où les préoccupations de prévention devenaient dominantes en raison des conséquences des non-qualités qui commençaient à devenir lourdes.

La croissance continue de la libéralisation des échanges internationaux a suscité l'apparition de ce que l'on appelle la certification et la normalisation, notamment les normes ISO 9000 qui s'imposent dans presque tous les pays. Avec ce qui précède, on entre dans une phase marquée par la qualité des processus ; c'est l'étape d'engagement et de mise en œuvre. L'entreprise évolue vers un niveau de qualité de classe mondiale.

La quatrième étape qui date des années 80 est celle de la qualité totale. C'est la qualité de l'entreprise, tant interne que dans sa relation avec l'environnement. Le manager démontre que la qualité fait partie de ses convictions immuables. Le concept de l'équipe qui reste l'avancée la plus importante du développement organisationnel, diffuse dans l'entreprise et devient l'ossature même de son mode de fonctionnement. Le mot d'ordre est la formation des employés et l'amélioration continue dans tous les secteurs à savoir, le management,

l'organisation, les techniques et outils, les clients, les études, les fournisseurs, les processus, les services de soutien et le personnel.

Ce chapitre traitera également des techniques, méthodes et outils statistiques qui peuvent fournir une assistance dans bien des aspects, et de l'application des données que ce soit pour la maîtrise du processus, la mesure de la qualité ou une meilleure compréhension des besoins des clients. Ces méthodes constituent ainsi une aide précieuse à la décision.

3-2 La gestion de la qualité

Plusieurs auteurs ont abordé la question de la définition des termes en gestion de la qualité et dans ce contexte on expliquera séparément la qualité et la gestion pour approfondir leur compréhension.

« On parle souvent de gérer non seulement la qualité mais aussi le personnel, les équipements, la sous-traitance, la sécurité ...etc. Quand on entreprend une activité, on est obligé de la gérer. Gérer signifie « définir des objectifs et des standards, les mettre en œuvre, vérifier les résultats, et, s'il y a écart, prendre des mesures correctives ». Autrement dit, c'est atteindre l'objectif en utilisant certaines méthodes et les moyens nécessaires, et maintenir le résultat »⁽¹⁾.

« Le Dr Edwards Deming et Dr Joseph M.Juran, ont depuis longtemps mis en évidence que 85% des problèmes de la qualité sont dus à la gestion de cette dernière, alors que 15% seulement proviennent d'erreurs des opérateurs »⁽²⁾.

⁽¹⁾ - K.Ishihara, « Maîtriser la qualité » Méthodologie de Gestion, Editions MARNOSTRUM, 1996, p15.

⁽²⁾ -Keki R.Bhote, « World Class Quality » les 7 outils de la qualité, une **division** de

l'Américain Management Association, New York, Etats-Unis. AMACOM, 1991, nouvelle présentation, DUNOD, 2003, p 10.

En ce qui concerne la qualité, les définitions proposées par les écrivains et apôtres de cette dernière sont trop nombreuses et diverses pour pouvoir aboutir à un sens global et précis ; ceci en raison de la diversité de ses aspects.

Dans l'article de Hélène Giroux qui présente les résultats d'une analyse sur 86 définitions de la qualité proposées par différents textes en gestion de la qualité et publiés depuis le début du siècle, l'auteur abouti à 6 six catégories de base à la définition de la qualité, on se basant sur la typologie de Garvin⁽¹⁾ :

- La définition par le produit (DP) où la qualité est présentée comme une variable précise et mesurable qui est liée à la présence de certaines caractéristiques ou encore à la qualité d'un ingrédient ou d'un critère que possède le produit.
- La définition par la valeur (DV) qui associe la qualité au coût de revient et aux prix de vente.
- La définition par la conformité (DC) selon laquelle la qualité est définie comme la conformité aux exigences ou aux spécifications.
- La définition par l'adéquation (DA) dans le fait que le produit correspond à l'usage qu'on veut en faire, la qualité est une caractéristique du produit et c'est lui qui est considéré ou non « apte à l'usage ».
- La définition par la satisfaction (DS), on verse dans le point de vue de l'utilisateur. Si le client n'est pas satisfait, c'est que le produit ou le service n'est pas de qualité indépendamment de ses caractéristiques propres.
- La définition par l'excellence (DE), la qualité est vue comme un caractère inné d'excellence, absolu et universel.

⁽¹⁾ - Hélène Giroux, «L'Evolution des Définitions de la Qualité », congrès ASAC-IFSAM, Montréal, Québec, Canada, p72 et 74.

La gestion de la qualité est donc un ensemble de moyens destinés à fabriquer des produits ou à fournir des services possédant les qualités requises par les consommateurs.

Pour parvenir à la maîtrise de la qualité, tous les employés de l'entreprise, du plus haut niveau jusqu'au plus humble, doivent participer et collaborer étroitement aux activités correspondantes en faisant appel aux techniques statistiques. C'est ce qui caractérise la qualité totale que l'on abordera dans les prochaines sections.

3-3 L'évolution de la gestion de la qualité

Il est normal que les produits de qualité aient toujours été appréciés quelle que soit l'époque et la société. Dès le 18^{ème} siècle, diverses techniques et moyens de fabrication ont été développés favorisant ainsi l'évolution de l'artisanat traditionnel vers la production de masse.

De façon tout à fait classique, il serait évidemment utile de présenter un historique de l'évolution de la gestion de la qualité, qui se caractérise par les étapes suivantes:

3-4-1 L'inspection

La qualité se mesure dans les ateliers par référence aux normes élaborées par le bureau des méthodes; elle s'exprime en termes de productivité. C'est ainsi une qualité de l'organisation du travail qui prévaut et qui fait l'objet d'inspections en utilisant des outils comme le contrôle unitaire non automatisé, les tests, les tris, ...etc; autant de méthodes lourdes peu efficaces et très consommatrices d'énergie pour détecter les défauts, avec les quelles le management a peu de chance de parvenir à la qualité.

Aussi cette étape présente la particularité d'être isolée du client car il n'y a pas une écoute attentive de celui-ci. Les entreprises privilégient le bénéfice et offrent un produit parfois douteux à leurs clients. En fait, elles ne parviennent ni au bénéfice optimal ni à la satisfaction réelle des clients. « Leur tendance est d'étudier et de vendre les produits en s'appuyant aveuglement sur les théories et l'expérience de leurs ingénieurs plutôt que d'écouter la voix du client; elles ont pris l'habitude d'imposer leurs produits »⁽¹⁾.

On peut regrouper dans le tableau ci-dessous les traits caractéristiques de cette époque.

L'étape de l'inspection

Objet	Détection des défauts
Démarrage	Début du xx siècle
Concepts clés	Rendement et division du travail
Focalisation	Conformité du produit
Sens de la démarche	Réaction
Méthodes et techniques dominantes	Supervision, calibres et mesures
Acteurs directs	Département inspection (contremaîtres)
Pôles du service qualité	Inspection, tri et quantification
Pionniers (auteurs et entreprises)	Taylor, Singer, Mc Cormick
Approche	Inspection du produit

Sources : Management de la qualité : Michel Weill

⁽¹⁾ - Keki R. Bhole., op.cit p 18.

3-3-2 Le contrôle

La forte demande sur des produits toujours plus diversifiés et l'évolution des processus de production ont contraint à augmenter les objets de l'inspection et cette dernière connut alors une croissance qui la rendait difficilement supportable au plan économique. Il a donc été créé de nouvelles structures spécialisées dans le contrôle de la qualité et utilisant des méthodes statistiques. Elles ont introduit des outils élémentaires comme les sept outils de qualité largement utilisés par les opérateurs au Japon, parmi lesquels: le diagramme de Paréto, le diagramme cause et effet, les histogrammes et les cartes de contrôle qui permettent de mener à bien l'opération de contrôle à l'effet de s'assurer que le produit est conforme aux spécifications attendues. Ce qui précède montre clairement que le contrôle de la qualité n'a pas pour objectif la production de biens et services de qualité supérieure ; il se limite plutôt à une qualité conforme aux spécifications préétablies⁽¹⁾.

Ce qui distingue cette période, vient du fait que l'entreprise commence à s'intéresser aux éléments d'information apportés par les clients. Ces informations sont prises en compte pendant la phase de mise au point des produits et au cours des différents essais de développement.

1- د/ فريد عبد الفتاح زين الدين " تخطيط و مراقبة الانتاج " -مدخل ادارة الجودة- كلية التجارة جامعة الزقازيق ص

Le tableau suivant décrit les grandes lignes de cette période (étape).

.L'étape du contrôle

Objet	Contrôle (maîtrise de la qualité du produit final)
Démarrage	Années trente
Concepts clé	Niveau de la qualité acceptable (NQA)
Focalisation	Conformité du produit
Sens de la démarche	Régulation
Méthodes et techniques dominantes	Statistiques, probabilité, échantillonnage...
Acteurs directs	Ingénieurs qualitatifs
Pôles du service qualité	Résolution de problèmes, application des méthodes statistiques
Pionniers (auteurs et entreprises)	Shewhart, Dodge et Ronig, Demming, Bell Téléphone
Approche	Contrôle de la qualité

Sources : Management de la qualité : Michel Weill

3-3-3 L'assurance de la qualité

La période précédente (1^{ère} et 2^{ème} étapes) a en effet été essentiellement centrée sur l'inspection et le contrôle de la qualité des produits dont le monde industriel se contentait alors d'assurer la conformité. C'était du gaspillage mais les profits le permettaient. Après le premier choc pétrolier, la concurrence s'est intensifiée et les exigences des clients n'ont cessé de croître. Il est donc devenu indispensable de produire de la bonne qualité du premier coup et au juste coût; Il

est évidemment plus économique de produire un produit ayant « zéro défaut » que de trier les unités non-conformes.

La préoccupation majeure de l'entreprise est donc orientée vers la recherche d'une démarche visant à éliminer les causes de la non-qualité à la source. Ainsi, le monde industriel a évolué vers une stratégie de prévention ; ce qui a conduit l'évolution de la gestion de la qualité à une nouvelle étape d'amélioration à savoir l'assurance de la qualité.

« L'assurance de la qualité est donc l'ensemble des activités (prévues et systématiques) nécessaires, pour qu'on puisse utiliser un produit ou service en toute confiance »⁽¹⁾.

Les trois idées clés qui dominent cette période (étape) sont⁽²⁾ :

- La prévention doit être génératrice d'économie considérable en permettant de peser sur les coûts de non-conformité.
- La fiabilité où le zéro défaut ne peut relever du seul contrôle en fabrication; le seul moyen d'assurer le « zéro défaut » est de disposer de processus fiables. L'assurance qualité porte donc sur les procédés et non pas sur les produits.
- L'amélioration continue est une des bases de la qualité; cette idée est considérée comme l'une des contributions majeures de Deming (le principe de la roue de Deming)

Si la prévention caractérise la première période de l'assurance qualité, la certification en illustre la seconde.

L'assurance de la qualité vise à répondre au besoin du client. Ce dernier doit connaître la capacité de son fournisseur à assurer la qualité dans le temps et le

⁽¹⁾ et ⁽²⁾ -Michel Weill, op.cit, p 21.

respect des dates en évaluant la fiabilité de ses processus. C'est ainsi que les clients se sont dotés de grilles d'évaluation appelées couramment « audits ».

Néanmoins, cette situation où chaque client dispose de sa propre grille d'évaluation présente des inconvénients évidents ; notamment :

- Un fournisseur peut faire l'objet d'autant d'audits que de clients.
- Le consommateur principal (ménages) n'est généralement pas impliqué dans l'audit.

Le besoin est donc apparu d'un langage commun aux clients et à leurs fournisseurs: c'est l'objet des normes ISO 9000.

