

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM



Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique
Département de Mathématiques et informatique
Filière : Informatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique

Option : **Réseaux et Systèmes**

Présenté par :

DERDOUR Ilham Dehiba

THEME :

**Utilisation d'un GDSS pour la gestion du cycle de vie
d'un produit (PLM)**

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Dr. Midoun Mohamed	MCB	Université de Mostaganem	Président
Dr. Khiat Sofiane	MCB	Université de Mostaganem	Examinateur
Dr. Laredj Mohamed Adnane	MCA	Université de Mostaganem	Encadrant

Année Universitaire 2021-2022

Résumé

La gestion du cycle de vie des produits (PLM) est devenue importante dans les entreprises qui fournissent des technologies et des méthodologies pour gérer les données, l'information et les connaissances tout au long du cycle de vie des produits.

La problématique de notre travail s'articule autour de l'utilisation d'un système d'aide à la décision de groupe (GDSS) pour gérer le cycle de vie d'un produit tout au long son cycle de vie pour permettre aux entreprises de mieux structurer les décisions prise à son sein en utilisant les différents points de vue et les connaissances des différents intervenants dans le processus collaboratif de développement d'un produit.

Nous proposons dans notre travail une approche basée sur la notion d'aide à la décision multicritères qui permet de parvenir à un compromis en ce qui concerne la prise de décision fondée sur des critères différents et tenant compte de plusieurs alternatives.

Nous proposons, comme contribution pour cette problématique, d'utiliser la méthode PROMETHEE-GDSS afin de résoudre le problème multicritères et multi-décideurs. Cette proposition est validée par une simulation et un test via un logiciel d'aide à la décision multicritères « Visual PROMETHEE » dans le but de valider notre proposition.

Mots-clés : PLM, GDSS, Aide multicritères à la décision, travail collaboratif, PROMETHEE

Abstract

Product Life Cycle Management (PLM) has become important in companies that provide technologies and methodologies to manage data, information, and knowledge throughout the product life cycle.

The problem of our work revolves around the use of a group decision support system (GDSS) to manage the life cycle of a product throughout its life cycle to allow companies to better structure the decisions made within it using the different perspectives and knowledge of the different stakeholders in the collaborative process of product development.

In our work, we propose an approach based on the concept of multi-criteria decision support that allows for a compromise in decision-making based on different criteria and considering several alternatives.

We propose, as a contribution to this issue, to use the PROMETHEE-GDSS method to solve the multi-criteria and multi-decision-making problem. This proposal is validated by a simulation and a test via a "Visual PROMETHEE" multicriteria decision support software to validate our proposal.

Keywords: PLM, GDSS, Multi-criteria decision support, collaborative work, PROMETHEE

ملخص

أصبحت إدارة دورة حياة المنتج مهمة في الشركات التي توفر التقنيات والمنهجيات لإدارة البيانات والمعلومات والمعرفة طوال دورة حياة المنتج.

تدور مشكلة عملنا حول استخدام نظام دعم القرار الجماعي لإدارة دورة حياة المنتج طوال دورة حياته للسماح للشركات بهيكل أفضل للقرارات المتخذة داخله باستخدام وجهات النظر والمعرفة المختلفة لأصحاب المصلحة المختلفين في التعاون عملية تطوير المنتج.

وفي عملنا، نقترح نهجا يستند إلى مفهوم دعم القرارات المتعددة المعايير الذي يسمح بالتوصل إلى حل وسط في عملية صنع القرار استنادا إلى معايير مختلفة والنظر في عدة بدائل.

ونقترح، كمساهمة في هذه المسألة، استخدام الطريقة لحل مشكلة تعدد المعايير واتخاذ القرارات. يتم التحقق من صحة هذا الاقتراح من خلال محاكاة واختبار عبر برنامج دعم القرار متعدد المعايير للتحقق من صحة اقتراحنا.

كلمات مفتاحية دعم القرارات المتعددة المعايير, العمل التعاوني.

Dédicaces

Je dédie ce travail à

Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

Mes chères sœurs,

Mon grand-père paix à son âme,

Ma grand-mère qui me soutien toujours avec ces prières,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours d'étude,

A mon amie, lina, qui m'a toujours soutenue,

Et à tous ceux que j'aime, je dis merci.

Remerciements

Je remercie tout d'abord ALLAH, le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade-là.

Je tiens à remercier particulièrement, mon encadrant Mr. LAREDJ ADNANE MOHAMED, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.

Un grand merci à toute ma famille surtout mes parents et mes sœurs, qui m'ont encouragé à suivre mes études.

Merci à tous et à toutes.

Liste des figures

Figure N°	Titre de la figure	Page
Figure 1	Modèle Produit et Modèle de processus [54]	9
Figure 2	Cycle de vie et workflow d'un objet [2]	9
Figure 3	Le MOF (Méta-Object Facility) [47]	15
Figure 4	Processus décisionnel [5]	19
Figure 5	Structure d'un SIAD basé sur la connaissance selon [22]	23
Figure 6	Modèle du processus de décision de groupe [1]	26
Figure 7	Classification selon la matrice espace-temps [34]	29
Figure 8	Combinaison des systèmes d'aide à la décision de groupe [34]	29
Figure 9	Architecture centralisée [1]	30
Figure 10	Architecture décentralisée [1]	31
Figure 11	Architecture hybride [1]	31
Figure 12	Exemple de génération d'alternatives [25]	40
Figure 13	Fonction de préférence [25]	42
Figure 14	Procédure PROMETHEE GDSS [25]	44
Figure 15	Interface principale de Visual PROMETHEE (scénario directeur général)	53
Figure 16	Interface principale de Visual PROMETHEE (scénario ingénierie)	53
Figure 17	Interface principale de Visual PROMETHEE (scénario finance)	54
Figure 18	Classement partiel PROMETHEE I (scénarios : directeur général, ingénieur en chef et directeur des finances respectivement)	54
Figure 19	Classement partiel PROMETHEE II (scénarios : directeur général, ingénieur en chef et directeur des finances respectivement)	55
Figure 20	Vue sur les flux net (les trois scénarios)	56

Figure 21	Les points forts du fournisseur 1 selon le directeur général	56
Figure 22	Les points forts du fournisseur 1 selon l'ingénieur en chef	57
Figure 23	Les points forts du fournisseur 1 selon le directeur des finances	57
Figure 24	Le plan GAIA (directeur général)	58
Figure 25	Le plan GAIA (Ingénieur en chef)	58
Figure 26	Le plan GAIA (directeur des finances)	59

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre du tableau	Page
Tableau 1	Structure d'une matrice de performances	36
Tableau 2	Les quatre situations fondamentales de préférence	37
Tableau 3	Tableau d'évaluation	41
Tableau 4	Tableau de performance (scénario directeur général)	49
Tableau 5	Tableau de performance (scénario ingénierie)	49
Tableau 6	Tableau de performance (scénario financier)	50
Tableau 7	Matrice de décision (scénario directeur général)	50
Tableau 8	Matrice de décision (scénario ingénierie)	51
Tableau 9	Matrice de décision (scénario financier)	51

Liste des abréviations

Abréviation	Expression Complète
PLM	Product Lifecycle Managment
GDSS	Group Decision Support System
SIAD	Système Informatique d'Aide à la Décision
MOF	Meta Object Facility
NPD	New Product Development
PDM	Product Data Managment
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
ERP	Entreprise Resource Planning
AMCD	Aide Multi-Critères à la Décision
PME	Petite ou Moyenne Entreprise
PROMETHEE	Preference Ranking Organisation METHod for Enrichement Evaluation
GAIA	Graphical Analysis for Interactive Aid
IS	Ingénierie Simultanée

Table des matières

Introduction Générale	4
Chapitre 1 PLM (Product Lifecycle Managment)	6
1.1 Introduction.....	6
1.2 Définition du PLM :	6
1.3 L'évolution du PDM vers PLM :	7
1.4 Les principes de gestion du cycle de vie du produit :	8
1.4.1 La gestion des processus :	8
1.4.2 La gestion des données :	10
1.5 Les concepts de gestion du cycle de vie d'un produit :	11
1.6 Interopérabilité et PLM :	12
1.7 Objectifs de PLM :	13
1.8 Que gère PLM ?	13
1.9 La modélisation du produit :	14
1.9.1 Approche par méta-modélisation :	15
1.9.2 Approche par graphes de données :	16
1.10 Conclusion.....	16
Chapitre 2 GDSS (Group Decision Support System)	18
2.1 Introduction.....	18
2.2 La décision :	18
2.3 Processus décisionnel :	18
2.4 Pourquoi la prise de décision est difficile ?	20
2.5 Aide à la décision :	20
2.5.1 Les acteurs du processus d'aide à la décision :	21
2.6 Les systèmes interactifs d'aide à la décision :	21
2.6.1 Typologie d'un SIAD :	21
2.6.2 Fonctionnalités des SIAD :	22

2.6.3	Structure d'un système d'aide à la décision :	22
2.7	L'aide à la décision de groupe :	24
2.7.1	Décision de groupe.....	24
2.7.2	Différents types des groupes :.....	25
2.7.3	Typologie des processus de prise de décision de groupe :	26
2.7.4	Modèles du processus de décision de groupe :.....	26
2.8	Système interactif d'aide à la décision de groupe :.....	27
2.8.1	Typologie des GDSS.....	28
2.8.2	Caractéristiques des GDSS :.....	29
2.9	Les GDSS distribués	30
2.9.1	Architecture des GDSS distribués.....	30
2.10	Pourquoi les GDSS ?	32
2.11	Les avantages des GDSS :	32
2.12	Conclusion.....	33
Chapitre 3 Les méthodes multicritères et l'aide à la décision de groupe.....		34
3.1	Introduction.....	34
3.2	L'aide multicritère d'aide à la décision.....	34
3.2.1	Définitions :	35
3.2.2	Concepts de base :.....	35
3.3	Les méthodes PROMOTHEE.....	38
3.4	PROMETHEE GDSS.....	39
3.4.1	La procédure de PROMETHEE GDSS.....	39
3.5	Analyse de sensibilité de résolution des problèmes	44
3.6	Conclusion :	45
Chapitre 4 Application de la méthode PROMETHEE-GDSS à un cas d'étude et simulation		47
4.1	Introduction.....	47
4.2	Présentation de la problématique :	47

4.3	Tableaux de performance selon le point de vue de chaque acteur :.....	49
4.4	Choix de la méthode multicritère PROMETHEE GDSS :.....	50
4.4.1	VI.1. Matrice de décision :	50
4.5	Test et simulation pour choisir une localisation pour la nouvelle usine :	52
4.5.1	Analyse des résultats avec Visuel PROMETHEE	52
4.5.2	Le plan GAIA :	57
4.6	Conclusion	59
	Conclusion Générale	60
	Bibliographie	61

Introduction Générale

Dans un contexte concurrentiel fort, les entreprises visent à améliorer leur compétitivité. Celle-ci repose sur l'augmentation de la performance, de la qualité des produits et la réduction des cycles et des coûts. Aujourd'hui, considérant l'ensemble de la gestion du cycle de vie du produit, il s'agit d'étendre ce périmètre d'action aux disciplines entourant le produit.

La gestion du cycle de vie du produit, où le PLM (Product Lifecycle Management) unifie l'ensemble des outils de création et de gestion des données et des moyens de l'entreprise ; il comprend non seulement les éléments liés à la conception et à la gestion documentaire, mais également l'ensemble des composants rattachés au système d'information, assurant ainsi la traçabilité du produit pendant sa fabrication, sa commercialisation jusqu'à sa disparition et son éventuel recyclage. Tout au long des phases de PLM, de nombreuses décisions sont prises, impliquant de multiples acteurs avec des points de vue différents et des interprètes contradictoires.

En effet, chacun de ces acteurs a un regard différent sur la conception d'un même produit. Chaque partie prenante a une vision différente du produit en fonction de ses objectifs et de ses préoccupations. La prise de décision consiste à choisir parmi plusieurs alternatives susceptibles de résoudre un problème dans un environnement donné. La prise de décision et son exécution sont des objectifs fondamentaux de toute organisation et de toute gestion. Toute organisation est structurellement dépendante de la nature des décisions que prennent les décideurs en son sein.

Ainsi, en plus des "systèmes interactifs d'aide à la décision" actuels, des méthodes ont été développées pour aider les groupes à trouver des solutions générales (systèmes d'aide à la décision de groupe – GDSS pour Group Decision Support System en anglais).