Avant de passer à la quatrième étape de la gestion de la qualité, il nous paraît utile de définir les normes ISO 9000 et d'en présenter une chronologie des travaux de manière succincte.

3-3-3-1 Définition des normes ISO 9000

ISO est l'abréviation de « International Standardization Organization ». Les normes ISO 9000 ont été créées pour donner une référence commune au système de gestion de la qualité. Elles sont au nombre de trois, 9001, 9002, 9003, qui répondent à des situations différentes.

Ces normes sont suffisamment flexibles pour qu'elle puissent être appliquées à tout organisme quel que soit sa taille, son secteur d'activité et le produit fini; c'est leur premier intérêt. Leur second intérêt est de permettre une solution alternative à la certification d'un fournisseur par chacun de ses clients. Un organisme indépendant peut en effet réaliser l'audit du fournisseur et certifier de sa conformité aux normes ISO 9000. De cette façon un fournisseur évitera d'avoir à être agréé autant de fois qu'il a de clients⁽¹⁾.

⁽¹⁾ – Claude Jambart, « L'Assurance Qualité », les normes ISO 9000 en pratique, Editions ECONOMICA, 1997, p 14, 15, 16.

L'obtention de la certification représente un investissement financier pour l'entreprise, sans garantie pour autant de la réussite commerciale de l'organisme, mais elle offre une meilleure garantie aux clients et aux autres parties intéressées concernant la satisfaction de leurs exigences.

3-4-3-2 La chronologie des travaux

L'ISO a été créée en 1946 pour développer des normes internationales dans divers domaines. « Les normes sur le management et l'assurance de la qualité ont été élaborées par le comité technique TC 176, mis en place en 1979, et leur publication a été réalisée en 1987; une première révision a été adoptée en 1994 et une seconde en 2000 »⁽¹⁾.

Quelles que soient les raisons qui font qu'un organisme se lance dans la démarche de certification, il convient qu'il mette en place le système de management de la qualité ISO 9001 :2000. La famille des normes ISO 9000 ne comporte pas d'exigences relatives aux produits. Les exigences concernant les produits peuvent être spécifiées par la clientèle ou par la réglementation en vigueur. Le terme produit peut désigner sans distinction soit un bien soit un service exigé par les clients⁽²⁾.

On peut dire aujourd'hui que ces normes ont répondu aux principaux objectifs qui leurs étaient assignés : diminuer le coût des relations clients-fournisseurs et surtout faciliter les échanges internationaux.

⁽¹⁾ - Michel Weill, op.cit , p 32.

⁽²⁾ - Luan Jaupi, « Contrôle de la qualité: MSP analyse des performances contrôle de réception », Dunod, Paris, 2002, p191.

Le tableau ci-dessous en reprend les traits principaux

L'étape de l'assurance qualité

Objet	Construction permanente de la qualité intermédiaire et finale.
Démarrage	Années cinquante
Concepts clés	Fiabilité, confiance du client
Focalisation	Toute la ligne de production, de la conception au client, avec la contribution de toutes les fonctions et plus particulièrement du développement, pour prévenir les défaillances du produit ou du procédé
Sens de la démarche	Prévention
Méthodes et techniques dominantes	Procédures organisationnelles et techniques
Acteurs directs	Chacun à toutes les étapes du procédé de fabrication (au sens large)
Pôles du service qualité	Mesures de la non-qualité, définition des plans d'amélioration, audit de mise en œuvre des procédures.
Pionniers(auteurs et entreprises)	Juran
Approche	Procédure qualité

Sources : Management de la qualité : Michel Weill.

En conclusion, il ressort que les préoccupations de l'assurance qualité (en tant que concept) dans la gestion de la qualité, sont plus étendues et approfondies que celles des deux concepts qui l'ont précédée. Ceci dans la mesure où,

antérieure à la création du produit, l'assurance qualité consiste à définir des moyens et des techniques pour détecter les déviations dans les caractéristiques du produit par rapport aux spécifications établies; elle permet d'apporter des corrections avant qu'il soit trop tard.

3-4-4 La qualité totale

Devant les échanges commerciaux qui se font actuellement à l'échelle mondiale et une concurrence de plus en plus forte entre les entreprises, les pays..., le client à un large choix grâce à l'effort mondialement démultiplié, ainsi qu'un jugement comparatif de la qualité étant donné la relative abondance de produits similaires. Aussi les moyens d'information se développent (les revues spécialisées) et des associations se créent (les associations de consommateurs). De ce fait le producteur ne peut plus se permettre de majorer son prix de revient par un pourcentage qui constituerait un bénéfice assuré. Ses prix de vente sont confrontés à ceux imposés par l'offre et la demande, soit le marché. Il y a donc nécessité d'agir sur les coûts. Réduire les coûts en améliorant la qualité pour survivre est l'un des fondements du TQM.

La qualité, doit être recherchée à la source: En effet, les tris, contrôle à posteriori, rebuts, reprise de produits non conformes et, les retours de chez le client de produits défectueux, sont autant de causes de gaspillages coûteux. Mieux vaut prévenir que guérir.

L'objectif est donc, avec le TQM, de produire sans défaut aucun et réussir du premier coup afin de réduire les coûts ; cela n'est possible que par la prévention. Joseph Joran, un expert de la qualité, a élaboré l'approche « coût-qualité », qui met l'accent sur la détermination et la mesure précise et complète du coût de la

qualité. Il souhaitait obtenir une diminution des coûts grâce à la prévention et préconisait le recours aux techniques et outils de contrôle de la qualité pour y parvenir.

La prévention fait donc partie, dans l'approche TQM, du processus de production et opérations, avec ce qu'il comporte comme facteurs techniques, administratifs et humains concourant à la réalisation du produit en cherchant constamment de meilleures solutions pour baisser les coûts et améliorer la qualité. En d'autres termes, la totalité de l'entreprise est entraînée vers le souci de toujours mieux faire afin que la qualité soit totale.

En conclusion, le TQM ou démarche de la qualité totale constitue l'un des maillons de l'évolution de la qualité. C'est un système évolutif de pratiques, d'outils, de méthodes et de formation pour la conduite des entreprises.

3-3-4-1 Evolution du concept de la qualité totale

« Vers le milieu des années 80, le concept de total quality management est apparu, tout d'abord dans les discussions spécialisées; son nom et son contenu viennent du concept de « Total Quality Control » développé par l'américain Feigenbaum en 1961. Sur cette base, le japonais Ishikawa présenta le concept du Company-Wide Quality Control (CWQC) que l'on peut considérer comme une extension du TQC dans la mesure où il accorde plus de place à l'intégration du personnel à tous les niveaux de l'entreprise. La stratégie du TQM reprend à son tour les éléments du (CWQC) et les dépasse puisque la philosophie dominante de l'entreprise est subordonnée à l'objectif de qualité et qu'elle inclut même

l'environnement de l'entreprise. En outre, ce nouveau concept intègre des idées de spécialistes aussi éminents que Deming, Juran, Feigenbaum, Ishikawa et Crosby »⁽¹⁾.

3-3-4-2 Définition du TQM

Ainsi, on peut définir la qualité totale comme la recherche d'une satisfaction maximale des usagers ou clients par une meilleure connaissance de ceux-ci, de leurs besoins et de leurs motivations, par une recherche systématique de cette satisfaction dès la conception des produits ou services proposés, et enfin par une remise en cause permanente de l'organisation pour mieux s'adapter à la demande et réduire ses propres coûts.

Le TQM a connu plusieurs définitions ; parmi celles-ci, on citera celle de M. Périgord qui peut être considérée comme une définition très complète : « La qualité totale est un ensemble de principes et méthodes organisés en stratégie globale, visant à mobiliser toute l'entreprise pour obtenir une meilleure satisfaction du client au moindre coût.

Elle concerne :

- toutes les fonctions de l'entreprise ;
- tous les collaborateurs quel que soit leur rang hiérarchique ;
- toutes les relations client fournisseur dans l'entreprise ;
- toutes les améliorations de la qualité : résolution des problèmes existants, puis prévention ;
- tout le cycle de vie du produit : de sa conception à sa destruction ;
- toutes les relations fournisseurs, sous-traitants, partenariat, maillage ;
- tous les marchés actuels et potentiels : vigie »⁽²⁾.

⁽¹⁾ - G.F.Kamiske et J-P.Brauer, « Management de la Qualité de A à Z », Masson, Paris 1994, p 120

⁽²⁾ - Michel Weill, op. cit. p 51.

Une autre définition donnée par la norme ISO 8402 de mars 1992 est justifiée par l'importance particulière du TQM : « Méthode de management d'une organisation, basée sur la participation de tous ses membres, qui met la qualité au centre de ses préoccupations et qui vise à asseoir son succès à longue échéance et à servir les membres de son organisation, ainsi que la société, en satisfaisant le client ».

3-4-4-3 Les principes du TQM⁽¹⁾

Dans cette section l'attention sera focalisée sur les principes directeurs permettant l'application de la gestion de la qualité totale avec succès et efficacité:

- 1- Découvrir les attentes du client : pour cela, on se sert de sondages, de groupes de discussion, d'interviews ou de toute autre technique qui tient compte des désirs du client dans le processus de prise de décision. Il ne faut pas oublier d'inclure le client interne (la personne suivante dans le processus de fabrication), de même que le client externe (le client ultime à qui est destiné le produit).
- 2- Concevoir un produit ou un service qui comblera ou dépassera les attentes du client : il faut faire en sorte qu'il soit facile à utiliser et à produire.
- 3- Concevoir un processus opérationnel qui donnera de bons résultats du premier coup : on doit découvrir à quel moment les erreurs risquent de se produire et tenter de les prévenir. Le cas échéant, il faut en trouver la cause afin de réduire leur fréquence. On doit s'efforcer de rendre le processus « exempt de toute erreur ».

⁽¹⁾ - Aouni, B., « Gestion des opérations : Notes de cours et problèmes », Librairie de l'Université Laurentienne, Sudbury, Canada, 2003, p 396,397.

- 4- L'amélioration continue (Kaizen) : elle consiste à améliorer tous les facteurs reliés au processus de transformation des facteurs de production (intrants) en produits finis (extrants) sur une base continue, soit le matériel, les méthodes, les gens.
- 5- L'autonomisation des employés : le fait de donner aux employés la responsabilité des améliorations et l'autorité nécessaire pour effectuer des changements en ce sens, les motive fortement. La prise de décision est ainsi entre les mains de ceux qui sont le plus près de la tâche et qui possèdent la meilleure compréhension des problèmes et des solutions.
- 6- Le travail en équipe : l'utilisation d'équipes pour résoudre des problèmes et atteindre un consensus permet de bénéficier de la synergie de groupe, favorise la participation, l'esprit de coopération et le partage des valeurs entre les employés.
- 7- La connaissance des outils: les employés et les directeurs sont formés à l'utilisation des outils (généralement sous forme de contrôle statistique) de gestion de la qualité.
- 8- La qualité des fournisseurs : les fournisseurs doivent participer aux efforts en vue de l'atteinte des normes de qualité et de l'amélioration de la qualité afin de pouvoir livrer des pièces et des matériaux de qualité dans des délais opportuns.
- 9- L'utilisation de méthodes scientifiques dans la prise de décision : le concept du TQM est basé sur la prise de décision par l'application de méthodes scientifiques dans la prise en charge préventive et curative des problèmes ; bien entendu, ceci, ne peut être assuré que par un système d'information fiable.

En résumé, la gestion de la qualité totale peut être considérée comme la stratégie de la qualité la plus complète qu'on puisse imaginer pour une entreprise. Tous les niveaux sont envisagés et intégrés, du client aux sous-traitants en passant par le personnel.

Comme pour les étapes précédentes, les grandes caractéristiques de cette approche sont présentées dans le tableau de synthèse ci-dessous, emprunté à Garvin (1988) et Hernel (1989).