La divergence des objectifs et les préférences de tous participants au processus de la prise de décision ont qualifié le problème décisionnel comme étant un problème « multicritères ». Pour ce faire, nous optons à l'élaboration des choix par le recours à des méthodes d'analyse multicritères. Les méthodes d'analyse multicritères sont un ensemble de

méthodes d'aide à la décision correspondant à des choix collectifs où les points de vue sont contradictoires, en se basant sur un certain nombre de critères.

Notre travail consistera à utiliser l'aide à la décision multicritères afin de résoudre notre problématique portant sur la gestion du cycle de vie d'un produit au sein d'un GDSS.

Ce document, qui est un état de l'art des notions citées ci-dessus, sera donc divisé en quatre parties :

Le premier chapitre intitulé « **PLM (Product Lifecycle Management)** », est consacré à définir les principes de la gestion de cycle de vie d'un produit. Dans ce chapitre nous parlerons de l'évolutivité du PLM ainsi de ses concepts, ses principes et ses objectifs, ensuite une présentation générale de la relation entre PLM et les systèmes d'aide à la décision de groupe GDSS (Group Decision Support System).

Le deuxième chapitre intitulé « **GDSS (Group Decision Support System)** », nous aborderons le thème de la décision, des systèmes de l'aide à la décision ainsi que sa structure, ensuite nous parlerons des systèmes d'aide à la décision de groupe (GDSS).

Le troisième chapitre intitulé « **les méthodes multicritères et l'aide à la décision de groupe** », nous définirons l'aide multicritère à la décision ainsi que ces concepts de base. Nous nous concentrons sur la méthode PROMETHEE-GDSS qui va nous servir à la résolution de notre problématique. Cette méthode nous permettra de pouvoir obtenir un classement partiel puis global des différentes actions possibles de la problématique.

Le quatrième chapitre intitulé « **Application de la méthode PROMETHEE-GDSS à un cas d'étude et simulation** », comme son nom l'indique, c'est le chapitre dans lequel nous allons appliquer l'approche multicritères dans un cas d'étude. Puis, nous allons simuler nos résultats avec le logiciel « Visual PROMETHEE ».

Chapitre 1

PLM (Product Lifecycle Management)

1.1 Introduction

La conception de produits complexes nécessite la création d'un environnement d'information produit intégré qui permet aux différents acteurs du réseau tels que les partenaires, les fournisseurs et les clients d'accéder à toutes les informations sur les différentes contraintes et exigences aux différentes phases du cycle de vie du produit. C'est l'essence de la gestion du cycle de vie d'un produit (PLM) [44].

Le PLM est un outil spécifique d'application d'une stratégie centrée sur la gestion du cycle de vie du produit dans une entreprise. Cette stratégie vise à soutenir et simplifier toutes les activités de création de produit, de traitement et d'utilisation de références d'informations dans son cycle de développement en mode collaboratif pour améliorer continuellement les performances.

Dans ce chapitre, nous allons définir ce qu'est la gestion du cycle de vie d'un produit (Product Lifecycle Management -PLM en anglais) et son évolution. Ainsi, nous allons présenter dans ce chapitre, les concepts de PLM, ses objectifs, la notion d'interopérabilité et PLM. Ce chapitre abordera aussi les principes de la gestion du cycle de vie d'un produit. Ensuite, nous finirons par aborder la relation entre le PLM et l'aide à la décision.

1.2 Définition du PLM :

PLM – Gestion du cycle de vie des produits – est une approche stratégique qui prend en charge toutes les phases du cycle de vie des produits, de la conception à l'élimination, fournissant une source de données unique et temporelle sur les produits. Intégrant les personnes, les processus

et les technologies et assurant la cohérence de l'information, la traçabilité et l'archivage à long terme, PLM permet aux organisations de collaborer au sein et à travers l'entreprise étendue [3].

1.3 L'évolution du PDM vers PLM :

Dans les années 1980, les systèmes de conception assistée par ordinateur (CAO) ont permis la création des modèles géométriques de produits dans des ordinateurs afin que les concepteurs les réutilisent et les manipulent selon leurs besoins. Cependant, les fichiers CAO consommaient beaucoup d'espace mémoire et les entreprises avaient du mal à gérer le grand nombre de fichiers CAO nécessaires à la réalisation d'un seul projet.

Les systèmes de gestion de données de produit (PDM) ont été développés pour contrôler et gérer ces nombreux fichiers. Le besoin d'un accès simple, rapide et sécurisé aux données dans le processus de conception de produits a toujours été le principal moteur du développement de PDM [19].

Ainsi, la fonction principale des premières systèmes PDM était de fournir aux utilisateurs les données dont ils ont besoin via leur référentiel de données central, et d'assurer l'intégrité des données du produit en mettant à jour et en contrôlant en permanence la manière dont les personnes créent et modifient les données.

Cependant, deux principaux facteurs limitatifs entravent la poursuite de l'expansion des systèmes PDM [19] :

- Premièrement, en termes de données, leur portée était limitée. Les informations gérées par les premiers systèmes PDM se limitaient à des informations techniques telles que des modèles géométriques.
- Deuxièmement, l'utilisation des systèmes PDM n'était pas toujours facile et une formation en ingénierie/technique était généralement requise. Par conséquent, ils ne suffisaient toujours pas à prendre en charge toutes les tâches de gestion des données tout au long du cycle de vie du produit.

Le concept de PLM est apparu dans les années 1990 [19]. Son objectif est de transcender les aspects techniques des produits et de fournir une plate-forme partagée pour la création,

l'organisation et la diffusion d'informations relatives aux produits. En effet, le PLM supervise le processus de conception géré et contrôlé par le PDM à travers d'autres processus (y compris en amont et en aval de la conception), de l'idée au retrait du produit [19].

1.4 Les principes de gestion du cycle de vie du produit :

La gestion des données techniques a démarré au début des années 90 pour répondre aux besoins de gestion des données de conception. Ensuite le besoin des entreprises est passé de la gestion des données à la définition d'un produit durant tout son cycle de vie [54].

Le rôle d'un outil PLM est centré sur la création d'un environnement de travail collaboratif visant à soutenir et à fluidifier toutes les activités de création, de traitement et d'utilisation des références informationnelles sur le produit au cours de son cycle de développement par l'ensemble des acteurs impliqués. La gestion du cycle de vie d'un produit s'articule autour de la gestion des données et la gestion des processus [54].

1.4.1 La gestion des processus :

Dans l'approche PLM, les processus sont aussi importants que les données. Un modèle de processus permet de guider le déroulement d'une suite de tâches métiers (validation de données, modification de produit, gestion de conflits, etc.), de coordonner les actions à réaliser pour pouvoir réutiliser des savoir-faire, structurer et de garder trace des divers choix effectués par les acteurs impliqués tout au long de leur cycle de vie d'un produit (figure 1). Enfin, le PLM dispose, dans ses fonctionnalités d'origine, de moyens pour gérer les étapes de maturité des documents dans le but d'assurer la fourniture d'informations formellement validées [54].

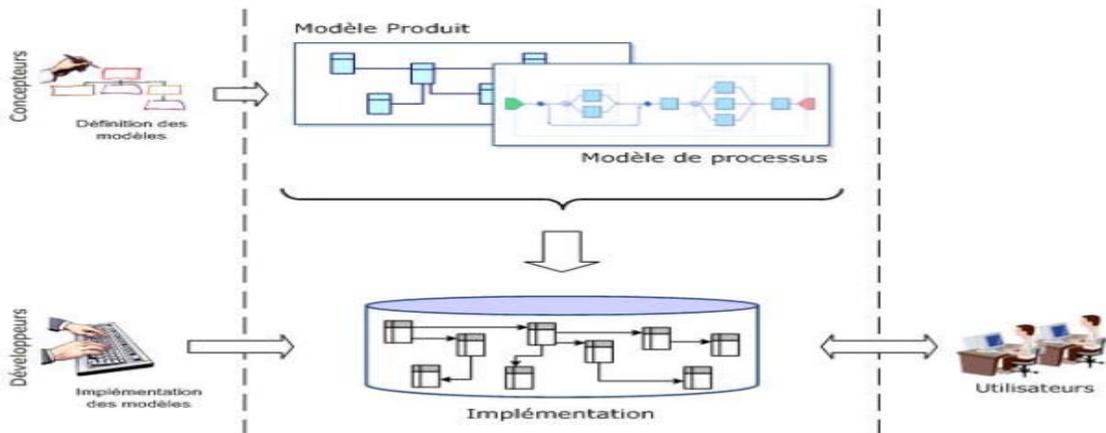


Figure 1: modèle Produit et Modèle de processus [54]

1.4.1.1 Processus employés :

Les outils PLM permettent d'organiser et de systématiser le déroulement d'un processus métier. Ce processus est alors déclaré dans le PLM à l'aide d'un workflow dans lequel est défini l'ordre chronologique des activités, il est aussi spécifié les responsabilités, les droits d'accès en fonction des rôles métier, les informations à fournir en entrée et les résultats, en sortie. Vous voyez ci-dessous (figure 2) un exemple de cycle de vie de document métier et son workflow associé [2].

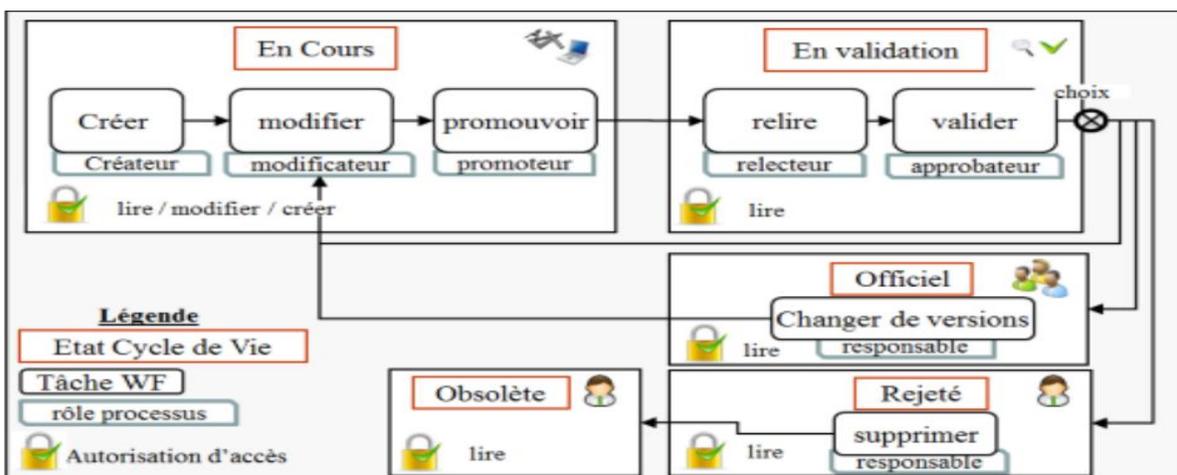


Figure 2: cycle de vie et workflow d'un objet [2]

Chaque acteur joue un rôle métier clairement défini, ce qui permet à l'outil PLM de concilier le partage, la diffusion et la sécurisation des fichiers tout en contrôlant la disponibilité en fonction des sites, des services, des groupes ou des personnes et les autorisations d'accès pour les consultations, modifications, validations ou destructions des données [2].

1.4.2 La gestion des données :

Le PLM contient l'ensemble des données informationnelles du produit qui sert à un raisonnement sur lequel les traitements sont effectués aux processus du cycle de vie. Au cours de ces processus, le PLM permet de pointer sur les données utiles afin d'apporter de la valeur aux décisions, aux informations et aux actions prises par nombreux experts métiers intervenant à différentes étapes [54].

1.4.2.1 La structuration des données produit :

Le PLM repose sur l'utilisation d'une base unique et commune pour centraliser et partager l'information dans le processus de développement. Cette condition aide à éliminer les problèmes fréquemment rencontrés concernant l'existence, au sein du même service, de zone de stockage propre à chaque participant. Ainsi, les informations sont stockées dans une base de données commune et tous les services sont combinés. En outre, cela contribue également à réduire les occurrences de duplication et à promouvoir le caractère unique de l'information.

Le PLM inclut également la définition des fonctionnalités et la gestion des droits d'accès à la base de données pour tous les acteurs, ce qui rend possible la définition et la gestion des actions de chacun [54].

1.4.2.2 Aspect multi-point de vue :

Différentes expertises métier sont envisagées en définissant différentes structures de produits, il donc nécessaire de pouvoir fournir à chaque utilisateur des informations liées à ses domaines d'intérêt. Afin de pouvoir gérer ces multiples structures, le travail dans mise en place de la base de données introduit la notion de point de vue, puis dans la modélisation du système d'information, notamment dans la modélisation des produits [50] [38][20].

L'approche multi-perspective est basée sur le développement d'un modèle unique à partir de différentes exigences de modélisation. Ce modèle unique peut être construit par itérations successives ou par une combinaison de modèles partiels. Ce modèle unique est accessible sous plusieurs angles, puis les données du modèle peuvent être centralisées. Le concept de point de vue lié à l'utilisateur offre la possibilité de visualiser le modèle en fonction de plusieurs points de vue. Cela équivaut à donner différentes « perspectives » sur la même information, ce qui rend les utilisateurs se concentrent sur une partie du modèle global spécifique à leurs besoins.

Le principal avantage de l'utilisation d'un seul modèle est que les modifications apportées à un sous-modèle seront reflétées dans les autres sous-modèles. Par conséquent, les incohérences causées par le partage de données entre les modèles partiels sont évitées [54].

1.5 Les concepts de gestion du cycle de vie d'un produit :

PLM tient la promesse d'intégrer et de rendre accessibles toutes les informations produites tout au long de toutes les phases du cycle de vie d'un produit à tous les membres d'une organisation, ainsi qu'aux principaux fournisseurs et clients [43]. La vision du PLM est de donner l'accès à une source unique de données d'état fiables lorsque cela est nécessaire, représentant ainsi toutes les étapes du cycle de vie du produit, pour que la description statique du produit et de ses composants est suffisante pour effectuer toutes les tâches de gestion nécessaires sans avoir besoin pour saisir des données à plusieurs reprises.

Tous les différents concepts ou méthodes sont basés sur le modèle de données partagé, qui est construit à partir de produits spécifiques liés à la gestion des données de référence, à la gestion des documents et à la gestion de l'état.

Le modèle de données partagé est en outre utilisé pour créer des aspects plus complexes, tels que la nomenclature pour les pannes fonctionnelles, l'assemblage, la gestion ou la vente, ainsi que la gestion de la configuration, la gestion de l'efficacité, le changement de gestion, la gestion des projets et des processus. Ces aspects peuvent être considérés comme spécifiques

au PLM. Ils sont accompagnés d'aspects qui ne sont pas particulièrement liés au PLM, tels que la gestion des utilisateurs, la gestion des transactions, la gestion de la sécurité et la gestion des workflows ou la gestion des fichiers, qui sont plus courants dans les systèmes logiciels généraux [43].

1.6 Interopérabilité et PLM :

La plupart des produits PLM ont gagné en complexité au cours des dernières années. Ceci est motivé par la nécessité d'offrir aux utilisateurs plus de commodité et de nouvelles expériences utilisateur [43]. PLM est une méthodologie pour gérer toutes les données pendant le cycle de vie d'un produit, mais PLM n'est pas une application unique. Le PLM doit toujours être considéré comme un réseau prenant en charge de nombreuses applications dans différents domaines spécifiques au cours du cycle de vie du produit [43]. Par conséquent, il est fortement nécessaire d'échanger et de partager les données PLM entre différentes applications et différents domaines, ainsi qu'au sein des réseaux de partenaires et des chaînes d'approvisionnement.

Une solution PLM dépend fortement de la disponibilité et de la qualité des données [43]. Les principales sources de données sont les systèmes de création ou les anciennes données stockées dans des bases de données, des feuilles de calcul ou des archives. Les données doivent être identifiées, regroupées, classées et nettoyées selon la terminologie choisie pour être révisées et maintenues dans un système PLM [43].

Les outils informatiques permettant d'inspecter, de transformer et de charger des données au moyen d'interfaces bien définies aideront à prévenir la réplique interactive erronée des données. Bien qu'il suffise d'assurer l'interopérabilité des outils utilisés, les modèles de données des outils doivent être coordonnés et cartographiés. Même s'il n'est pas nécessaire d'intégrer tous les outils dans une solution unique, l'interdépendance des modèles de données conduira inévitablement à une intégration contextuelle [43].

1.7 Objectifs de PLM :

PLM atteint des objectifs clés, que nous explorerons ci-dessous :

- *Besoin d'innovation :*

L'innovation repose sur la créativité ce qui est plus susceptible de se produire dans des environnements ouverts qui facilitent l'inclusion des meilleures idées. Un environnement créatif est hautement collaboratif et tient tous les acteurs toujours informés, facilitant ainsi la communication entre les différentes parties [19].

- *Satisfaction et fidélité de la clientèle :*

En savoir plus sur les besoins et les comportements des clients aiderait à développer l'intelligence qui conduit à la conception de produits qui répondent correctement à leurs attentes. Pour assurer une communication riche et efficace, le flux d'information entre les clients et le fabricant devrait être aussi fluide et direct que possible [19].

- *Réduire la complexité des produits :*

La nécessité de répondre à un large éventail de besoins des clients d'une manière plus efficace et fiable donne lieu à des produits de plus en plus complexes, ces produits ont souvent des conceptions complexes [19].

- *Réduction du cycle de vie des produits :*

Compte tenu du taux élevé d'introduction de nouveaux produits sur le marché ainsi que de la rapidité avec laquelle les besoins des clients changent, les produits dont le processus de développement est long sont susceptibles d'être dépassés plus tôt que prévu, d'où le besoin d'un environnement collaboratif avec des sources de connaissances ouvertes permettant l'accélération du processus de développement et en même temps l'amélioration de ses performances [19].

1.8 Que gère PLM ?

La gestion du cycle de vie des produits est une approche stratégique qui prend en charge toutes les phases du cycle de vie des produits, du concept à l'élimination, en fournissant une

source unique et limitée dans le temps de données produit. En intégrant les personnes, les processus et les technologies et en garantissant la cohérence, la traçabilité et l'archivage à long terme des informations, le PLM permet aux organisations de collaborer au sein et à travers les entreprises étendues [3].

Un système qui contient toutes les informations sur un produit est particulièrement utile dans sa phase de conception et son processus de modification technique. La phase de conception d'un nouveau produit est un processus décisionnel dans lequel les informations sur les produits sont progressivement créées, sélectionnées, organisées et diffusées, puis adoptées par les phases en aval du processus menant à la phase de production.

Un PLM est à la fois un système de gestion des données sur les produits et un système de gestion des connaissances. Ces données et ces connaissances peuvent être générées ou exigées par d'autres systèmes.

L'information sur les produits produite, stockée et échangée entre les membres du processus NPD (New Product Development) n'est souvent pas structurée et dont elle prend la forme d'un document [29]. « Un document est ensemble d'informations relatives à un sujet, structuré pour la compréhension humaine, représenté par une variété de symboles, stocké et traité comme une unité » [23]. Un document est traité « comme une unité » précisément parce que son contenu d'information n'est généralement pas suffisamment structuré logiquement pour être associé à un attribut ontologique et donc à un champ de la base de données.

Ces documents doivent être traités par PLM car ils contiennent des informations sur le produit, et ils sont utilisés et affinés comme des objets intermédiaires comme une étape entre le concept commercial et le produit complètement défini [29].

1.9 La modélisation du produit :

Dans les travaux sur les approches de modélisation, Lemesle [42] présente la modélisation comme « une activité qui consiste à transformer des descriptions informelles de la réalité en des descriptions formelles, appelées modèles, afin de pouvoir opérationnaliser les connaissances. Le modèle est une représentation abstraite de la réalité au sens où il simplifie

cette réalité en vue d'une utilisation précise ». Le modèle est donc une vue particulière mais pertinente de la réalité. Il permet de simuler le fonctionnement de l'élément étudié, l'information modélisée pouvant être de n'importe quelle nature.

1.9.1 Approche par méta-modélisation :

De manière à garantir la correspondance des modèles, il faut se référer à un vocabulaire et une grammaire regroupée dans un méta-modèle. En effet, un modèle possède une sémantique précise qui définit dans un autre modèle, de niveau d'abstraction plus élevé appelé méta-modèle. Le MOF (Méta-Object Facility) [47] permet de définir 3 niveaux d'abstraction, chaque niveau étant décrit à partir du niveau supérieur (figure 3).

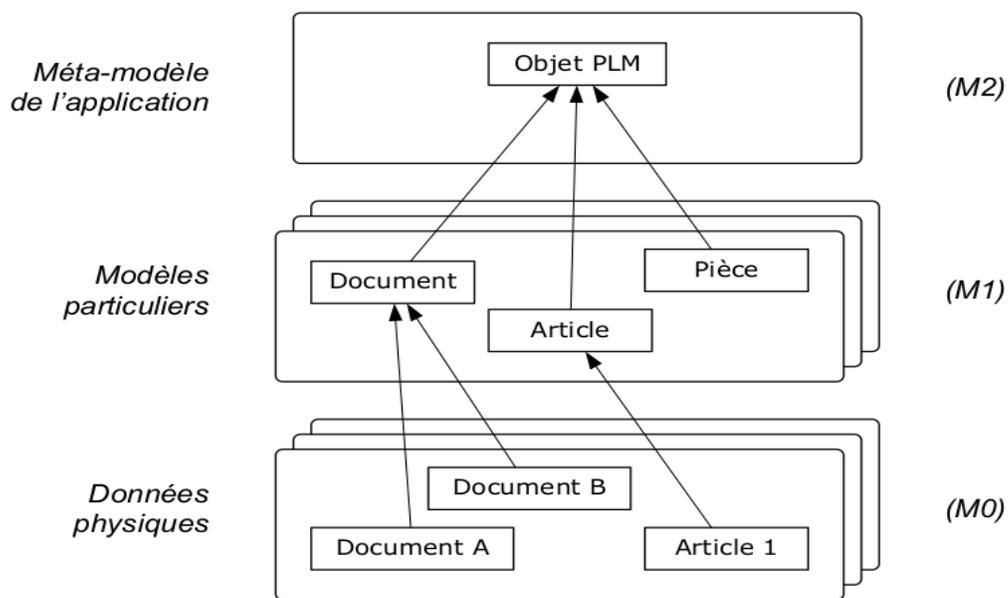


Figure 3: le MOF (Méta-Object Facility) [47]

Le contexte des systèmes d'informations produit et plus particulièrement des applications PLM nécessite la disposition de systèmes évolutifs et flexibles pour anticiper et réagir aux évolutions des besoins complexes, riche et à forte sémantique des utilisateurs. Dans ce contexte, les approches orientées objet présentent plusieurs avantages pour la conception et le déploiement des applications PLM notamment en termes de réutilisation de code à partir des spécifications identiques. Ainsi, il est important de définir un cadre de modélisation et de

nouveaux concepts capables de couvrir la diversité des applications PLM et autoriser leurs évolutions.

1.9.2 Approche par graphes de données :

Au regard de la problématique issue de la modélisation des données techniques sous forme de configuration ou de graphe, il demeure que les données en soit ne constituent pas l'information essentielle dans une application PLM, mais que ce sont les interactions entre les données et donc les liens qui leurs donnent tout leur sens. Ainsi, la complexité n'est pas issue uniquement des informations techniques du produit ni de son cycle de vie, mais également de l'impact d'un évènement sur l'ensemble des données qui définissent le produit [54].

La problématique autour du PLM est double, en effet il s'agit de modéliser les applications PLM pour d'une part, formaliser les concepts nécessaires pour modéliser des configurations et des points de vue traités précédemment et, d'autre part, permettre l'organisation, la gestion et la navigation dans les graphes de données. Aussi, nous présentons dans ce qui suit les différentes approches significatives en termes de représentation d'information permettant de structurer les données. Nous retenons le formalisme sNets en réponse à nos préoccupations par le fait qu'il permet d'encapsuler dans les modèles des applications PLM sa vue génétique ou méta-modèle [54].

1.10 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini la notion de PLM (Product Lifecycle Management) et son intérêt dans les entreprises. D'abord, nous avons commencé par parler de son évolution, ses objectifs, ses concepts. Ensuite, nous avons cité les différents principes de la gestion du cycle de vie du produit et les différentes approches de la modélisation du produit. Finalement, nous avons présenté le lien entre la gestion du cycle de vie du produit et l'aide à la décision, tout au long des phases du PLM, de nombreuses décisions sont souvent prises en collaboration. Les systèmes d'aide à la décision de groupe (GDSS) aident à les soutenir. Cela est particulièrement vrai lors de l'utilisation de pratiques d'ingénierie simultanée (IS) pour

compresser le cycle de vie grâce au parallélisme des phases du cycle de vie et aux équipes interfonctionnelles de personnes de différentes unités commerciales [8].