L'étape de la qualité totale

Objet	Gestion globale de la qualité des actes et des produits
Démarrage	Années soixantedix ; quatre vingts
Concepts clés	Excellence
Focalisation	Les besoins du marché et par extension de l'ensemble des parties prenantes
Sens de la démarche	Pro action
Méthodes et techniques dominantes	Formation, indicateur, motivation des hommes
Acteurs directs	Tous les membres de l'organisation et de son environnement
Pôles du service qualité	Définition d'objectifs, formation, animation de groupes plurifonctionnels de prise de décision
Pionniers(acteurs et entreprise)	Crosby, Ishikawa, IBM, AFCERQ
Approche	Management de la qualité

Sources : Management de la qualité : Michel Weill

3-4 Les coûts de la non qualité

Avant d'aborder la composante des coûts, voyons la non qualité et sa définition.

-Définition

« La non qualité est l'écart entre la qualité visée et la qualité effectivement obtenue (Norme NFX 50-120 : 1987) »⁽¹⁾.

« La non qualité oblige à reprendre les opérations n'ayant pas abouti à la qualité visée. Elle s'entend certes pour le produit fini, mais aussi et surtout tout au long du processus de fabrication. Chaque étape du processus peut être entachée de non qualité. Cette dernière coûte d'ailleurs d'autant plus cher qu'elle apparaît tardivement dans le processus »⁽²⁾.

« La correction des produits (intermédiaires ou finis) rendue nécessaire par la non qualité coûte très cher. Elle constitue une pure perte car elle n'apporte aucune valeur ajoutée aux produits. Le coût de cette non qualité constitue un indicateur significatif de performance d'une entreprise »⁽³⁾.

Ceci étant, pour une entreprise, la qualité est une arme stratégique importante parce que l'image de cette entreprise est affectée par la qualité ou la non qualité des produits ou services offerts; une piètre qualité affecte l'entreprise sur plusieurs plans, principalement en ce qui concerne⁽⁴⁾ :

⁽¹⁾, ⁽²⁾ et ⁽³⁾ - Claude Jambart, op.cit. p 11 et 12.

⁽⁴⁾ - Aouni, B., op.cit. p339, 340,341, 342.

- 1- **La perte de parts de marché** : Une mauvaise conception et des produits ou services défectueux peuvent entraîner la perte de parts de marché. Si les gestionnaires des organisations ne portent pas suffisamment attention à la qualité, ils risquent de détruire l'image de l'entreprise, ce qui entraîne une diminution de la part de marché.
- 2- **La responsabilité civile** : Les entreprises doivent accorder une attention particulière à leur responsabilité civile en cas de dommages ou blessures provoqués par une conception défectueuse ou une mauvaise fabrication. Cela s'applique tant aux produits qu'aux services. Les responsabilités civiles concernant des produits de mauvaise qualité sont établies par voie juridique.
- 3- **La productivité** : La productivité et la qualité sont étroitement reliées; une mauvaise qualité affecte la productivité durant le processus de fabrication. Il en est de même pour un service, s'il est mauvais, il faut le fournir de nouveau, ce qui réduit la productivité. Inversement, l'amélioration et le maintien d'une bonne qualité peuvent avoir un effet positif sur la productivité.
- 4- **Les coûts** : Une qualité non conforme accroît certains coûts encourus par l'entreprise, et toute tentative pour régler les problèmes de qualité doit tenir compte des coûts associés à la qualité.
Les coûts de non qualité sont divisés en quatre catégories: Les deux premières sont reliées à un manque de contrôle tandis que les deux autres correspondent à des coûts pour contrôler la qualité.
 - a)- **Les coûts de défaillances internes** : Les coûts de défaillances internes sont les coûts associés à l'erreur qui est détectée avant l'expédition aux clients. Ils incluent les retouches, les modifications techniques ainsi que les rebuts produits durant la période de fabrication.

Les défaillances internes sont celles que l'on découvre dans les processus de production.

b)- Les coûts de défaillances externes : Les coûts de défaillances externes sont les coûts associés à l'erreur qui est détectée après l'envoi aux clients; On doit prendre en considération les frais associés aux retours, aux réparations, à la garantie...etc.

c)- Les coûts de contrôle ou d'inspection: Les coûts d'inspection sont composés des frais d'inspection et de contrôle de la production visant à déterminer la conformité des produits aux spécifications et détecter les produits défectueux. Les actions d'inspection détectent les non conformités mais ne les corrigent pas. Le fait d'inspecter sous-entend que la prévention n'est pas pleinement efficace.

d)- Les coûts de prévention: Les coûts de prévention sont l'ensemble des investissements encourus par l'entreprise dans le but de produire de la qualité. Ils incluent tous les coûts de formation et d'amélioration des procédés et méthodes de travail. Ces investissements améliorent la productivité à long terme.

Il y a lieu de souligner que parmi ces coûts, la priorité doit être accordée à ceux de la prévention car « prévenir l'erreur coûte moins que de la réparer ».

Bien entendu la prévention nécessite l'utilisation de méthodes et outils de contrôle. Ces derniers seront traités dans la section suivante.

3-5 Les outils de la qualité totale

3-5-1 Introduction

De nombreux outils et démarches ont pour but l'obtention ou l'amélioration de la qualité. « En effet, deux courants d'idées au niveau de la qualité s'affrontent ou se complètent.

- un courant « technique » : Maîtrise statistique du procédé (ou du processus) MSP, Amdec produit/processus, Maîtrise de la fiabilité.

- un courant « relations humaines » qui dit : la qualité c'est rassembler les énergies. C'est motiver les acteurs de l'entreprise : cercle de qualité, cercle de progrès....

En fait ces deux courants ne sont pas contradictoires, l'un apporte un peu de philosophie et de réflexion à l'autre, et l'autre prolongeant la volonté de faire bien en mettant à la disposition des objectifs « Qualité » des outils pour mieux maîtriser le processus, pour mieux penser la conception, pour mieux trouver les causes de la non qualité, et atteindre enfin le but de zéro défaut, et de concurrence, et faire prendre enfin conscience aux industriels de l'importance du paramètre qualité totale »⁽¹⁾.

3-5-2 Que sont Les outils de la qualité totale

Ce sont des techniques utilisées dans les activités qualité qui permettent de découvrir des problèmes, de sérier les données, de générer des idées, d'analyser les causes, d'engager des actions, d'introduire des améliorations et d'établir des indicateurs de résultats.

⁽¹⁾ - P.Lyonnet, « Les Outils de la Qualité Totale », Technique et Documentation LAVOISIER p8.

Dans leur approche de la qualité, les japonais utilisent un certain nombre d'outils simples, de nature statistique ou graphique pour beaucoup et relevant souvent de la dynamique de groupe ; les cercles de qualité dont on parlera par la suite, sont en effet la structure de base de la qualité totale, et les méthodes de dynamique de groupe ont pour objectif d'accroître l'efficacité de leur travail collectif.

Ces outils sont destinés à encadrer leur démarche tant pour analyser la situation que pour faciliter les choix ou mesurer les résultats; le diagramme en arête de poisson d'Ichikawa, est un exemple typique de ces instruments visuels, simples à comprendre et à utiliser, et stimulants pour la créativité du groupe. Ce diagramme est l'un des outils du MSP (Maîtrise Statistique de Processus) souvent appelés les 7 outils de base pour la maîtrise de la qualité que chaque personne de la production devrait apprendre à utiliser, bien qu'en général les industriels japonais les aient délaissés au profit de techniques expérimentales bien plus puissantes. Cela veut dire qu'il y a d'autres méthodes, Méthode statistique, méthode d'analyse multivariée, les sept nouveaux outils...etc.

Les différentes techniques (outils) utilisées dans la démarche qualité pour la résolution des problèmes seront récapitulées ci-après avec une description rapide de leurs objectifs et modes d'emploi.

Ces outils sont :

Les questions WWW...(en français:QQOQCCP)

Ces lettres (pour what, who, where, when...) désignent les questions à se poser pour analyser une situation ou diagnostiquer un problème auquel on veut remédier ; ceux sont les sept questions suivantes:

Quoi?Qui?Où?Quand?Comment?Combien?Pourquoi?

C'est une méthode très utile pour un travail en groupe, qui permet d'aborder méthodiquement un problème: On croise les questions entre elles deux à deux

(quoi-qui, quoi-où, quoi-quand, ...) et cela permet de bien analyser les causes et les manifestations du problème auquel on s'attaque⁽¹⁾.

Les histogrammes, courbes et graphiques

Là aussi les Japonais font preuve d'un grand sens du concret en recommandant de présenter systématiquement sous forme graphique les données de production pouvant aider à améliorer la qualité: Visualiser les problèmes permet de mieux en faire prendre conscience ; cette prise de conscience est le point de départ des efforts visant à l'amélioration⁽²⁾.

Le diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un diagramme à colonnes qui permet de représenter graphiquement les causes des problèmes selon l'ordre d'importance de leurs effets. C'est un outil simple, basé sur la loi de Pareto, dite aussi « loi des 20-80 » : 20% des causes produisent 80% des effets. Cette « loi » n'a bien sûr rien de rigoureux, suivant les situations ce peut être 15-85, ou 25-75, etc ; mais elle traduit empiriquement une règle de la nature d'après laquelle les divers facteurs agissant sur un phénomène n'ont pas une influence égale. En partant de ce principe, on sélectionnera les plus importantes causes du problème à résoudre pour s'attaquer en priorité à elles.

« Prenons l'exemple d'un produit défectueux : On analysera les causes de défauts en les classant par ordre de fréquence, on détectera une douzaine de causes possibles, et on constatera que trois ou quatre d'entre elles seulement sont à l'origine de la majorité des problèmes. Le bon sens commande de traiter d'abord ces causes principales, en commençant par la première »⁽³⁾.

⁽¹⁾ et ⁽²⁾ -R. de Maricourt, op.cit p 40 et 41.

⁽³⁾ -Gerd F. Kamiske et Jörg-Beter Brauer, op.cit p79 et 81.

Le diagramme de Pareto est un outil très efficace dans le travail en groupe d'un cercle de qualité dans la mesure où, visualisant des faits, il facilite le consensus.

Carte de contrôle

La carte de contrôle (ou graphique de contrôle) présente d'une manière générale, une méthode de surveillance des processus de fabrication sur une base statistique. De ce fait, on trace, sur le graphique, des limites pour définir les spécifications d'évaluation (ces lignes indiqueront les limites de la dispersion des données à partir d'une base statistique et permettront de déterminer l'apparition de situations anormales dans le processus de fabrication). Ces lignes limites sont appelées lignes de contrôle.

L'objectif visé en traçant un graphique de contrôle est de déterminer si les données de ce graphique sont normales ou anormales. Elles permettront donc de connaître les variations dans le processus de fabrication.

En conséquence, chaque point du graphique doit indiquer, de façon très précise, à quelle source les informations relatives au procédé ont été tirées.

Diagramme cause-effet/ diagramme d'Ishikawa

Le diagramme cause-effet est une méthode simple d'analyse des problèmes qui distingue la cause de l'effet. Les causes (influences) potentielles et connues qui conduisent à une donnée (problème) sont séparées en causes principales, d'une part, et causes secondaires, d'autre part, et structurées graphiquement dans une représentation globale. On peut ainsi identifier les grandeurs d'influence positives et négatives, représenter leur dépendance vis-à-vis de la grandeur souhaitée grâce au diagramme.

C'est le Japonais Ishikawa qui a mis au point le diagramme cause-effet afin de l'appliquer tout particulièrement dans les cercles de qualité. On le nomme souvent diagramme d'Ishikawa du nom de son inventeur, ou diagramme en arête de poisson du fait de sa forme.