Chapitre 2

GDSS (Group Decision Support System)

2.1 Introduction

La prise d'une bonne décision dans une organisation est une tâche complexe. La prise de décision exige l'intégration de plusieurs intervenants ayant des points de vue différents, d'où la notion d'aide à la décision.

Ce chapitre a pour but d'élaborer tous les concepts importants de l'aide à la décision, en commençant par définir qu'est-ce qu'une décision et aboutissant à l'aide à la décision de groupe.

2.2 La décision :

La décision est le fait d'un acteur (ou d'un ensemble plus ou moins cohérent de décideurs) qui effectue un choix entre plusieurs solutions susceptibles de résoudre le problème, ou la situation, auquel il est confronté [45].

Selon HAMDADOU [17], une décision est un choix entre les actions, les solutions possibles encore appelées les alternatives.

Une décision est une action qui est prise pour faire face à une difficulté ou répondre à une modification de l'environnement, c'est-à-dire, pour résoudre un problème qui se pose à l'individu ou à l'organisation [1].

2.3 Processus décisionnel :

La prise de décisions administratives est considérée comme rationnelle. Ils connaissent leurs solutions de rechange ; ils connaissent leurs résultats ; ils connaissent leurs critères de décision ; et ils ont la capacité de faire le choix optimal, puis de le mettre en œuvre [31].

Selon le modèle rationnel, le processus de prise de décision peut être divisé en six étapes : [5]. (Voir Figure 4)

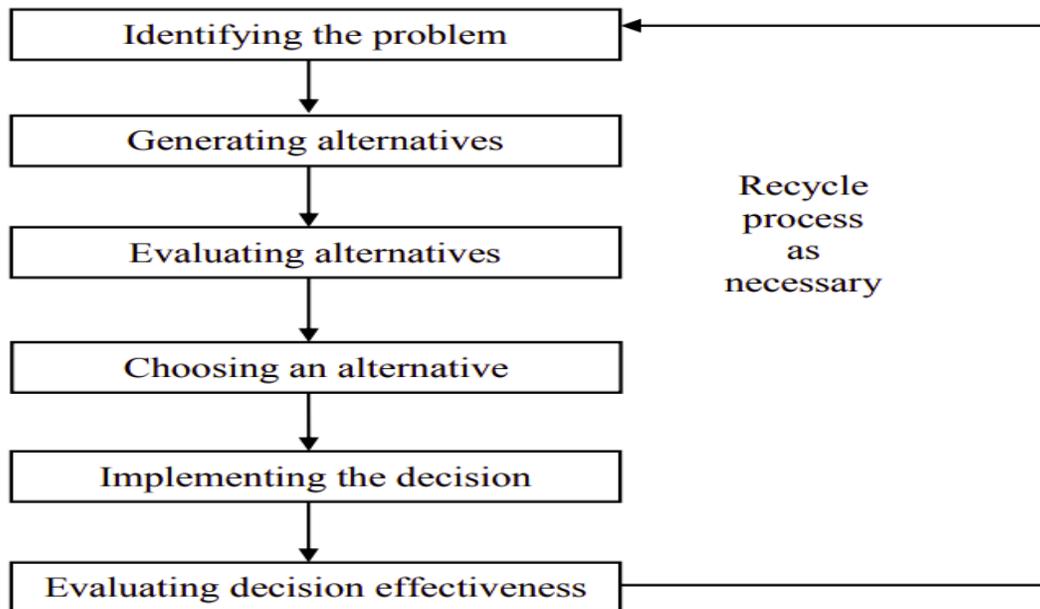


Figure 4: Processus décisionnel [5]

Après qu'un problème est identifié, des solutions alternatives au problème sont générées. Ceux-ci sont soigneusement évalués, et la meilleure alternative est choisie pour la mise en œuvre. La solution de rechange mise en œuvre est ensuite évaluée au fil du temps afin d'en assurer l'efficacité immédiate et continue. En cas de difficultés à un stade quelconque du processus, le recyclage peut être effectué [14].

Ainsi, nous voyons que la prise de décision est une suite logique d'activités. C'est-à-dire qu'avant de générer des solutions de rechange, il faut cerner le problème, etc. De plus, la prise de décisions est une activité itérative. Comme le montre la figure, la prise de décisions est un événement récurrent, et les décideurs peuvent tirer des leçons des décisions passées [14].

2.4 Pourquoi la prise de décision est difficile ?

Dans de nombreuses organisations, ou des entreprises, les problèmes décisionnels ne peuvent pas être facilement faits, et ici plusieurs raisons peuvent être évoquées [36] :

- L'évolution économique et le marché de plus en plus concurrentiel poussent sans cesse les organisations à prendre de meilleures décisions ;
- La marché et le monde évoluent de plus en plus vite, les décisions doivent donc être prises plus rapidement ;
- La quantité d'informations et de connaissances disponibles augmente rapidement ; les organisations ont donc besoins d'outils pour les utiliser efficacement ;
- La modification de la structure hiérarchique ; les organisations ont tendance à adopter des organigrammes de plus en plus plats et à donner de pouvoir aux niveaux inférieurs, notamment en faisant participer les gens à réunions ;
- La maîtrise de la complexité, l'amélioration de l'efficacité, et l'évolution technologique
- La prise en compte des spécificités géographiques ; les décideurs peuvent être représentatifs de différents sites de l'organisation et avoir des expériences relatives à des contextes organisationnels, humains, et culturels différents.

2.5 Aide à la décision :

La notion d'aide à la décision est défini par Roy comme étant l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, cherche à obtenir des éléments de réponses aux questions que pose un intervenant (décideur) dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision, à prescrire, à recommander ou simplement à favoriser un comportement dénature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service duquel cet intervenant se trouve placé, d'autre part [12].

2.5.1 Les acteurs du processus d'aide à la décision :

Selon [17], un acteur de l'aide à la décision est « tout individu intervenant dans le processus d'aide à la décision », dont nous citons :

- Le décideur : la personne assistée par l'aide à la décision et qui est aidée pour mieux exprimer ses préférences vis-à-vis une situation donnée.
- L'homme d'étude (l'analyste) : un individu ou un groupe d'individus qui a pour rôle d'établir le système de préférences, de définir le modèle d'aide à la décision, de l'exploiter afin d'obtenir des réponses et d'établir des recommandations pour conseiller le décideur sur les solutions envisageables.
- Les intervenants : sont ceux qui, par leur intervention, conditionnent directement la décision en fonction du système de valeurs dont ils sont porteurs.
- Les agis : ils sont concernés par les conséquences de la décision, ils interviennent directement dans le processus par l'image que d'autres acteurs se font de leurs valeurs et plus concrètement de leurs systèmes de préférences.
- Les demandeurs : ils demandent l'étude et allouent les moyens.

2.6 Les systèmes interactifs d'aide à la décision :

Un SIAD est un système informatique dont le rôle est d'assister le décideur tout au long du processus de décision. Keen et Scott-Morton [39] ont défini un système d'aide à la décision comme suit : « les systèmes d'aide à la décision dont coupler les ressources intellectuelles des individus avec les capacités de l'ordinateur pour améliorer la qualité des décisions ».

2.6.1 Typologie d'un SIAD :

Les SIAD ont été regroupés en quatre principaux systèmes selon [16] :

- Passif : donne un avis qui ne vient pas empiéter l'autonomie de l'utilisateur.
- Traditionnel : est un assistant dont la principale utilisation concerne les interactions de type « What-if ? ».

- Etendu : assure la fonction de consultant et se place au même niveau que l'utilisateur.
- Nominatif : domine le processus de décision. L'opérateur ne remplit plus qu'un rôle passif dans la prise de décision.

2.6.2 Fonctionnalités des SIAD :

Un SIAD est utilisé par un décideur pour accomplir une ou plusieurs fonctions telles que [51] :

1. Accéder à l'information pertinente et permettre un contrôle de ces accès.
2. Diagnostiquer le problème objet de l'étude, en rendant possible la présentation des informations sous une forme bien adaptée à l'interprétation des données.
3. Définir de nouveaux concepts à partir des concepts déjà existants (structuration des données).
4. Structurer l'information sous forme de modèles.
5. Permettre la description et l'analyse de l'information sous forme de modèles.
6. Conserver et gérer les objets du système.
7. Permettre la manipulation de ces objets pour la prise de décision.
8. Permettre une évaluation des possibilités par l'utilisateur des fonctions de préférence modélisant les préférences du décideur vis à vis des divers critères.
9. Faciliter la communication entre les décideurs, même s'ils sont dispersés géographiquement.

2.6.3 Structure d'un système d'aide à la décision :

Marakas [22] propose une architecture générale faite de cinq parties distinctes : Le système de gestion de base de données, le système de gestion de base de modèles, le système de gestion de base de connaissances (moteur de connaissances), l'interface utilisateur et les utilisateurs (figure 5).

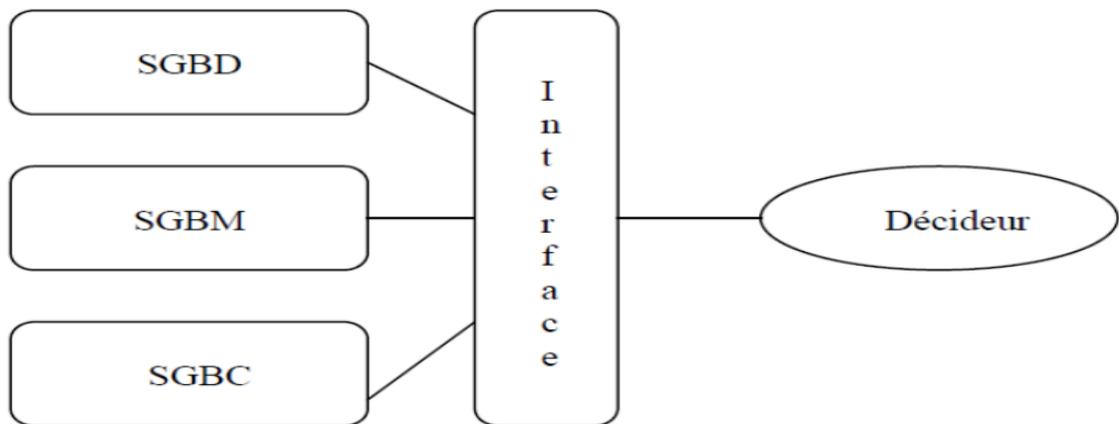


Figure 5: structure d'un SIAD basé sur la connaissance selon [22]

- *Un système de gestion et de génération de dialogue (Interface utilisateur)* qui est une partie importante de la fonctionnalité du système. Il constitue l'interface entre l'utilisateur et le reste du système. A travers les interfaces gérées par ce module, les fonctions d'accès aux données et de calcul et le système utilisent le même vecteur pour lui communiquer les opérations qu'il a effectuées. Il permet une session interactive dynamique et un échange d'informations en temps réel entre l'utilisateur et le système.
- *Un système Gestionnaire de Base de Données (SGBD)* ; Dans un SIAD, un système de base de données, doit mettre en corrélation des données de différentes sources, permettre une recherche rapide de données par des requêtes et rapports et réaliser des tâches de recherche et de manipulation complexe de données.
- *Un Système Gestionnaire de Base d Modèles (SGBM)* ainsi que la base de modèles associée qui possède un rôle similaire au système gestionnaire de base de données excepté qu'il organise, trie, stocke les modèles quantitatifs de l'organisation ; il peut s'agir d'outils de programmation mathématiques, de modèles de prédiction et de simulation, de modèles financiers et de calcul standards et de procédures de représentations des données.
- *Un utilisateur* qui fait partie intégrante du processus de résolution de problèmes.

- *Un Système de Gestion de Base de Connaissances (SGBC ou moteur de connaissances)* qui remplit les tâches relatives à la reconnaissance de problèmes et à la génération de solutions finales ou intermédiaires aussi bien que des fonctions relatives à la gestion du processus de résolution de problèmes.

2.7 L'aide à la décision de groupe :

Dans la plupart des organisations, la grande majorité des décisions sont prises après une consultation intensive de plusieurs personnes [39]. Keen a montré que plus les organisations devenaient complexes moins les décisions étaient prises par des individus seuls.

Les participants à un processus de décision doivent joindre leurs efforts pour un but commun ou ils doivent intégrer des points de vue multiples qui ne sont pas forcément en harmonie les uns avec les autres. Ils doivent travailler ensemble pas forcément au même endroit ni au même moment. Ils sont engagés dans un effort de coordination afin de résoudre le problème ou ils doivent diviser la prise de décision en différentes sous tâches qui seront affectés à des participants individuels [40].

2.7.1 Décision de groupe

L'activité de prise de décision collaborative est définie comme : une convergence d'interactions cognitives et visuelles, planifiées ou opportunistes, où des personnes acceptent de se rassembler pour un objectif commun, dans une période définie, soit au même endroit, soit dans des endroits différents, dans le but de prendre des décisions [46].

Pour Marakas dans [13], l'aide à la décision collective est une activité conduite par une entité collective composée de deux ou plusieurs individus et caractérisée à la fois en termes de propriétés de l'entité collective et de celles de ses membres individuels. Turban et Aronson [18] soutiennent que la majorité des problèmes de prise de décision du monde réel impliquent plusieurs décideurs. Comme la prise de décision se dirige d'une activité individuelle vers une activité de groupe, beaucoup d'organisations forment des équipes virtuelles d'agents de connaissance géographiquement distribués pour collaborer dans une

variété de tâches [53][27][48][32]. Cette définition combine plusieurs aspects définis dans la littérature. Elle comporte plusieurs dimensions [35] :

- Le groupe de personnes : La décision n'est pas le fait d'un seul individu, mais d'un collègue aux rôles et objectifs potentiellement différents et donc c'est un aspect collectif.
- La prise de décision : Elle constitue l'activité de choix entre plusieurs alternatives.
- Un objectif commun : Il s'agit du partage de l'objectif final entre les participants et de la compréhension de leur rôle afin d'atteindre de cet objectif.
- Le niveau de formalisation variable (planifiée ou opportuniste) : la définition englobe donc en partie les échanges opportunistes, imprévus et informels.
- La dimension temporelle bornée (une période de temps définie) est primordiale car elle induit un début et une fin à l'activité. Il peut s'agir d'une activité informelle de quelques minutes jusqu'à une activité pouvant prendre plusieurs semaines.
- La distribution géographique : des acteurs de la décision se justifie par les réalités organisationnelles. La prise de décision peut ainsi rassembler des acteurs distribués sur un ou plusieurs sites.

2.7.2 Différents types des groupes :

Le travail de groupe peut être organisé de trois manières selon [4] :

- Interactif : Seule une personne du groupe peut proposer son idée à un instant donné, car les membres du groupe ne peuvent prêter attention qu'à une seule personne à la fois.
- Nominal : Les membres du groupe travaillent séparément sur la même tâche et un des résultats est choisi comme le produit du groupe. Un groupe nominal peut être utilisé pour fournir un processus d'anonymat pour les membres du groupe.
- Equipe : Un travail d'équipe combine les aspects du travail de groupe interactif et nominal sont combinés à la fois en un travail d'équipe. Chaque groupe de travail est divisé en équipes, qui travaillent séparément. Les équipes sont de taille assez réduite.

2.7.3 Typologie des processus de prise de décision de groupe :

Il existe plusieurs variétés de processus de prise de décision de groupe en fonction des intérêts des différents acteurs du processus [34].

- Processus décisionnel multi-décideurs coopératifs : Lorsque les décideurs ont des intérêts et des objectifs communs.
- Processus décisionnel multi-décideurs non-coopératifs : Lorsque les différents décideurs ont des avis divergents voire conflictuels.

2.7.4 Modèles du processus de décision de groupe :

La figure ci-dessous (figure 6) montre les étapes du processus de prise de décision de groupe.

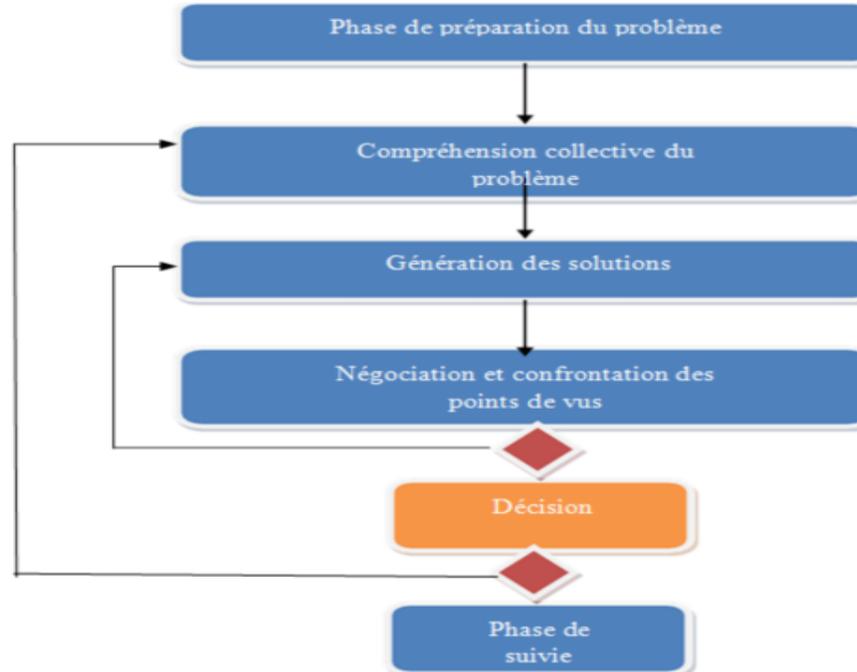


Figure 6: Modèle du processus de décision de groupe [1]

Abdelhadi [1] a décrit les différentes étapes de ce processus comme suit :

- Phase de préparation du problème : Cette étape permet la préparation en ligne des réunions en fixant en accord avec tous les participants, la problématique de la réunion, le jours ainsi que l'heure à laquelle devrait se tenir la réunion pour s'assurer de la disponibilité de tout un chacun afin d'éviter les imprévus et permettre à ces derniers de pouvoir se préparer en avance pour la réunion en effectuant des recherches.
- La compréhension collective du problème : L'objectif rechercher au cours de cette étape est la compréhension et l'analyse de l'objet de la réunion de tous les participants.
- Génération des solutions : Au cours de la phase de germination des solutions, l'objectif est de concevoir différentes solutions et alternatives susceptibles de résoudre le problème.
- Négociation et confrontation des points de vue : Ici les alternatives de chaque participant sont confrontées à celles des autres dans l'optique de s'accorder ensemble et choisir celle qui est la plus optimale possible
- Décision : Cette étape permettra d'évaluer toutes les alternatives retenues au cours de la précédente étape et d'en choisir la meilleure.
- Phase de suivi : La dernière étape permet de mettre en application la décision prise.

2.8 Système interactif d'aide à la décision de groupe :

Le GDSS (Group Decision Support System) ou système d'aide à la décision de groupe est « un ensemble des technologies qui soutiennent les activités effectuées par des décideurs organisés en un groupe » [7].

Un GDSS est également connu sous l'appellation de groupware, il est défini comme étant « une collection de logiciels, du matériel, et de procédure, conçus pour supporter automatiquement le travail de groupe » [46].

Selon HAMADOU [13], « un GDSS est systèmes interactifs et informatisé qui facilite la résolution des problèmes non structurés par un ensemble de décideurs fonctionnant

ensemble en tant que groupe. Il aide les groupes, particulièrement groupes des directeurs, en analysant des situations de problème et en accomplissant des tâches de prise de décision de groupe ».

D'un point de vue technologique le groupware se situe aux frontières de l'informatique et des télécommunications. En effet des technologies issues de l'informatique ainsi que de la télécommunication sont utilisées [40].

D'un point de vue système d'information, le groupware se situe aux frontières de la bureautique et de l'informatique transactionnelle. En effet, d'un point de vue utilisateur les outils de groupware font partie de la gamme des outils de bureautique et utilisent des infocentres [40].

2.8.1 Typologie des GDSS

Les auteurs DeSanctis et Gallupe [21] définissent trois types de GDSS correspondant aux trois niveaux d'évolution que ces auteurs ont mis en perspective :

- *Le premier type* : la fonction essentielle des GDSS du premier niveau est d'améliorer la communication entre les décideurs.
- *Le deuxième type* : les GDSS du deuxième niveau, intégrant les mêmes caractéristiques que ceux du premier, ils sont en plus dotés de procédures permettant de modéliser et d'agrèger les préférences individuelles afin d'établir un consensus. Remarquons que les GDSS de ces niveaux font souvent intervenir un facilitateur dont le rôle est de faire avancer le processus de décision.
- *Le troisième type* : les GDSS de niveau 3 permettraient de façon automatisée de structurer les échanges d'information et la communication sur la base de recommandations émises par des systèmes experts, par exemple les règles à suivre au cours du processus de décision et les méthodes d'aide à la décision à mettre en œuvre, en fonction du contexte.

2.8.2 Caractéristiques des GDSS :

Quel que soit le type de GDSS considéré on distingue deux dimensions de bases qui caractérisent un GDSS [34]. Ces deux caractéristiques sont :

- La Proximité
- La synchronisation

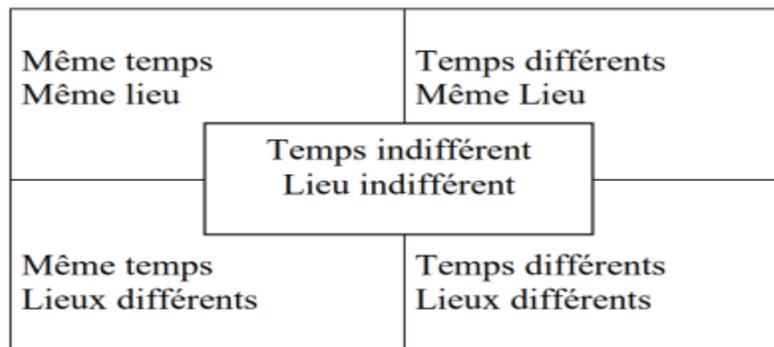


Figure 7: Classification selon la matrice espace-temps [34]

La figure 7 permet de visualiser les différents types de réunions GDSS selon suivant la matrice espace-temps.

	Même temps	Différents temps
Même lieu	Salles de décision	Tableau blanc Ecran partagé Chat
Différents lieux	Vidéoconférence EMS GDSS distribué synchrone	GDSS distribué asynchrone SIAD coopératif

Figure 8: Combinaisons des systèmes d'aide à la décision de groupe [34]

La figure 8 met en évidence les différents outils GDSS utilisés en fonction de la matrice espace-temps.

2.9 Les GDSS distribués

Les GDSS sont des GDSS décentralisés qui sont présents dans différents endroits et permettent la prise de décision de groupe de façon dynamique et rapide. La dispersion des participants à un processus de prise de groupe a favorisé l'avènement des GDSS distribués. Grâce aux GDSS distribués l'échange entre les différents participants n'est plus limité à la matrice espace-temps, le temps imparti pour échanger des idées devient alors continu au lieu d'être reparti à la durée d'une réunion [34].

2.9.1 Architecture des GDSS distribués

Nous distinguons trois architectures différentes les unes des autres de systèmes d'aide à la décision de groupe distribués.

- *Les architectures centralisées*

La figure 9 ci-dessous illustre que dans ce type d'architecture une hiérarchie est imposée. Tous les composants (participants) transmettent leurs informations à une entité supérieure (le coordinateur centrale).

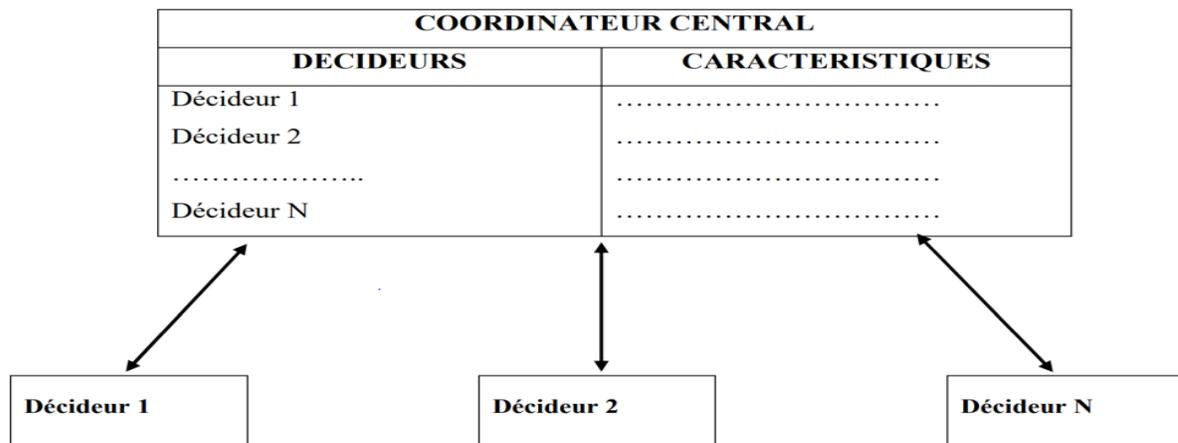


Figure 9: Architecture centralisée [1]

- *Les architectures décentralisées*

Dans ce type d'architecture chaque composant est autonome. Il n'y a aucune hiérarchisation (figure 10).