Plans d'expérience de Taguchi

Sans entrer dans le détail de cette méthode, d'une certaine complexité mathématique, on en définira les principes en quelques mots : lorsqu'on veut, par exemple, introduire un nouveau procédé, il est prudent d'en tester un certain nombre de paramètres sur plusieurs variables, et de construire un plan d'expérience à deux entrées. Lorsqu'on a affaire à de multiples variables et paramètres, les « cases » représentant chacune une expérience à conduire deviennent fort nombreuses puisqu'il faut multiplier le nombre de paramètres par le nombre de variables: Le plan devient très complexe, long et coûteux à mettre en œuvre. La méthode de Taguchi permet de simplifier considérablement ce plan, en ne conduisant que quelques-unes des expériences les plus significatives, et en faisant appel à des calculs de probabilité pour connaître les résultats des autres⁽¹⁾.

Les cercles de la qualité

La qualité est l'affaire de tous, ce doit être une obsession, l'objet d'un soin vigilant et constant, il faut donc arriver à impliquer le personnel de base et à le mobiliser pour cette cause; pour cela, rien de mieux que de le faire participer.

⁽¹⁾ - Renaud de Maricourt, op.cit p 44.

C'est là un des objectifs fondamentaux des « cercles de qualité » ou « groupe de travail » ou « groupe d'amélioration » ainsi qu'ils sont parfois nommés. On indique généralement l'année 1962 comme date de naissance des cercles de qualité au Japon. Leur diffusion dans le monde sera tardive et correspondra aux années quatre vingts.

Les cercles de qualité sont des groupes d'opérateurs, généralement de six à douze personnes, volontaires, initialement issues d'un même atelier, formés aux techniques statistiques de base, et plus généralement aux méthodologies de la résolution de problèmes et c'est là un autre objectif. Les Japonais insistent beaucoup sur le fait que la qualité ne doit pas être le territoire réservé de quelques spécialistes chargés du problème mais doit être traitée collectivement .

3-6 Conclusion

Malgré le fait que le contrôle statistique soit caractérisé par un gain de temps et d'efforts, une réduction des coûts, et que ses résultats sont admis ; celui-ci ne peut prendre en considération qu'une seule caractéristique en même temps.

Or la prise de décision dans le cadre de la gestion de la qualité pose, en prenant en considération plusieurs critères à la fois, un problème complexe. Des outils ont été employés pour résoudre ce genre de problèmes, tel que le plan d'expérience de Taguchi cité plus haut. Néanmoins leur utilisation a montré des limites. C'est pourquoi le Goal Programming a été proposé en raison de la facilité de son utilisation et la précision de ses résultats.

Pour toutes les entreprises, la variabilité des caractéristiques de la qualité constitue un obstacle majeur pour fournir des produits qui répondent aux

exigences des clients; dans ce contexte et pour atteindre l'objectif voulu « la satisfaction des clients » les valeurs des buts sont considérées comme Imprécises et peuvent être exprimés par des expressions floues et des intervalles. Le prochain chapitre traitera de l'application du Goal Programming dans un environnement imprécis comme outil de contrôle de la qualité avec présentation d'un exemple et étude d'un cas pratique.

Chapitre 4

L'application du Modèle du Goal programming dans un environnement Imprécis comme Outil de Contrôle de la qualité

- Exemple**
- Etude de cas**

4-1 Introduction

Tout processus de production comporte des facteurs techniques, administratifs et humains qui concourent à la réalisation du produit. Les éléments qui interviennent dans un processus ne restent pas parfaitement constants dans le temps. Ils varient et leurs influences se répercutent par la suite sur la production. Pour toutes les entreprises la variabilité des caractéristiques de qualité constitue un obstacle majeur pour fournir des produits qui répondent aux exigences des clients.

« Quel que soit le processus de production, c'est-à-dire quel que soient le niveau de sa conception, celui de la maintenance, les matières utilisées, la qualification de la main d'œuvre, etc..., il ne sera jamais possible de créer des produits ou des caractéristiques exactement identiques. Par exemple, la contenance en crème de soins dans les flacons, la blancheur d'un papier, la souplesse d'un tissu, ... etc varient d'une unité à l'autre. Si la variabilité du processus de fabrication est importante, le fournisseur aura des difficultés ou trouvera trop coûteux de satisfaire ses clients car une partie de sa production devra être retravaillée, recyclée, mélangée ou rejetée. Cela entraînera donc des coûts de production plus élevés et par conséquent, un profit généralement inférieur à celui de ses concurrents »⁽¹⁾. Afin de surpasser ce problème, « les entreprises occidentales admettent généralement qu'il suffit de maintenir les caractéristiques des produits dans leurs intervalles de tolérance pour ne pas avoir de clients insatisfaits. C'est-à-dire, quelle que soit la position de la caractéristique à l'intérieur de l'intervalle de tolérance, le client sera à 100% satisfait, et quelque soit la position de la caractéristique à l'extérieur de l'intervalle de tolérance, le client sera à 100% insatisfait »⁽²⁾.

⁽¹⁾ -Luan Jaupi, op.cit. p3 et p5.

⁽²⁾ -Keki R.Bhote, op.cit p32.

Par contre, les entreprises Japonaises expriment un principe selon lequel la satisfaction du client est assurée seulement lorsque la caractéristique se trouve à une valeur cible, indépendamment de l'intervalle de tolérance; tout écart par rapport à la valeur cible est un coût qui représente une perte financière pour l'entreprise et une mesure de l'insatisfaction du client⁽¹⁾.

Pour prospérer dans le climat économique d'aujourd'hui, il convient d'améliorer constamment la qualité des produits afin de satisfaire pleinement la clientèle.

La clef de cette amélioration consiste à réduire la variabilité du processus de production. Il s'agit de techniques concrètes qui peuvent être utilisées pour améliorer les performances de n'importe quel processus (industriel ou administratif) présentant des variations.

Dans ce contexte une formulation du GP est possible comme technique ou outil pour résoudre un problème général de contrôle de processus.

4-2 L'application du GP pour le contrôle de la qualité

Le goal programming comme méthode peut aider à choisir les valeurs des variables de décision de manière à ce que les déviations des buts visés soient réduites au minimum. S'il n'est pas possible de réaliser tous les buts, le GP essaye de les satisfaire dans un ordre de priorité.

Plus récemment, les applications du GP ont été très étendues comme mentionné dans les écrits de Kornbluth et Lin; l'une de ces applications est le contrôle du processus. Le problème de contrôle du processus implique au décideur de fixer les niveaux optimaux des intrants et des variables de processus afin de répondre à des spécifications exigées d'extrait⁽²⁾.

⁽¹⁾ -Keki R.Bhote, op.cit p32.

⁽²⁾ - R.P. mohanty and Jerry C.C.Koay, « A Goal Programming Application for Waste Treatment Quality Control », p65.

4-3 Formulation du GP pour un problème général de contrôle du processus de qualité⁽¹⁾

Fixer les niveaux des intrants et des variables de processus afin de répondre à des spécifications exigées d'extrant est un problème de contrôle de qualité ordinaire. Quand une seule caractéristique d'extrant est prise en considération, ce problème peut être résolu en employant les méthodes statistiques conventionnelles. Cependant, les difficultés peuvent surgir quand l'extrant a un certain nombre de caractéristiques et quand chacune de ces caractéristiques doit satisfaire des spécifications données. Dans ce type de problème de qualité, les intrants sont développés à travers des variables de processus pour produire un seul extrant. Cet extrant doit satisfaire les spécifications pour un certain nombre de caractéristiques de la qualité.

L'intervalle des valeurs à l'intérieur duquel chaque intrant devrait être traité et les limites dans lesquelles les variables du processus peuvent agir, sont connus. Le problème est de trouver une solution dans laquelle les niveaux d'intrants et les variables de processus répondent à toutes les spécifications des caractéristiques de l'extrant sujet à leurs contraintes. Si une solution optimale n'existe pas, il faut alors trouver la meilleure solution de compromis.

Le rapport entre les caractéristiques de la qualité de l'extrant et les intrants et variables de processus, est établi par l'analyse multiple de régression linéaire.

Soient : X_1, \dots, X_l , les l caractéristiques des intrants, R_1, \dots, R_k , les k variables du processus et Y_1, \dots, Y_r , les r caractéristiques d'extrant

1- Sukulyan Sengupta, "Goal Programming Approach to a type of Quality Control Problem", the Journal of the Operational Research Society, Mars 1981, p207-211, p 207 et 208 : traduit et organisé par nous même.

Généralement, il y a trois types de spécifications de fabrication pour de telles variables, à savoir : Les spécifications à deux côtés, les spécifications à un seul côté et les spécifications de type « près de ».

Afin de formuler le modèle du GP, les étapes préliminaires suivantes sont nécessaires :

4-3-1 Etape 1 : équations de régression linéaire

Il est possible d'exprimer la relation de chaque caractéristique d'extrait aux intrants et les paramètres (variables) du processus sous la forme d'équations de régression linéaire.

Cette relation peut être établie comme suit :

$$Y_i = F_i (X_1, \dots, X_r; R_1, \dots, R_k); \quad i = 1, \dots, r$$

4-3-2 Etape 2: modification de la forme de spécification

Modifier les limites de “la spécification à deux côtés” à une seule limite supérieure de “spécification à un seul côté” (USL) « Upper Specification Limit » en transformant la variable respective par la soustraction de sa limite inférieure de la spécification (LSL) « Lower Specification Limit » de cette variable. De cette façon, les variables auront maintenant une seule limite de la spécification ou une spécification de type « près de ». Evidemment, chacune de ces variables peut prendre seulement des valeurs non négatives.

Exemple 1 : $X_2 : 20 - 30$ (avant modification)

Ou $20 \leq X_2 \leq 30$

C'est-à-dire : $X'_2 = X_2 - 20 \leq 10$

Exemple 2 : Y_1 près de 35 $\rightarrow Y'_1 \approx 35$

4-3-3 Etape 3 : ajustement des équations de régression

Comme résultat de la modification des variables, les équations de régression correspondantes doivent être écrites sous la forme suivante :

$$Y'_i = F'_i (X'_1, \dots, X'_j ; R'_1, \dots, R'_k)$$

Ou Y'_i, X'_j, R'_k sont les variables modifiées

Après exécution des étapes préliminaires ci-dessus, le problème modifié peut alors être exprimé comme suit :

Pour $i = 1, 2, \dots, r$ trouver les valeurs modifiées d'intrants et les variables de processus (X'_j et R'_k), tel que Y_i (Y'_i) modifiée se trouve sur les valeurs de X'_1, \dots, X'_j et R'_1, \dots, R'_k .

4-4 Assignation des facteurs de priorité préventive

Quand un décideur est confronté aux buts multiples et contradictoires, il doit établir des priorités pour les buts. De même, des priorités doivent être assignées aux caractéristiques multiples et contradictoires de l'extrant concerné par le problème de contrôle de la qualité. En supposant que la caractéristique (but) la plus importante a la priorité 1, la prochaine caractéristique la plus importante a la priorité 2, etc.

Ces priorités sont considérées comme étant préemptives : Les buts de basse priorité ne sont satisfaits qu'après que ceux de haute priorité l'aient été.

Dans le modèle du GP ceci est représenté en tant que but de priorité de P_i

4-5 Formulation de la fonction objectif

Le problème maintenant se réduit à la minimisation de la somme des déviations sujettes aux contraintes des buts, en prenant en considération la structure de priorité. La fonction objectif peut être formulée comme suit :

$$\text{Minimiser } \sum_{m=1}^{l+k+r} (\delta_m^+ + \delta_m^-)$$

4-5-1 Formulation des contraintes des buts d'extrait

Les contraintes des buts de l'extrait peuvent être obtenues à partir des spécifications modifiées de la façon suivante :

$$P_{\beta} Y'_i + \delta_i^- - \delta_i^+ = S'_i \quad ; \quad i = 1, \dots, r$$

Où

P_{β} = facteur de priorité pour i ème but.

S'_i = limite modifiée de spécification (ou but)

4-5-2 Formulation des contraintes des buts d'intrants

De la même façon, les contraintes des buts d'intrants peuvent être obtenues comme suit :

$$P_{\beta} X'_j + \delta_j^- - \delta_j^+ = S'_j \quad ; \quad j = 1, \dots, l$$

Où

P_{β} = le facteur de priorité pour j ème but

S'_j = limite modifiée de spécification

4-5-3 Formulation des contraintes des buts du processus

Aussi, les contraintes des buts du processus sont obtenues de la même façon que ci-dessus.

$$P_{jt} X'_t + \delta_t^- - \delta_t^+ = S'_t \quad ; \quad t = 1, \dots, k$$

Où

P_{jt} = le facteur de priorité pour t ème but

S'_t = limite modifiée de spécification

Avec : $Y'_t, X'_t, R'_t \geq 0$

Pour une spécification à un seul côté, seulement une des variables de déviation positive ou négative existera. Cependant, pour la spécification de type “près de”, les deux variables de déviation doivent être prises en considération.

Le problème du GP peut être résolu en utilisant des algorithmes ou des logiciels existants.

4-6 Exemple

Le bois dur et les éclats du bambou sont les intrants exigés pour produire le papier. Ces éclats, mélangés en certaines proportions au bois dur, sont cuits dans un “Kamyr digester” à l’aide de produits chimiques pour produire la pulpe. Cette pulpe est développée davantage pour le papier fini. Pour cette étude, la pulpe est l’extrant. Il y a trois caractéristiques de la qualité de la pulpe qui seront maintenues pour obtenir une bonne qualité du papier, à savoir : le nombre K, le facteur de l’explosion, et la longueur du concassage⁽¹⁾.

1- Sadok Cherif, Med, Cabchoub, H, Aouni, B., « Quality control system design through the goal programming model and the satisfaction function », European Journal of Operation Research, 186, 2008, 1084-1098, p1090.

4-6-1 Description du processus⁽¹⁾

Le nombre K est un indicateur indirect de digestion ou cuisson fait par un produit chimique appelé liqueur de cuisson au "Kamyr digestor". Si les éclats alimentés dans le "digestor" sont trop cuits, le nombre K sera bas. Cela a pour conséquence la désintégration de la matière première qui constitue une perte à l'usine. D'un autre côté, si les éclats sont sous cuits, indiqués par un nombre K élevé, alors à une étape postérieure, la consommation du produit blanchissant sera élevée. Donc le nombre K est la caractéristique la plus importante qui devrait être strictement maintenue dans les limites. Les deux autres caractéristiques déterminent la force du papier fini. La proportion du bois dur et du bambou peut être ajustée facilement. Toutes les variables du processus sont vérifiables et peuvent être directement mesurées

4-6-2 Variables utilisées dans l'application du GP

- Variables d'intrants.

X_1 : bois dur %

- Variables de processus

R_1 : zone de température supérieure de cuisson (c°)

R_2 : zone de température inférieure de cuisson (c°)

R_3 : pression vapeur LP (kg / cm²)

R_4 : pression vapeur HP (kg / cm²)

R_5 : alcali actif NaOH (%)

R_6 : sulfhydrate de liqueur blanche (%)

R_7 : index alcalin (n°)

⁽¹⁾ - "Goal Programming Approach to a type of Quality Control Problem", the Journal of the Operational Research Society, Mars 1981, p207-211, p 209,210 et 211.

- Les caractéristiques d'extrait

Y_1 : nombre K

Y_2 : facteur de l'explosion

Y_3 : longueur du concassage

4-6-3 Les spécifications/ limites admissibles

Les spécifications sont définies avec des intervalles.

Intrant : X_1 : [20 - 40]

Variables de processus : R_1 : [140 - 175]

R_2 : [140 - 173]

R_3 : [2 - 4,4]

R_4 : [8 - 20,5]

R_5 : [20 - 35]

R_6 : [13 - 25]

R_7 : [12,5 - 18,5]

Caractéristiques d'extrait : Y_1 : [16 - 18]

Y_2 : environ 35

Y_3 : environ 5000

Les données du processus sont rassemblées pour l'analyse de régression linéaire multiple

4-6-4 Analyse de régression multiple

L'usine était incapable de maintenir les caractéristiques désirées de la pulpe. Le problème était de fixer les niveaux d'intrants et les variables du processus afin que les spécifications soient rencontrées.

Une étude a été faite reliant l'intrant avec l'extrait par les variables de processus. 46 ensembles de données ont été rassemblés sur une période de 13 jours. Une analyse de régression linéaire multiple a été entreprise et les rapports suivants ont été obtenus.

$$Y_1 = 22,840 + 0,06X_1 - 0,05R_1 + 0,004R_2 - 0,67R_3 + 0,24R_4 - 0,13R_5 \\ + 0,19R_6 - 0,18R_7$$

$$Y_2 = 38,94 + 0,05 X_1 - 0,02 R_1 + 0,002 R_2 + 1,67 R_3 + 0,21 R_4 + 0,06 R_5 \\ + 0,02R_6 - 0,69R_7$$

$$Y_3 = 3273,40 - 24,37 X_1 + 9,997 R_1 + 8,48 R_2 - 268,68 R_3 + 120,92 R_4 \\ + 67,27 R_5 + 27,89 R_6 - 138,46 R_7$$

Les coefficients de corrélation multiples obtenus pour ces équations sont respectivement: 0,74 ; 0,72 ; 0,66 .

4-6-5 Formulation du modèle du Goal Programming

Pour formuler ce problème en tant que modèle du GP, il faut transformer les variables afin d'obtenir des spécifications à un seul côté. En conséquence, les équations de régression doivent être modifiées.

- Les variables transformées et leurs spécifications

$20 \leq X_1 \leq 40$	\rightarrow	$X'_1 = X_1 - 20 \leq 20$
$140 \leq R_1 \leq 175$	\rightarrow	$R'_1 = R_1 - 140 \leq 35$
$140 \leq R_2 \leq 173$	\rightarrow	$R'_2 = R_2 - 140 \leq 33$
$2 \leq R_3 \leq 4,4$	\rightarrow	$R'_3 = R_3 - 2 \leq 2,4$
$8 \leq R_4 \leq 20,5$	\rightarrow	$R'_4 = R_4 - 8 \leq 12,5$
$20 \leq R_5 \leq 35$	\rightarrow	$R'_5 = R_5 - 20 \leq 15$
$13 \leq R_6 \leq 25$	\rightarrow	$R'_6 = R_6 - 13 \leq 12$
$12,5 \leq R_7 \leq 18,7$	\rightarrow	$R'_7 = R_7 - 12,5 \leq 6,2$
$16 \leq Y_1 \leq 18$	\rightarrow	$Y'_1 = Y_1 - 16 \leq 2 \dots(1)$
Y_2 près de 35	\rightarrow	$Y'_2 = Y_2 \approx 35 \dots\dots\dots(2)$
Y_3 près de 5000	\rightarrow	$Y'_3 = Y_3 \approx 5000 \dots\dots\dots(3)$

- Les équations de régression modifiées

$$Y'_1 = 0,06X'_1 - 0,05R'_1 + 0,004R'_2 - 0,67R'_3 + 0,24R'_4 - 0,13R'_5 + 0,19R'_6 - 0,18R'_7 - 0,2 \dots\dots\dots(4)$$

$$Y'_2 = 0,05X'_1 - 0,02 R'_1 + 0,002 R'_2 + 1,67 R'_3 + 0,21 R'_4 + 0,06 R'_5 + 0,02 R'_6 - 0,69 R'_7 + 36,955 \dots\dots\dots(5)$$

$$Y'_3 = -24,37 X'_1 + 9,997 R'_1 + 8,48 R'_2 - 268,68 R'_3 + 120,92 R'_4 + 67,27 R'_5 + 27,89 R'_6 - 138,46 R'_7 + 5780 \dots\dots\dots(6)$$

- Les facteurs de priorité préemptive

Apparemment, le nombre K, le facteur de l'explosion et la longueur du concassage sont respectivement de priorité un, deux et trois; les variables de processus R4 et R7 sont attribuées au niveau prioritaire numéro quatre et les variables restantes sont assignées au cinquième niveau prioritaire.

$$P_1 \rightarrow Y_1$$

$$P_2 \rightarrow Y_2$$

$$P_3 \rightarrow Y_3$$

$$P_4 \rightarrow R_4 \text{ et } R_7$$

$$P_5 \rightarrow X_1, R_1, R_2, R_3, R_5 \text{ et } R_6$$

- La formulation des contraintes d'extrait

$$Y_1' + \delta_1^- = 2 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$Y_2' + \delta_2^- + \delta_2^+ = 35 \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$Y_3' + \delta_3^- + \delta_3^+ = 5000 \quad \dots\dots\dots(9)$$

- La formulation des contraintes d'intrant

-Variable d'intrant

$$X_1' + \delta_4^- = 20$$

-Variables de processus

$$R_1 : R_1' + \delta_5^- = 35$$

$$R_2 : R_2' + \delta_6^- = 33$$

$$R_3 : R_3' + \delta_7^- = 2,4$$

$$R_4 : R'_4 + \delta_8^- = 12,5$$

$$R_5 : R'_5 + \delta_9^- = 15$$

$$R_6 : R'_6 + \delta_{10}^- = 12$$

$$R_7 : R'_7 + \delta_{11}^- = 6,2$$

Il faut noter que pour le type de spécification “prés de”, les deux variables de déviation négative et positive doivent être incluses dans les contraintes. Tandis qu’avec les spécifications à un seul côté, seulement une des variables de déviation positive ou négative doit être prise en considération.

Dans ce cas, il y a deux spécifications de type “prés de” Y_2 et Y_3 .

Basée sur les facteurs de priorité, la fonction objectif peut maintenant être formulée ainsi :

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & P_1 \delta_1^- + P_2 (\delta_2^- + \delta_2^+) + P_3 (\delta_3^- + \delta_3^+) + P_4 (\delta_8^- + \delta_{11}^-) \\ & + P_5 (\delta_4^- + \delta_5^- + \delta_6^- + \delta_7^- + \delta_9^- + \delta_{10}^-) \end{aligned}$$

Sujet aux contraintes :

i- d'intrant

$$X'_1 + \delta_4^- = 20$$

ii- de variables de processus

$$R'_1 + \delta_5^- = 35$$

$$R'_2 + \delta_6^- = 33$$

$$R'_3 + \delta_7^- = 2,4$$

$$R'_4 + \delta_8^- = 12,5$$

$$R'_5 + \delta_9^- = 15$$

$$R'_6 + \delta_{10}^- = 12$$

$$R'_7 + \delta_{11}^- = 6,2$$

iii- d'extrait

de (4) et (7) on obtient

$$2,2 = +0,06X_1 - 0,05R_1 + 0,004R_2 - 0,67R_3 + 0,24R_4 - 0,13R_5 + 0,19R_6 \\ - 0,18R_7 + \delta_1^-$$

de (5) et (8)

$$71,955 = 0,05X_1 - 0,02R_1 + 0,002R_2 + 1,67R_3 + 0,21R_4 + 0,06R_5 + 0,02R_6 \\ - 0,69R_7 + \delta_2^- + \delta_2^+$$

de (6) et (9)

$$-780 = -24,37X_1 + 9,997R_{10} + 8,48R_2 - 268,68R_3 + 120,92 R_4 + 67,27R_5 \\ + 27,89R_6 - 138,46R_7 + \delta_3^- + \delta_3^+$$

$$X_1 \geq 0 ; R_{t,t} \geq 0 \quad \text{pour } t = 1, \dots, 7$$

$$\delta_i^- \text{ et } \delta_i^+ \geq 0 \quad \text{pour } i = 1, \dots, 11$$

4-6-6 Résultats et discussions

La solution optimale du problème du GP formulé par sengupta est la suivante :

$$X_1 = 44 ; R_1 = 160 ; R_2 = 176 ; R_3 = 3 ; R_4 = 11,5 ; R_5 = 28 ; R_6 = 23 ; \\ R_7 = 18$$

Ce qui donne : $Y_1 = 16,42 ; Y_2 = 35,43 ; Y_3 = 5910$

Le premier, le deuxième et le quatrième buts prioritaires ont été réalisés comme indiqué par les valeurs de Y_1, Y_2, R_4 et R_7 respectivement. Mais le troisième et les cinquièmes buts prioritaires n'ont pas été entièrement réalisés comme indiqué par $Y_3 = 5910, X_1 = 44$ et $R_2 = 176$; ils sont au dessus de leurs limites supérieures respectives de spécifications. Cependant, le degré de déviation des buts réalisés est tolérable pour les buts pratiques.