Les GDSS distribués décentralisés sont en opposition avec les GDSS à architecture centralisées.

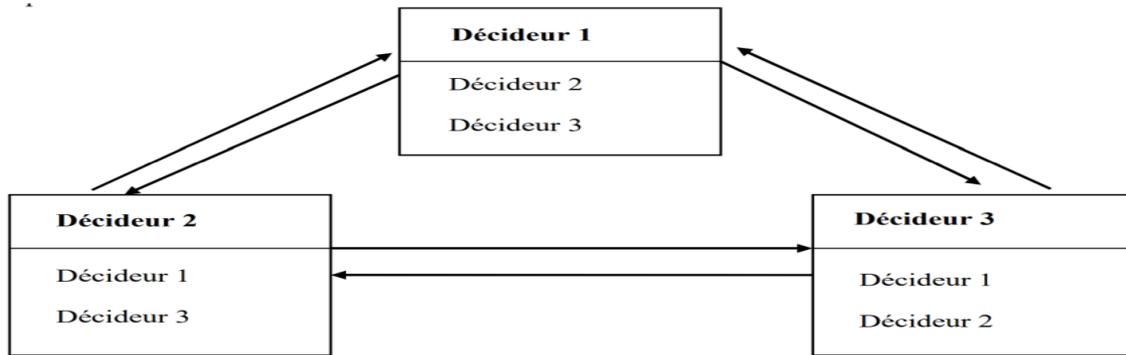


Figure 10: Architecture décentralisée [1]

- *Les architectures hybrides*

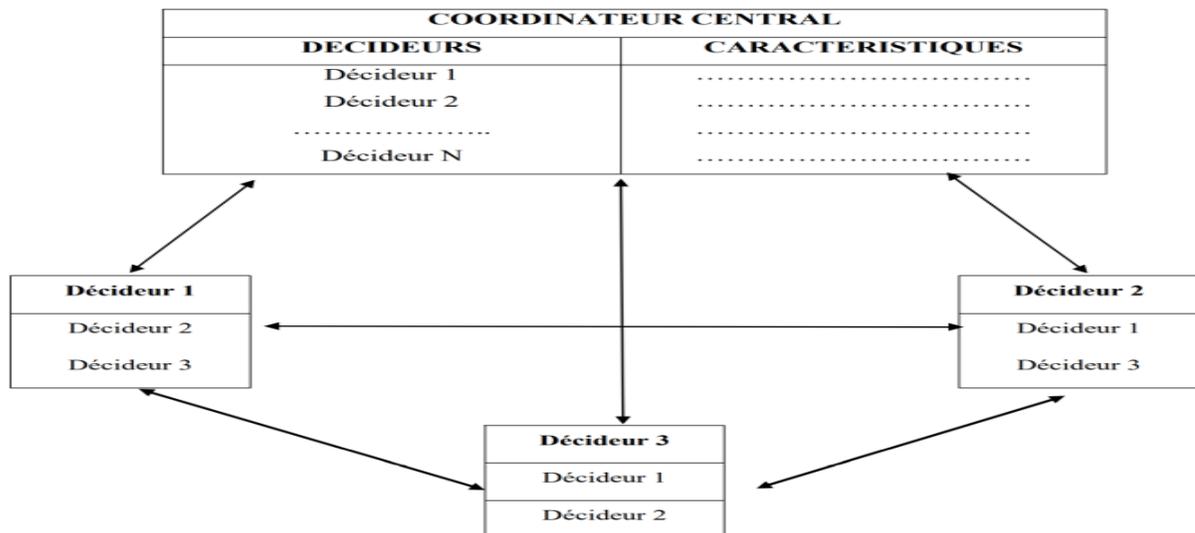


Figure 11: Architecture hybride [1]

Comme son nom l'indique, l'architecture hybride est un mélange des deux architectures (figure 11). On y retrouve une entité supérieure et hiérarchique qui collecte les données des autres entités qui fonctionnent indépendamment de l'entité supérieure.

2.10 Pourquoi les GDSS ?

L'utilisation croissante des systèmes d'information pour l'aide à la décision est le résultat de deux facteurs suivants :

- Tout d'abord, les micro-ordinateurs sont de plus en plus performants alors que leur coût décroît continuellement [41].
- Ensuite, la sophistication ainsi que la convivialité des logiciels ont permis d'améliorer les capacités cognitives du traitement.

L'utilisation de ces logiciels est devenue de plus en plus massive à tous les niveaux de l'entreprise. Les systèmes de gestion de bases de données, les logiciels de télécommunications ainsi que les systèmes de bureautique (Traitement de texte, publication assistée par ordinateur, etc.) sont autant d'exemples illustratifs [41]. Une caractéristique commune à ces logiciels réside dans le fait que les dialogues avec le décideur sont essentiellement basés sur les modes d'interaction du type question/réponse et de menu à choix multiples pour l'entrée des données, ainsi que les représentations tabulaires et graphiques pour la sortie des données. Cependant, ces logiciels ne peuvent pas assister des groupes de décideurs dans leurs relations interpersonnelles. En effet, aucun support pour les échanges d'informations ou le partage et transfert des données n'est prévu [41]. Le besoin des logiciels pour assister les décideurs est devenu très utile et nécessaire pour résoudre des situations complexes.

2.11 Les avantages des GDSS :

Les avantages spécifiques d'un GDSS sont nombreux, en effet, il [46] :

- Permet la communication parallèle entre les membres des groupes.

- Offre des opportunités égales et anonymes pour contribuer par des idées et des opinions.
- Élimine les dominations trop grandes de certains membres du groupe.
- Permet de connaître les opinions communes rapidement parmi les membres du groupe.

2.12 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé et détaillé le thème d'aide à la décision de groupe. Ainsi, les systèmes interactifs d'aide à la décision de groupe et leurs avantages. L'aide à la décision de groupe a pour but de permettre aux entreprises de trouver le meilleur chemin pour la prise d'une solution meilleure optimale en regroupant les différents points de vue et les informations des différents intervenants.

Chapitre 3

Les méthodes multicritères et l'aide à la décision de groupe

3.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons illustré l'importance de la prise d'une décision au sein d'une organisation, ainsi que l'utilisation des systèmes d'aide à la décision de groupe (GDSS) qui permettent la prise de décision collective à distance. Ces systèmes jouent un rôle critique, dans les situations de décision avec plusieurs individus de plusieurs métiers, chacun ayant son propre point de vue privé sur le traitement du problème de décision.

Dans un tel environnement, le conflit entre les membres du groupe n'est pas rare. A cet effet les méthodes d'aide à la décision à critères multiples (AMCD) sont exploitées afin d'offrir à la fois une démarche et des outils de solutions de tels conflits interpersonnels lorsque l'objectif est de parvenir à un consensus entre les membres du groupe ou au moins de réduire le nombre de conflits entre les individus participants.

Ce chapitre traitera la problématique de gérer le produit tout au long de son cycle de vie en se basant sur l'aide multicritères à la décision de groupe.

3.2 L'aide multicritère d'aide à la décision

L'aide à la décision est devenue une étape primordiale dans une organisation, lorsque cette dernière est confrontée à des problèmes complexes de nature multicritères. Ces problèmes induisent une décision (ou une série de décisions) lourde(s) de conséquences.

L'aide multicritères à la décision est un paradigme possédant ses propres approches, modèles et méthodes qui cherchent à aider le décideur à décrire, évaluer, ranger, choisir ou

rejeter un ensemble d'alternatives. Ce paradigme s'appuie sur l'évaluation à l'aide de notes, de valeurs et d'intensités de préférences, en fonction d'un ensemble de critères [37].

L'Aide Multicritères à la Décision (AMCD) désigne un ensemble d'outils d'aide à la décision développés depuis les années 1960. Elle vise à la résolution des problèmes incluant plusieurs alternatives et en considérant plusieurs critères de décision simultanément [15].

3.2.1 Définitions :

Il existe plusieurs définitions de l'aide multicritères à la décision.

D'après Vincke [49], l'analyse multicritères est une approche constructiviste visant à fournir des outils permettant de progresser dans la résolution d'un problème ou plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte.

3.2.2 Concepts de base :

- Les actions :

Une action a est la représentation d'une éventuelle contribution à la décision globale. Une action est dite globale, si, dans sa mise en exécution, elle est exclusive de toute action introduite dans le modèle, dans le cas contraire elle est dite fragmentaire. Une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugée réaliste par au moins un auteur. On note 'A' l'ensemble des actions potentielles [33].

- Les critères :

La définition proposée dans [6] est qu'un critère est une référence par rapport à laquelle on mesure la conséquence d'une action, en d'autres termes un critère exprime plus ou moins les préférences du décideur relativement à un attribut donné. Le choix de la famille des critères n'est pas une opération évidente, il doit respecter les conditions suivantes [28] :

- **Exhaustivité** : il ne faut pas oublier un critère.
- **Cohérence** : il doit y avoir une cohérence entre les préférences locales de chaque critère et les préférences globales. C'est-à-dire que si une action a_1 est égale à une action a_2 pour tous les critères sauf pour un (où elle lui est supérieure), ceci signifie que l'action a_1 est globalement supérieure à l'action a_2 .

- **Indépendance** : il ne doit pas y avoir de redondance entre les critères. Leur nombre doit être tel que la suppression d'un des critères ne permet plus de satisfaire les deux conditions précédentes.
- La matrice de performances :

Une matrice de performance aussi dite matrice d'évaluation ou tableau de performance. Comme son nom l'indique, est une matrice où chaque ligne représente une action et chaque colonne un critère. L'intersection d'une ligne i avec une colonne j représente le jugement de l'action par rapport au critère j (performance). Le tableau 1 illustre la structure de la matrice de performances.

- Des actions ou alternatives (A) : $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$, n désigne le nombre d'alternatives.
- Des critères (C) : $C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_m\}$, m désigne le nombre des critères, les S_{ij} ($i=1, m ; j=1, n$) sont les performances [35].

Critères	Actions (Alternatives)				
	A ₁	A ₂	A ₃	-	A _n
C ₁	S ₁₁	-	-	-	S _{1n}
C ₂	S ₂₁	-	-	-	S _{2n}
...	-	-	-	-	-
C _m	S _{m1}	S _{m2}	S _{m3}	-	S _{mn}

Tableau 1: Structure d'une matrice de performances.

- Le système relationnel de préférence

Avant d'apporter une aide à la décision, il est nécessaire d'évaluer le système de valeurs et les préférences des différents acteurs qui interviennent dans le processus. Le tableau 2 ci-dessous illustre les quatre situations fondamentales qui sont considérées comme représentatives des réactions potentielles lors de la comparaison de deux actions [12] : les méthodes d'analyse multicritères pour l'identification de stratégies de réhabilitation efficaces.

Situation	Définition	Relation
Indifférence	Deux actions a_1 et a_2 sont indifférentes : les deux actions sont tellement proches qu'il est difficile de dire que l'une est meilleure que l'autre.	I : relation symétrique et réflexive.
Préférence stricte	L'une des deux actions (nous savons laquelle) est strictement préférée à l'autre	P : relation asymétrique et irréflexive.
Préférence faible	L'une des deux actions (nous savons laquelle) est non strictement préférée à l'autre sans que nous puissions dire si l'autre est strictement préférée ou indifférente car aucune des deux situations précédentes ne s'impose.	Q : relation asymétrique et irréflexive.
Incomparabilité	Les deux actions sont non comparables : elles sont tellement différentes l'une de l'autre qu'il est difficile de pouvoir les comparer.	R : relation symétrique et irréflexive.

Tableau 2: les quatre situations fondamentales de préférence.