L'échec d'atteindre les buts de priorités inférieures, est toujours pris comme *un compromis* ou *compensation*, en réalisant le but de priorité supérieure.

Etude de cas

Après avoir développé dans les chapitres précédents l'aspect théorique du modèle du Goal Programming et son importance dans la prise de décision notamment en ce qui concerne le contrôle de la qualité (avec l'introduction d'un exemple), il nous paraît utile de présenter une étude de cas montrant l'application du modèle du GP dans un environnement imprécis. Ceci afin de prouver son efficacité comme outil de contrôle de la qualité.

Cette étude portant sur le yaourt étuvé a été réalisée dans l'Entreprise Publique Economique "OROLAIT" de Tlemcen.

-Problème

Le yaourt est l'extrait obtenu par le mélange des intrants tels que le lait en poudre, l'eau et la matière grasse avec une température de pasteurisation et un coefficient d'acidité de l'eau bien déterminés. Il y a deux caractéristiques de la qualité du yaourt qui doivent être maintenues pour obtenir un produit de bonne qualité à savoir : l'acidité et l'extrait sec total.

Les détails de l'extrait, les variables de processus et de l'intrant sont donnés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 4-1 : Les spécifications fixées pour l'intrant, les variables du processus et les caractéristiques d'extrait

La spécification / Limite Admissible	
La variable d'intrant	
X, Lait en poudre à 0% de matière grasse (g)	130g /L constant
Les variables de processus	
R ₁ : PH dans l'eau	environ 3,5
R ₂ : Température de pasteurisation (c°)	65-85
R ₃ : Matière grasse (g/l)	10-15
Les caractéristiques d'extrait	
Y ₁ : Acidité (D°)	75-95
y ₂ : Extrait sec total (g/l)	20-28

Les données ont été recueillies auprès du responsable de laboratoire, elles ont été rassemblées sur une période de 59 jours. Une analyse de régression linéaire multiple a été effectuée et les résultats suivants ont été obtenus.

Les équations de régression pour l'extrait

- L'équation de régression pour la caractéristique Y_1

Dependent Variable: Y1 Method: Least Squares Date: 03/28/07 Time: 16:29 Sample: 1 59 Included observations: 59 $Y1=C(1)+C(2)*R1+C(3)*R2+C(4)*R3$				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	519.7875	18.62977	27.90091	0.0000
C(2)	-98.40663	3.834726	-25.66197	0.0000
C(3)	-0.090275	0.158069	-0.571109	0.5703
C(4)	0.033909	0.242865	0.139623	0.8895
R-squared	0.926059	Mean dependent var	106.2059	
Adjusted R-squared	0.922026	S.D. dependent var	12.20653	
S.E. of regression	3.408533	Akaike info criterion	5.355830	
Sum squared resid	638.9954	Schwarz criterion	5.496680	
Log likelihood	-153.9970	Durbin-Watson stat	1.992197	

*

$$Y_1 = 519,7875 - 98,40663 R_1 - 0,090275 R_2 + 0,33909 R_3$$

- Le coefficient de corrélation multiple pour cette équation est : 0,926059

- L'équation de régression pour la caractéristique Y_2

Dependent Variable: Y2 Method: Least Squares Date: 03/28/07 Time: 16:38 Sample: 1 59 Included observations: 59 $Y2=C(1)+C(2)*R1+C(3)*R2+C(4)*R3$				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	65.74908	6.366279	10.32771	0.0000
C(2)	-11.50715	1.310426	-8.781225	0.0000
C(3)	0.046577	0.054016	0.862269	0.3923
C(4)	0.034037	0.082993	0.410114	0.6833
R-squared	0.587148	Mean dependent var	21.81692	
Adjusted R-squared	0.564629	S.D. dependent var	1.765289	
S.E. of regression	1.164785	Akaike info criterion	3.208339	
Sum squared resid	74.61982	Schwarz criterion	3.349189	
Log likelihood	-90.64600	Durbin-Watson stat	1.896551	

$$Y_2 = 65,74908 - 11,50715 R_1 + 0,046577 R_2 + 0,034037 R_3$$

- Le coefficient de corrélation multiple pour cette équation est : 0,587148

* Logiciel utilisé EVIEUS 5.1

- Formulation du modèle du Goal Programming

Changement (transformation) des variables

$$\begin{array}{lll}
 R_1 \approx 3,5 & \rightarrow & R'_1 = R_1 \approx 3,5 \\
 65 \leq R_2 \leq 85 & \rightarrow & R'_2 = R_2 - 65 \leq 20 \\
 10 \leq R_3 \leq 15 & \rightarrow & R'_3 = R_3 - 10 \leq 5 \\
 75 \leq Y_1 \leq 95 & \rightarrow & Y'_1 = Y_1 - 75 \leq 20 \dots\dots(1) \\
 20 \leq Y_2 \leq 28 & \rightarrow & Y'_2 = Y_2 - 20 \leq 8 \dots\dots(2)
 \end{array}$$

Les équations de régressions modifiées

$$Y'_1 = - 98,40663 R'_1 - 0,090275 R'_2 + 0,33909 R'_3 + 442.310525 \dots\dots (3)$$

$$Y'_2 = - 11,50715 R'_1 + 0,046577 R'_2 + 0,034037 R'_3 + 49.11695 \dots\dots(4)$$

Détermination des facteurs de priorité

$$\begin{array}{l}
 P_1 \rightarrow Y_1 \\
 P_2 \rightarrow Y_2 \\
 P_3 \rightarrow R_2 \\
 P_4 \rightarrow R_1 \text{ et } R_2
 \end{array}$$

Formulation des contraintes d'extrant et des variables de processus

i- D'extrant

$$Y'_1 + \delta_1^- = 20 \dots\dots\dots(5)$$

$$Y'_2 + \delta_2^- = 8 \dots\dots\dots(6)$$

ii- Des variables de processus

$$R'_1 + \delta_3^- - \delta_3^+ = 3,5$$

$$R'_2 + \delta_4^- = 20$$

$$R'_3 + \delta_5^- = 5$$

Basée sur les facteurs de priorité "GP Lexicographique", la fonction objectif est formulée ainsi :

$$\text{Min } Z = P_1 \delta_1^- + P_2 \delta_2^- + P_3 \delta_4^- + P_4 (\delta_3^- + \delta_3^+ + \delta_5^-)$$

Sujet aux contraintes :

i- Variables de processus

$$R_1' + \delta_3^- - \delta_3^+ = 3,5$$

$$R_2' + \delta_4^- = 20$$

$$R_3' + \delta_5^- = 5$$

ii- D'extrant :

de (3) et (5) on obtient

$$-422.310525 = -98,40663 R_1' - 0,090275 R_2' + 0,33909 R_3' + \delta_1^-$$

De (4) et (6) on obtient

$$-41.11695 = -11,50715 R_1' + 0,046577 R_2' + 0,034037 R_3' + \delta_2^-$$

$$R_t \geq 0 \quad \text{pour } t = 1,2,3$$

$$\delta_i \geq 0 \quad \text{pour } i = 1, \dots, 5$$

Résolution de ce programme par l'utilisation du logiciel LINDO :

Etape 1 :

$$\text{Min } Z = \delta_1^-$$

Sujet aux contraintes

$$R_1' + \delta_3^- - \delta_3^+ = 3,5$$

$$R_2' + \delta_4^- = 20$$

$$R_3' + \delta_5^- = 5$$

$$-422.310525 = -98,40663 R_1' - 0,090275 R_2' + 0,33909 R_3' + \delta_1^-$$

$$-41.11695 = -11,50715 R_1' + 0,046577 R_2' + 0,034037 R_3' + \delta_2^-$$

Solution :

Les déviations		Fonction objectif	Variables de décision
Positives	Négatives		
$\delta_3^+ = 0.791484$	$\delta_1^- = 0$ $\delta_2^- = 8.265801$ $\delta_3^- = 0$ $\delta_4^- = 20$ $\delta_5^- = 5$	$Z = 0$	$R_1' = 4.291484$ $R_2' = 0$ $R_3' = 0$

Tableau 4-2 : Résultats de la solution de l'étape 1 relative à l'étude de cas.

Etape 2 :

$$\text{Min } Z = \delta_2^-$$

Sujet aux contraintes

$$\delta_1^- = 0$$

$$R_1' + \delta_3^- - \delta_3^+ = 3,5$$

$$R_2' + \delta_4^- = 20$$

$$R_3' + \delta_5^- = 5$$

$$-422.310525 = -98,40663 R_1' - 0,090275 R_2' + 0,33909 R_3' + \delta_1^-$$

$$-41.11695 = -11,50715 R_1' + 0,046577 R_2' + 0,034037 R_3' + \delta_2^-$$

Les déviations		Fonction objectif	Variables de décision
Positives	Négatives		
$\delta_3^+ = 0$	$\delta_1^- = 0$ $\delta_2^- = 7.123136$ $\delta_3^- = 3.5$ $\delta_4^- = 0$ $\delta_5^- = 5$	$Z = 7.123136$	$R_1' = 4.273137$ $R_2' = 20$ $R_3' = 0$

Tableau 4-3: Résultats de la solution de l'étape 2 relative à l'étude de cas

Etape 3 :

$$\text{Min } Z = \delta_4^-$$

Sujet aux contraintes

$$\delta_1^- = 0$$

$$\delta_2^- = 7.123136$$

$$R_1' + \delta_3^- - \delta_3^+ = 3,5$$

$$R_2' + \delta_4^- = 20$$

$$R_3' + \delta_5^- = 5$$

$$-422.310525 = - 98,40663 R_1' - 0,090275 R_2' + 0,33909 R_3' + \delta_1^-$$

$$-41.11695 = - 11,50715 R_1' + 0,046577 R_2' + 0,034037 R_3' + \delta_2^-$$

Les déviations		Fonction objectif	Variables de décision
Positives	Négatives		
$\delta_3^+ = 0.845522$	$\delta_1^- = 7.123136$ $\delta_2^- = 7.956078$ $\delta_3^- = 0$ $\delta_4^- = 0$ $\delta_5^- = 5$	$Z = 0$	$R_1' = 4.345522$ $R_2' = 20$ $R_3' = 0$

Tableau 4-4 : Résultats de la solution de l'étape 3 relative à l'étude de Cas.