- Les problématiques de décisions :

Quatre problématiques de décision sont définies pour caractériser les méthodologies de réponse [11] :

- ***Problématique de choix (P_α)*** : identifier la meilleure alternative ou sélectionner un nombre limité d'alternatives considérées comme les plus pertinentes ;
- ***Problématique de tri ou de sélection (P_β)*** : classer les alternatives selon des groupes homogènes préétablis ;
- ***Problématique de rangement (P_γ)*** : générer un classement des différentes alternatives des « meilleures » solutions vers les moins « bonnes » ;
- ***Problématique de description (P_δ)*** : identifier les caractéristiques principales des alternatives et les décrire selon différents aspects.

3.3 Les méthodes PROMOTHEE

PROMETHEE (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations) est une méthode qui consiste à construire une relation de surclassement évaluée mais en essayant de se baser sur des concepts et des paramètres qui ont une interprétation compréhensible par le décideur. PROMETHEE est une aide à la décision qui utilise l'agrégation partielle, elle est pratique dans le cas où le nombre d'alternatives à classer est fini. Dans cette approche, la technique consiste à comparer les actions deux à deux et à vérifier si selon certaines conditions préétablies, l'une des deux actions surclasse l'autre ou pas de façon claire et nette. À partir de toutes ces comparaisons, elle permet de réaliser un classement complet de différentes alternatives [30].

Les méthodes PROMETHEE comprennent PROMETHEE II, PROMETHEE V (optimisation sous contraintes), le système d'aide à la décision en groupe PROMETHEE GDSS, et d'autres extensions. Dans notre proposition nous sommes intéressés par la PROMETHEE GDSS. Avec PROMETHEE GDSS, il est possible de prendre en compte simultanément une multitude de critères exprimés par plusieurs décideurs pour obtenir un classement global des alternatives (actions).

Le plan GAIA (Graphical Analysis for Interactive Aid) lui permet une meilleure compréhension des conflits et des similarités entre les critères de décision et entre les décideurs. Les méthodes PROMETHEE ont été mises en œuvre avec succès pour résoudre des problèmes multicritères et multi-décideurs dans divers domaines [52].

3.4 PROMETHEE GDSS

PROMETHEE GDSS fait partie de la famille des méthodes PROMETHEE, elle permet de prendre en compte les préférences d'un groupe de décision. Dans un premier temps le groupe de décideurs identifient les différentes alternatives et les différents critères d'évaluation.

Par la suite un classement individuel est établi suivant les poids et les fonctions de préférences qu'attribue chaque décideur aux différents critères, finalement on regroupe les différents classements individuels pour obtenir un classement global qui prend en compte les préférences de l'ensemble de décideurs [30].

De plus, la méthode regroupe les différents classements individuels pour un classement global. Ce classement tient compte des préférences de tous les décideurs. Enfin, l'analyse globale GAIA identifie les décideurs qui partagent des préférences similaires et ceux qui sont en conflit.

3.4.1 La procédure de PROMETHEE GDSS

Les avantages des méthodes PROMETHEE sont l'utilisation de l'agrégation partielle, en effet elles permettent de prendre en compte plusieurs critères quantitatifs et qualitatifs sans avoir à effectuer aucun codage ni changer les indicateurs de mesures, elles ne permettent pas de compensation entre critères. A l'aide de PROMETHEE GDSS, il est possible de prendre en compte simultanément une multitude de critères exprimée par plusieurs décideurs pour obtenir un classement global des alternatives [30].

PROMETHEE GDSS permet de prendre en compte simultanément une multitude de critères exprimés par plusieurs décideurs pour obtenir un classement global des alternatives. Selon [24] une itération de la procédure PROMETHEE GDSS consiste en 11 étapes regroupées en trois phases :

- Phase I : génération d'alternatives et de critères.
- Phase II : évaluation individuelle par chaque DM.
- Phase III : évaluation globale par le groupe.

Phase I : Génération d'alternatives et de critères

- Etape 1 : premier contact entre facilitateur et décideurs. Le facilitateur rencontre les décideurs ensemble ou bien individuellement afin que chacun d'eux soit informé des modalités ainsi que la problématique qui a nécessité la réunion.
- Etape 2 : description du problème en présentiel dans la salle GDSS. C'est aussi l'occasion pour le facilitateur de décrire l'infrastructure informatique, la méthodologie PROMETHEE et présenter le problème d'une façon claire.
- Etape 3 : génération d'alternatives. Il s'agit d'une étape informatique. Chaque décideur implémente des alternatives possibles, y compris leur description étendue en fonction du problème (figure 12).

Alternative 1	
Description	Comments
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Figure 12: Exemple de génération d'alternatives [25].

- Etape 4 : ensemble stable d'alternatives : Toutes les alternatives proposées sont collectées et affichées par le coordinateur de façon anonyme ou pas. Ensuite s'ouvre une discussion animée, des alternatives sont annulées, de nouvelles sont proposées, des combinaisons sont fusionnées, jusqu'à ce qu'un ensemble stable d'alternatives soit atteint.
- Etape 5 : commentaires sur les alternatives. C'est encore une étape informatique. Chaque décideur met en œuvre ses commentaires sur toutes les alternatives. Tous ces commentaires sont collectés et affichés par le coordinateur. Rien ne se perd.
- Etape 6 : la même procédure que pour les alternatives est appliquée pour définir un ensemble stable de critères d'évaluation. Les activités informatiques et de discussion ouverte alternent. A la fin, le cadre d'un tableau d'évaluation est obtenu (tableau 3). Ce cadre consiste en une matrice. Ceci termine la première phase. Des rétroactions sont déjà possibles pour être sûr qu'un ensemble stable d'alternatives et de critères est atteint.

Actions/critères	$f_1(x)$	$f_2(x)$	...	$f_j(x)$	...	$f_k(x)$
a_1	$f_1(a_1)$	$f_2(a_1)$	...	$f_j(a_1)$	...	$f_k(a_1)$
a_2	$f_1(a_2)$	$f_2(a_2)$	...	$f_j(a_2)$	...	$f_k(a_2)$
...
a_i	$f_1(a_i)$	$f_2(a_i)$	...	$f_j(a_i)$	...	$f_k(a_i)$
...
a_n	$f_1(a_n)$	$f_2(a_n)$	...	$f_j(a_n)$	...	$f_k(a_n)$

Tableau 3 : Tableau d'évaluation

Phase II : Evaluation individuelle par chaque DM

- Etape 7 : Poids des critères

Considérons :

$DM_r (r=1,2,\dots,R)$, l'ensemble de tous les décideurs qui interviennent dans le processus de décision.

Le poids de chaque critère sera alors représenté sous la forme :

W_k^r avec k l'ensemble des critères.

$(W_1^r, W_2^r, W_j^r, \dots, W_k^r)$ tel que $(\sum_{j=1}^k W_j^r = 1)$

Lorsqu'un décideur considère qu'un critère est inutile pour lui, il attribue à ce dernier un poids égal à zéro 0, cela signifie que ce critère n'apparaîtra pas dans son analyse personnelle.

- Etape 8 : La fonction de préférence selon la procédure GDSS, une fonction de préférence doit être associée à chaque critère pour des comparaisons par paire.

$$P_j(a, b) = G_j[f_j(a) - f_j(b)]$$

$$0 \leq P_j(a, b) \leq 1$$

Où $P_j(a, b)$ est la fonction de préférence associée au critère $f_j(\cdot)$, et $G_j(\cdot)$ est une fonction non décroissante de déviation entre $f_j(a)$ et $f_j(b)$.

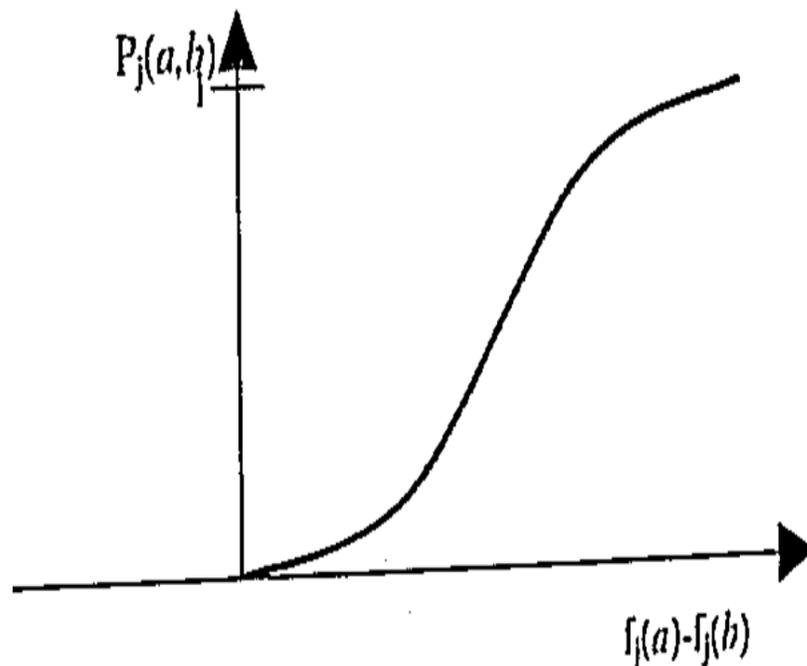


Figure 13: Fonction de préférence [25]

Si $f_j(\cdot)$ est un critère à maximiser nous auront :

$$G_j[f_j(a) - f_j(b)] = 0$$

$$\text{Si } f_j(a) < f_j(b)$$

Pas de préférence

$G_j[f_j(a) - f_j(b)] \neq 0$	Si $f_j(a) > f_j(b)$	Faible préférence
$G_j[f_j(a) - f_j(b)] \neq 1$	Si $f_j(a) \gg f_j(b)$	Forte préférence
$G_j[f_j(a) - f_j(b)] = 1$	Si $f_j(a) \gg \gg f_j(b)$	Préférence stricte de a par rapport à b

- Etape 9 : Analyse individuelle PROMETHEE-GAIA. Les classements les profils des alternatives et du plan GAIA ainsi que le vecteur de flux net sont obtenus instantanément, afin que chaque décideur ait sa propre vision claire du problème.

Phase III : Evaluation globale par le groupe

- Etape 10 : Affichage des enquêtes individuelles. Les classements et le plan GAIA de chaque décideur sont collectés et affichés par le coordinateur afin que le groupe de tous les décideurs soit informé des conflits potentiels.
- Etape 11 : Evaluation globale. Les vecteurs de flux net de tous les décideurs sont collectés par le coordinateur et placés dans une matrice. Il s'agit d'une matrice assez petite, facile à analyser. Chaque critère de cette matrice exprime le point de vue d'un décideur particulier. Comme l'indiquent Marchais, Brans et Marsechal [26], le problème de décision devient $n \times s$ DMs ou « n » est le nombre d'actions, DM représente le décideur, et « s » le nombre de décideurs, le flux individuel représente l'évaluation des alternatives au regard des décideurs comme la montre la figure ci-dessous (figure 14).