Etape 4 :

$$\text{Min } Z = \delta_3^- + \delta_3^+ + \delta_5^-$$

Sujet aux contraintes

$$\delta_1^- = 0$$

$$\delta_2^- = 7.956078$$

$$\delta_4^- = 0$$

$$R_1' + \delta_3^- - \delta_3^+ = 3,5$$

$$R_2' + \delta_4^- = 20$$

$$R_3' + \delta_5^- = 5$$

$$-422.310525 = -98,40663 R_1' - 0,090275 R_2' + 0,33909 R_3' + \delta_1^-$$

$$-41.11695 = -11,50715 R_1' + 0,046577 R_2' + 0,034037 R_3' + \delta_2^-$$

La solution optimale du problème de la qualité au niveau de l'entreprise se présente comme suit :

Les déviations		Fonction objectif	Variables de décision
Positives	Négatives		
$\delta_3^+ = 0.862751$	$\delta_1^- = 7.123136$ $\delta_2^- = 7.984149$ $\delta_3^- = 0$ $\delta_4^- = 0$ $\delta_5^- = 0$	$Z = 0.8627507$	$R_1' = 4.362751$ $R_2' = 20$ $R_3' = 5$

Tableau 4-5 : Résultats de la solution de l'étape 4 relative à l'étude de cas

Valeurs des variables originales

$$\text{de (5)} \quad Y_1' + \delta_1^- = 20 \Leftrightarrow Y_1' = 20 - \delta_1^- \Leftrightarrow Y_1' = 20$$

$$\text{de (1)} \quad Y_1' = Y_1 - 75 = 20 \Leftrightarrow Y_1 = Y_1' + 75 = 12.876 + 75 = 87.876$$

En procédant de la même façon pour les autres variables, on obtient:

$$Y_2 = 20.02$$

$$R_1 = 4.36$$

$$R_2 = 85$$

$$R_3 = 15$$

Variables		Intervalles spécifiés	Résultats avec le modèle du GPLexicographique
De processus	R_1	Prés de 3,5	4.36
	R_2	[65-85]	85
	R_3	[10-15]	15
D'extrant	Y_1	[75-95]	87.87
	Y_2	[20-28]	20.02

Tableau 4-6 : Les solutions obtenues en utilisant le modèle du GP Lexicographique.

4-7-1 Commentaire

Il ressort que les trois premiers objectifs prioritaires (buts) sont accomplis. Le quatrième objectif prioritaire est réalisé partiellement dans la mesure où le PH (coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu) n'est pas tout à fait réalisé comme indiqué par $R_1 = 4.36$ qui est au dessus de sa valeur de spécification. Néanmoins le degré de déviation du but réalisé est tolérable par rapport au but pratique. En fait cette valeur est favorable si l'on prend en considération la réalisation des buts de priorité supérieure.

Les résultats obtenus peuvent servir pour apporter des changements relativement aux limites inférieures (LSL) et limites supérieures (USL) des variables originales fixées par le décideur.

Il faut noter que pour des résultats plus précis, de nouveaux ensembles d'analyse de régression peuvent être recommandés.

Dans la dite entreprise le contrôle de la qualité du produit « Yaourt » se fait par l'analyse d'échantillons à chaque étape de processus, en apportant les corrections nécessaires là où il faut.

Il y a lieu de souligner que cette ancienne méthode engendre des pertes de temps considérables et du gaspillage.

L'utilisation du modèle du GPL comme outil de contrôle de la qualité semble plus adéquate dans ce cadre, notamment lorsque le décideur doit satisfaire simultanément plusieurs objectifs, souvent contradictoires. Cette méthode d'optimisation peut donc faciliter au gestionnaire la prise de la décision appropriée.

4-7-2 Conclusion

Les résultats de l'étude de cas montrent comment le Goal Programming peut avec succès être appliqué aux problèmes de contrôle de qualité où les niveaux des intrants et les variables de processus sont fixés afin de répondre à des spécifications exigées d'extrant; ce dernier étant exprimé par des caractéristiques multiples. Cependant, il convient de noter que dans ce cas, la solution du GP dépendra en grande partie de la qualité de l'analyse de régression. Si le rapport est pauvre, la solution une fois utilisée dans la pratique peut dévier de l'optimum.

La formulation du GP d'un problème général de contrôle de processus permet la performance de trois types d'analyses qui ne peuvent pas être abordés par la technologie conventionnelle ou les méthodes statistiques classiques⁽¹⁾ :

- 1- Elle détermine les conditions d'intrant pour un ensemble de buts.
- 2- Elle détermine le degré de réalisation des buts définis avec les ressources de données.
- 3- Elle fournit la solution optimum sous la variation des intrants et les structures des buts.

1- Sukulyan Sengupta, op.cit. p211.

Conclusion générale

L'objectif recherché à travers ce travail est de prouver l'efficacité d'un modèle mathématique à objectifs multiples à savoir le Goal Programming (programmation mathématique avec buts). Ce modèle appliqué dans la prise de décision, a fait ses preuves dans divers domaines.

Le GP tel que décrit dans le deuxième chapitre est un modèle mathématique où sont agrégés plusieurs critères (points de vue) dans une seule fonction, avec la fixation préalable de buts par le décideur. Ces buts n'étant pas toujours satisfaits avec exactitude, le GP a pour rôle de minimiser les écarts, positifs ou négatifs, entre leur réalisation et leurs niveaux d'aspiration.

Avant cela, dans le premier chapitre, nous avons abordé l'approche classique (monocritère) des problèmes de décision, qui consiste à optimiser une unique fonction économique (avec un seul critère) et qui montre certaines faiblesses. C'est pourquoi les chercheurs et les praticiens, de plus en plus conscients de la présence de critères multiples dans les problèmes concrets de gestion, se sont tournés vers l'approche multicritère.

L'aide multicritère consiste à choisir, en présence de critères multiples, une (des) alternative(s) parmi un nombre infini d'alternatives qui varient généralement dans un domaine continu. Depuis une trentaine d'années, le domaine de l'analyse multicritère connaît une évolution importante qui s'est traduite par le développement d'un grand nombre de méthodes et modèles mathématiques.

Il est remarquable de constater que la formulation des problèmes de décision en termes multicritère devient de plus en plus fréquente dans des domaines très variés tels que la production, le marketing, l'économie, la sécurité, l'environnement, la finance, ...

Les spécialistes de l'aide multicritère à la décision ont subdivisé les méthodes qu'a connu cette dernière, en trois grandes familles⁽¹⁾ :

-La théorie de l'utilité multiattribut ;

-Les méthodes de surclassement ;

-Les méthodes interactives : c'est une approche de jugement local interactif. Elles sont les plus récentes et se sont principalement développées dans le contexte de la programmation mathématique à objectifs multiples (PMOM).

Comme l'optimisation simultanée des objectifs est impossible, la PMOM essaye d'établir un ensemble de solutions efficaces ou réalisables. C'est-à-dire que les chercheurs se sont d'abord intéressés à la détermination de l'ensemble des solutions efficaces (réalisables) d'un programme linéaire à objectifs multiples, ensuite ils se sont préoccupés de la détermination interactive d'une solution de compromis (cf : 1^{er} chapitre).

Comme nous l'avons souligné plus haut, le modèle le plus connu de la PMOM et le plus utilisé dans divers domaines, est le GP. Ce dernier a connu plusieurs variantes dont le développement et l'application s'opéraient selon des contextes décisionnels différents. Les principales variantes et les plus populaires sont le Goal Programming Pondéré, le Goal Programmig Lexicographique ainsi que d'autres. Ces variantes ont été relatées dans le deuxième chapitre.

Il y a lieu de préciser que dans plusieurs contextes décisionnels, les valeurs des buts ne sont pas toujours précises; dans ce cas, ces dernières sont exprimées à l'aide d'intervalles. C'est ainsi que le GP avec Intervalles qui s'exprime le GP dans un environnement imprécis, est apparu.

1-philippe vincke, op.cit. p

Parmi les domaines où les valeurs des buts sont entachées d'imprécision, nous retrouvons la gestion de la qualité.

« On parle de qualité dans toutes les entreprises et dans toutes les branches. Il est donc évident que ce concept a une signification fondamentale. Et pourtant, ce facteur essentiel est souvent sous-estimé lors des décisions de management actuelles, alors qu'on devrait partir du principe qu'à la longue, le succès d'une entreprise dépend de la supériorité de la qualité de ses produits face à ceux de la concurrence »⁽¹⁾.

Nous avons mis en exergue au troisième chapitre l'importance de la qualité dans la vie de l'entreprise. L'intérêt accordé à la qualité a pris des proportions considérables au niveau mondial à tel point que les organisations et les gouvernements, conscient de son importance pour leur survie et leur pérennité, l'élèvent au premier rang de leurs préoccupations.

En effet, face à la mondialisation, l'environnement économique en perpétuelle changement et les attentes de plus en plus exigeantes des clients, la qualité est devenue une arme stratégique à même de garantir à l'entreprise sa place sur le marché. Dans ce contexte, de nombreux outils et démarches ont pour but l'obtention ou l'amélioration de la qualité, telles que les méthodes de la maîtrise statistique des processus (MSP) ainsi que d'autres.

La mise en œuvre de ces méthodes offre à l'entreprise qui les adopte, les avantages suivant : la satisfaction des clients, l'amélioration de la qualité du produit, la diminution des anomalies internes et externes, la motivation du personnel, la satisfaction des actionnaires, etc.

Dans le domaine du contrôle de la qualité, il ne sera jamais possible de créer des produits ou des caractéristiques exactement identiques, même si toutes les conditions techniques et humaines sont réunies. Ceci, parce que les éléments qui

1-G.F.Kamiske et J-P.Brauer, « Management de la Qualité de A à Z », Masson, Paris 1994, pl.

interviennent dans un processus ne restent pas parfaitement constants dans le temps ; par exemple la contenance en tomate concentrée dans une boîte, le poids d'un sac de ciment conditionné, etc, varient d'une unité à l'autre. C'est pourquoi, « dans les entreprises occidentales on admet généralement qu'il suffit de maintenir les caractéristiques des produits dans leurs intervalles de tolérance, pour ne pas avoir de clients mécontents. Il faut souligner que le mécontentement d'un client à une conséquence économique qu'on ne peut pas ignorer »⁽¹⁾.

Dans un tel contexte on dit qu'il y a une imprécision en ce qui concerne les données et les niveaux d'aspiration relatifs à la gestion de la qualité. Ces derniers (données et niveaux d'aspiration) sont exprimés à l'aide d'intervalles dont les bornes supérieures et inférieures sont fixées par le décideur. Aussi, la prise de décision dans le cadre de la gestion de la qualité pose, on prenant en considération plusieurs critères à la fois, un problème complexe par rapport aux méthodes statistiques conventionnelles. C'est pourquoi, nous nous sommes consacrés au quatrième chapitre, à montrer que le GP est le modèle le plus adéquat pour résoudre ce type de problèmes en raison de la facilité de son application et de la précision relative de ses résultats.

Dans ce sens, plusieurs études ont démontré l'efficacité de ce modèle comme outil de contrôle de la qualité. L'exemple le plus probant est l'étude de Sunguptin qui utilise le modèle du GP Lexicographique comme outil de contrôle de la qualité dans la production de papier ; étude qui a donné des résultats satisfaisants (cf : exemple cité au chapitre 4).

⁽¹⁾ -Keki R.Bhote, « World Class Quality » les 7 outils de la qualité, une **division** de l'Américain Management Association, New York, Etats-Unis. AMACOM, 1991, nouvelle présentation, DUNOD, 2003, p3.

Pour étayer l'étude théorique et prouver l'efficacité de ce modèle dans la réalisation de problème de la qualité, nous avons procédé à une étude pratique dans une entreprise publique économique, l'OROLAIT.

Cette étude à concerné un des produits dérivés de lait, à savoir le yaourt.

La méthode utilisée dans cette entreprise pour le contrôle de la qualité du produit est celle de « l'échantillonnage ». Ainsi à chaque étape de la production, un échantillon est prélevé pour être analysé et sur la base des données recueillies une estimation est faite pour le lot complet. Or, les données acquises dans ce cas indiquent la situation d'un processus ou d'un produit, mais pas la qualité d'un lot.

Par contre, l'utilisation du modèle du GP donne des résultats assez précis et montre que le décideur à atteint son objectif principal de façon à ce que les niveaux des intrants et des variables de processus rencontrent plus ou moins toutes les spécifications sur les caractéristiques de l'extrait. Ceci étant, le Goal Programming Lexicographique appliqué au problème de contrôle de la qualité permet au décideur de traiter l'imprécision liée aux données du problème et d'incorporer explicitement ses préférences en effectuant des priorités pour les buts à réaliser.

Néanmoins, il faut noter que dans le cadre de ce modèle, la solution dépendra de la qualité de la régression. Si la relation entre la caractéristique d'extrait, les caractéristiques des intrants et les variables de processus est faible, la solution obtenue peut ne pas être efficace.

Cette variante du GP fait toujours l'objet d'étude et de recherche et pour preuve l'article de Carlos Romero paru en 2001 sous le titre « Extended Lexicographic Goal Programming : a unifying approach ».

Cette article présente un modèle considéré comme une extension du GPL et susceptible de faire l'objet de futures recherches.

Références

- 1- **Aouni, B.**, « Le modèle de Programmation Mathématique avec Buts dans un Environnement Imprécis : sa formulation, sa résolution et une application », thèse de Doctorat (PHD), faculté des Sciences de l'Administration, Université, Laval, Canada, 1998.
- 2- **Aouni, B.**, « Introduction à la Méthodologie d'Aide multicritère à la décision », School of Commerce and Administration Laurentian University, Sudbury (Ontario) P3E 2C5, Canada 2002.
- 3- **Aouni, B., Ossama, K., Martel, J-M.**, "Estimation through the imprecise Goal Programming Model" Published in "Advances in Multiple Objective and GP" R.Caballero, F.Ruiz and R.E Steuer(Eds), lecture notes in Economics and Mathematical Systems, Springer-Verlag, 1997.
- 4- **Aouni, B.; and Kettani, O.**, " Goal Programming Model: A glorious History and a Promising Future", European Journal of Operational Research, 2001.
- 5- **Aouni, B.**, « Gestion des Opérations et de la Production » notes de cours et problèmes, Librairie de l'Université de Laurentienne, Canada, 2003.
- 6- **Badri, Masood A.**, « A combined AHP-GP model for quality control system », International Journal Production Economics, 2001.
- 7- **Ben Mena Sami**, « Introduction aux Méthodes Multicritères d'Aide à la Décision », Biotechnol, Agron. SOC. 2000.
- 8- **Brans Jean-Pierre**, « l'Elaboration d'Instruments d'Aide à la Décision », Nadeau, R., et M.Landry, l'Aide à la Décision: nature, instruments et perspectives d'avenir. Les presses de l'université Laval, 1986
- 9- **Chatelet Jean-Marie**, « Méthodes Productique et Qualité », Ellipses/ édition Marketing S.A, 1996.
- 10- **Fau Jean**, « La Qualité au Quotidien » Polytechnica, 1992.

- 11- **Gal Tomas, Theodor J.Stewart, Hanne Thomas**, "Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory and Applications", Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London, 1999.
- 12- **Gerd F. Kamiske et Jörg-Beter Brauer**, "Management de la Qualité de A à Z », Masson, Paris, Milan, Barcelone, 1995.
- 13- **Giroux Hélène**, « L'évolution des Définitions de la Qualité », Congrès ASAC-IFSAM, Montréal, Québec, Canada.
- 14- **Hosotani Katsuya**, « Le guide Qualité de Résolution de Problème », Le secret de l'efficacité Japonaise, Dunod, Paris, 1997.
- 15- **Ishihara, K.**, « Maîtriser la Qualité : Méthodologie de Gestion », Editions Mare Mostrum, 1996.
- 16- **Ishikawa Kaoru**, « La Gestion de la qualité: Outils et Applications Pratique », Dunod, Paris, 1996.
- 17- **Jambart Claude**, « L'assurance de la Qualité: les normes ISO 9000 en pratique », Editions Economica, 1997.
- 18- **Jaupi Luan**, « Contrôle de la Qualité, MSP, Analyse des performances contrôle de réception », Editions Dunod, Paris, 2002.
- 19- **Kalro, A.H.et Chaturvedi,G.**, « A Note on Goal Programming Approach to a Type of Quality control Problem », Journal Operationnel Research, Printed in Great Britain,1983.
- 20- **Kammoun, R., et al**, « La Démarche de la Qualité Totale dans des entreprises Partenaires : étude exploratoire », Ecole de Commerce et d'Administration, Université Laurentienne, Avril 2003.
- 21- **Keki.R.Bhote**, « World Class Quality : les 7 Outils Shainin de la qualité », Editions Dunod 2003.

- 22- **Kettani Ossama and al**, "The Double Role the Weight Factor in the Goal Programming Model", *Computer and Operations Research*
- 23- **Lyonnet, P**, « les Outils de la Qualité Totale », *Technique et documentation – Lavoisier*.
- 24- **Mohanty,R.P., and Jerry c.c.Koay**, "A Goal Programming Application for Waste Treatment Quality Control".
- 25- **Martel, J-M., and B.Aouni**, "Incorporating the Decision-Maker's Preferences in the GP Model with Fuzzy Goal Values: A new Formulation", Published in "Multi-objectives Programming and Goal Programming" Tamis.M (Ed), *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer-Verlag, 1996.
- 26- **Martel, J-M., and B. Aouni**, "Diverse Imprecise Goal Programming Model Formulations", *Journal of Global Optimization*, 1998.
- 27- **Martel Jean-marc**, « L'aide Multicritère à la Décision: Méthodes et applications », *CORS-SCRO 1999 Annual Conference*, June 7-9, 1999- Windsor, Ontario.
- 28- **Olson, David L.**, « Chance Constrained Quality Control », *Engineering Cost and Production Economics*, 1990.
- 29- **Othmani Imed**, « Optimisation multicritère: Fondements et concept », thèse de doctorat, Université Joseph Fourier- Grenoble, 1998.
- 30- **Renaud De Maricourt**, « Les Samouraïs du Management », *Librairie Vuibert*, Septembre, 1993.
- 31- **Romero Carlos**, « Handbook of Critical Issues in Goal Programming », *University of Cordoba, Spain*, Pergamon Press.
- 32- **Sadok Cherif, Med, Cabchoub, H, Aouni, B.**, « Quality control system design through the goal programming model and the satisfaction function », *European Journal of Operation Research*, 186, 2008, 1084-1098.

- 33- **Schärli Alain**, « Décider sur plusieurs critères », Panorama de l'aide à la décision multicritère, Presses Polytechniques Romandes.
- 34- **Seddiki Abdallah**, « Management de la qualité ; de l'inspection à l'esprit Kaizen », Office des Publications Universitaires: 2004.
- 35- **Sukalyan Sengupta**, " Goal Programming Approach to a Type of Quality Control Problem" the journal of the operational research society, mars 1981, pp 207-211.
- 36- **Tamis, M., Jones, D.F., and El-Darzi, E.**, « A review of Goal Programming and its Applications », Annals of Operations Research, 1995.
- 37- **Tamiz, M., Jones, D., and Romero, C.**, " Goal programming for Decision-Making: An Overview of the current State-of-the-Art", European Journal of Operational Research, 1998.
- 38- **Vincke Philippe**, « L'aide Multicritère à la Décision » Editions de l'Université de Bruxelles, 1989.
- 39- **Wei, Jerry C., Olson, David L., and White, Edna m.**, "Simultaneous Optimization in Process Quality Control via Prediction-interval Constrained Programming", Journal of operational Research Society ,1990.
- 40- **Weill Michel**, « Le Management de la Qualité », Collection Repères, Editions la Découverte, Paris, 2001.
- 41- **Yves Lavina et Erick Perruche**, "Maintenance et Assurance de la Qualité", les Editions d'Organisation, 1998.

- د. عمر وصفي عقلي، "المنهجية المتكاملة لادارة الجودة الشاملة" جامعتي حلب و العلوم التطبيقية، داروائل للطباعة و النشر، عمان 2000.
- د. ناديا أيوب، " نظرية القرارات الادارية" كلية الاقتصاد، جامعة دمشق 1992-1994. - د. توفيق محمد عبد المحسن، "تخطيط و مراقبة جودة المنتجات، مدخل ادارة الجودة الشاملة"، جامعة اسنرات كلايد-المملكة المتحدة، دار النهضة العربية 1998.
- د. سونيا محمد البكري، "ادارة الجودة الكلية"، كلية التجارة، جامعة الاسكندرية، الدار الجامعية 2003-2004.
- د. فريد عبد الفتاح زين الدين، "بحوث العمليات و تطبيقاتها في حل المشكلات و اتخاذ القرارات"، جامعة الزقازيق 1997.
- د. أحمد فهمي جلال، "مقدمة في بحوث العمليات و العلوم الادارية"، دار الفكر العربي 1994.
- د. فريد عبد الفتاح زين الدين، "تخطيط و مراقبة الانتاج، مدخل ادارة الجودة"، جامعة الزقازيق 1997.

Résumé

La prise de décision dans le cadre de la gestion de la qualité pose, en prenant en considération plusieurs critères à la fois, un problème complexe. Des outils ont été employés pour résoudre ce genre de problème, néanmoins leur utilisation a montré des limites. C'est pourquoi le Goal Programming a été proposé comme méthode la plus adéquate pour résoudre ce type de problème. Le GP a été appliqué dans un contexte où les valeurs des buts sont considérées comme précises et les préférences du décideur ne sont pas prises en considération. Cependant dans le contexte du contrôle de la qualité, les données relatives à cette dernière peuvent être imprécise et exprimés par des intervalles.

Dans ce mémoire nous traiterons de l'application d'une variante du GP à savoir le GP Lexicographique pour permettre l'intégration des préférences du décideur dans un environnement imprécis comme outil de contrôle de la qualité.

Mots clés : Contrôle de la qualité, Goal programming, Goal Programming Lexicographique, Imprécision des buts.

Abstract

Within the framework of quality control, when several criteria are taken into account is a complex decision making problem. Tools have been used to solve this problem; nevertheless their use has shown its limits. That is why the Goal Programming has been proposed as the most appropriate method to solve such problems. The GP has been applied in a context where the values of the goals are considered as precises and preferences of the dicision-maker are not taken into account. Nevertheless in the context of quality control, data relating to the latter, may be imprecise and expressed by intervals.

In this field of study, we will discuss the aplication of a variant of Goal Programmin namely lexicographic GP wich allows the integration of preferences to a decision-maker in imprecise environment as a tool for quality control.

Key words: Quality control, Goal Programming, Lexicographic Goal Programming, Imprecise Goals.

ملخص

إن اتخاذ القرار في إطار إدارة الجودة يثير مسألة معقدة عندما تؤخذ بعين الاعتبار عدة معايير في نفس الوقت. وسائل عديدة استخدمت لحل مثل هذه المسألة، غير أن استعمالها أظهر بعض النقائص، لهذا السبب اقترحت البرمجة الرياضية بالأهداف كطريقة ملائمة لحل مثل هذه النوعية من المشاكل. البرمجة الرياضية بالأهداف طبقت في مضمون أين تعتبر قيم الأهداف محددة و تفضيلات المقرر غير مأخوذة بعين الاعتبار. غير أن مضمون مراقبة الجودة و المعطيات المتعلقة به تكون غير محددة ومعبر عنها بمجالات.

في هذه المنكرة سنتطرق إلى تطبيق أحد أنواع البرمجة الرياضية بالأهداف ألا وهي البرمجة الرياضية لكسيكوغرافية كأداة لمراقبة الجودة والتي تسمح بإدماج تفضيلات المقرر في محيط غير محدد.

الكلمات الرئيسية: مراقبة الجودة، البرمجة الرياضية بالأهداف، البرمجة الرياضية لكسيكوغرافية، الأهداف غير المحددة.