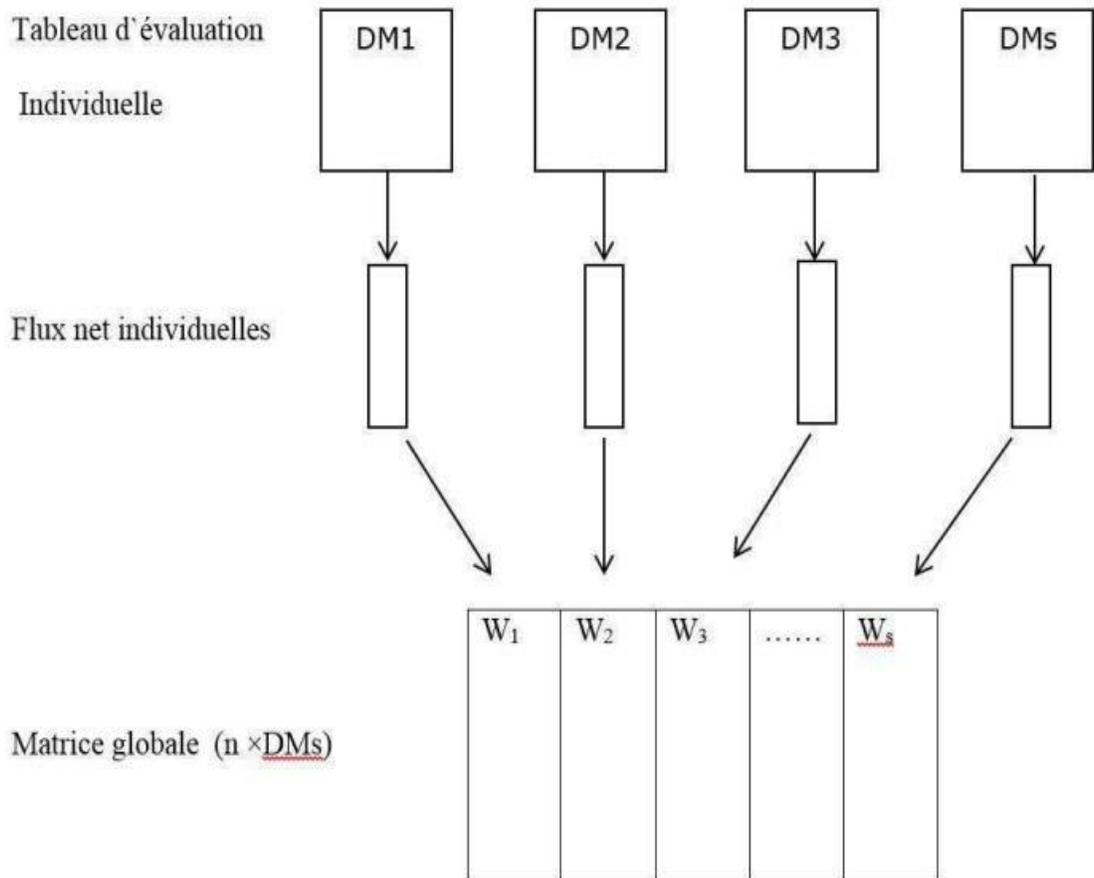


Figure 14: Procédure PROMETHEE GDSS [25].

Le flux du groupe de décision peut être obtenu directement par la somme pondérée des flux individuels. Le flux net global fournit directement le classement PROMETHEE GDSS des alternatives suivant les préférences globales du groupe de décision. Si tous les décideurs sont satisfaits du classement des solutions le processus s'arrête ici. Dans le cas contraire une analyse de sensibilité est nécessaire pour résoudre les conflits.

3.5 Analyse de sensibilité de résolution des problèmes

Si le groupe de décision arrive à atteindre le meilleur compromis après les résultats du classement global PROMETHEE GDSS et que toutes les parties prenantes sont satisfaites alors

la session de prise de décision est finie. Mais si dans le cas contraire un ou plusieurs décideurs ne sont pas d'accord avec ce compromis, il est essentiel d'essayer de résoudre ces problèmes. Plusieurs paramètres influents sur le résultat, la résolution du problème passe une analyse de sensibilité. Comme l'indiquent Marcharis, Brans et Mareschal l'analyse de sensibilité consiste à modifier les paramètres qui influents sur le résultat afin d'analyser leur impact sur le résultat [26] :

- La première étape est de modifier le poids (importance) de chaque décideur et voir s'il est possible d'arriver à un compromis.
- La seconde étape est de modifier les fonctions de préférences attribuées à chaque critère de décision et voir s'il est possible d'arriver à un compromis.
- Si le conflit persiste toujours entre les décideurs l'étape suivante est de modifier les poids des critères.
- La quatrième étape est d'envisager la possibilité de revoir les alternatives qui créent le conflit.
- La cinquième étape consiste à envisager la possibilité de revoir les critères de décision qui créent le conflit.
- Si après tous les étapes précédentes le conflit persiste toujours, il est recommandé d'envisager la reconstitution du groupe de décision (ce paramètre est valable seulement dans un contexte multi décideur)

3.6 Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre le principe des méthodes multicritères dans l'aide à la décision, et plus particulièrement la méthode PROMETHEE GDSS qui vont nous servir dans le prochain chapitre. Dans le chapitre qui suit, nous allons appliquer les méthodes d'analyse multicritère afin de traiter notre problématique qui est la gestion de cycle de vie d'un produit.

Chapitre 4

Application de la méthode PROMETHEE-GDSS à un cas d'étude et simulation

4.1 Introduction

Dans les chapitres précédents, nous avons présenté le terme PLM (Product Lifecycle Management) et son rôle dans la gestion du cycle de vie d'un produit. Ensuite, nous avons décrit le système d'aide à la décision de groupe (GDSS), qui permet la prise de décision collective à distance. Le GDSS est utilisé pour permettre aux décideurs de partager, d'extraire et d'analyser les informations et de prendre des décisions. Puis, nous avons exploité l'aide à la décision multicritères afin d'offrir à la fois une démarche et des outils de solutions à des problèmes décisionnels complexes.

Nous avons choisi comme un cas d'étude la localisation d'une nouvelle usine pour lancer la fabrication d'un nouveau produit destiné à un marché spécifique. Nous allons traiter cette problématique par l'utilisation de l'approche PROMETHEE-GDSS. A la fin de ce chapitre, nous allons présenter et utiliser le logiciel de simulation PROMETHEE-GAIA pour simuler la méthode PROMETHEE.

4.2 Présentation de la problématique :

Nous avons choisi un exemple d'étude de cas dans [9] afin d'étudier et valider l'utilité des principes d'aide à la décision dans le soutien des problèmes de décision PLM survenant.

Le choix de cet PME (Petite ou Moyenne Entreprise) de moins de 100 employés qui fabrique de très petits ressorts de précision. La société a besoin d'une nouvelle machine de fabrication des ressorts pour un marché spécifique. Le problème de décision est de savoir quelle

machine choisir parmi quel fournisseur, chose qui aura une incidence sur de nombreux aspects du développement des produits et du cycle de vie des ressorts sur ce marché.

Le choix d'une décision est pris par trois personnes qui sont en contact quotidien. Toutefois, il est important de prendre une décision éclairée car celle-ci aura une incidence sur la capacité de fabrication à l'avenir, ainsi, cette décision pourra aider un ingénieur nouvellement recruté à comprendre les aspects techniques spécialisés des produits et la façon dont ils sont fabriqués. Dans notre exemple, ces décisions doivent en fin de compte être approuvées par le directeur général (le coordinateur). D'autres intervenants sont l'ingénieur en chef et le directeur finances.

1. Les objectifs :

Selon l'énoncé du problème défini ci-dessus, nous avons établi les exigences, qui sont les suivantes :

- Réduire le coût de fabrication
- Réduire le coût d'investissement sur machines
- Augmenter le bénéfice de l'entreprise
- Economiser du temps

2. Les critères :

- Besoin de l'entreprise
- Qualité de production
- L'expérience des opérateurs de machine
- Niveau technique
- Qualité de la machine
- Coût d'investissement

3. Les intervenants :

- Directeur général (coordinateur)
- Ingénieur en chef
- Directeur des finances

4. Les fournisseurs représentent les actions potentielles du problème, tel qu'on note par (fournisseur 1, ..., fournisseur_n) où (n) est le nombre de fournisseurs.

4.3 Tableaux de performance selon le point de vue de chaque acteur :

Un tableau de performances représente l'évaluation de chaque fournisseur par rapport à chaque critère considéré. Nous présentons dans ce qui suit les tableaux de performances selon les points de vue des différents acteurs impliqués dans cette problématique.

1. Directeur général :

Actions/critères	Investissement (Min)	Besoin d'entreprise (Max)	Qualité production (Max)	Expérience opérateurs (Max)	Niveau technique (Max)	Qualité machine (Max)
Fournisseur 1	150	Yes	Very good	20	Good	Good
Fournisseur 2	170	Yes	Average	15	Bad	Average
Fournisseur 3	178	No	Bad	7	Very bad	Bad

Tableau 4: Tableau de performance (scénario directeur général)

2. Ingénieur en chef :

Actions/critères	Investissement (Min)	Besoin d'entreprise (Max)	Qualité production (Max)	Expérience opérateurs (Max)	Niveau technique (Max)	Qualité machine (Max)
Fournisseur 1	150	Yes	Very good	20	Good	Good
Fournisseur 2	170	Yes	Average	15	Average	Very good
Fournisseur 3	178	No	Bad	7	Very bad	average

Tableau 5: Tableau de performance (scénario ingénierie)

3. Directeur des finances :

Actions/critères	Investissement (Min)	Besoin d'entreprise (Max)	Qualité production (Max)	Expérience opérateurs (Max)	Niveau technique (Max)	Qualité machine (Max)
Fournisseur 1	150	Yes	Good	20	Good	Good

Fournisseur 2	170	Yes	Average	15	average	Very good
Fournisseur 3	178	No	Bad	7	Very bad	Average

Tableau 6: Tableau de performance (scénario financier)

4.4 Choix de la méthode multicritère PROMETHEE GDSS :

Après avoir présenté les critères qui caractérisent le problème du choix d'une nouvelle machine à ressorts. Nous nous intéressons, à présent, au choix de la méthode multicritère pour répondre à la problématique de classer les différents critères. Notre choix s'est porté sur la méthode PROMETHEE GDSS. L'extension GDSS de PROMETHEE et GAIA permet de comparer les points de vue de plusieurs décideurs, d'analyser et de comprendre les conflits qui apparaissent entre eux, et de proposer des solutions de consensus [10].

4.4.1 Matrice de décision :

Nous présentons les poids de chaque critère dans les tableaux ci-dessous :

a) Directeur général :

Actions/critères	Investissement (Min)	Besoin d'entreprise (Max)	Qualité production (Max)	Expérience opérateurs (Max)	Niveau technique (Max)	Qualité machine (Max)
Fournisseur 1	150	Yes	Very good	20	Good	Good
Fournisseur 2	170	Yes	Average	15	bad	average
Fournisseur 3	178	No	Bad	7	Very bad	Bad
Poids	0,25	0,15	0,25	0,10	0,10	0,15

Tableau 7: Matrice de décision (scénario directeur général)

b) Ingénieur en chef :

Actions/critères	Investissement (Min)	Besoin d'entreprise (Max)	Qualité production (Max)	Expérience opérateurs (Max)	Niveau technique (Max)	Qualité machine (Max)
Fournisseur 1	150	Yes	Very good	20	Good	Good
Fournisseur 2	170	Yes	Average	15	Average	Very good
Fournisseur 3	178	No	Bad	7	Very bad	Average
Poids	0,10	0,15	0,15	0,10	0,30	0,20

Tableau 8: Matrice de décision (scénario ingénierie)

c) Directeur des finances :

Actions/critères	Investissement (Min)	Besoin d'entreprise (Max)	Qualité production (Max)	Expérience opérateurs (Max)	Niveau technique (Max)	Qualité machine (Max)
Fournisseur 1	150	Yes	Good	20	Good	Good
Fournisseur 2	170	Yes	Average	15	Average	Very good
Fournisseur 3	178	No	Bad	7	Very bad	average
Poids	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10	0,20

Tableau 9: Matrice de décision (scénario financier)

Vecteur de poids (w) :

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1$$

Les poids sont distribués par l'importance de chaque critère, par exemple pour le point de vue de l'ingénieur, le critère niveau technique est très important alors on donne « 0,30 », les deux critères investissement et expérience opérateurs sont moins importants que les autres alors on donne « 0,10 ».

Puis, nous allons utiliser le plan GAIA (Graphical Analysis for Interactive Aid) pour obtenir des informations sur les conflits, les similarités entre les critères de décision et entre les

décideurs. Il fournit une aide précieuse pour comprendre les préférences des différents décideurs ainsi que la performance de chaque action pour ces derniers.

4.5 Test et simulation pour choisir une nouvelle machine de fabrication de ressorts :

Cette partie permet de mieux visualiser notre contribution et les résultats obtenus ci-dessus. Elle simule la méthode PROMETHEE-GDSS avec le logiciel GAIA. La méthode PROMETHEE-GDSS prend en compte les préférences des différents décideurs afin d'obtenir un classement global. Ainsi, elle permet de prendre en compte plusieurs critères quantitatifs et qualitatifs pour choisir la meilleure localisation d'usine. La simulation avec GAIA permet d'observer à travers une interface graphique les actions, les critères à travers plusieurs scénarios, d'obtenir des graphes montrant clairement le surclassement des alternatives.

4.5.1 Analyse des résultats avec Visuel PROMETHEE

Dans ce qui suit, nous présentons l'interface principale du logiciel Visuel PROMETHEE. Dans cette interface, nous remarquons tous les critères ainsi que leurs poids et les différentes actions (alternatives) ainsi que les préférences de chaque acteur.

- a) L'interface du directeur général

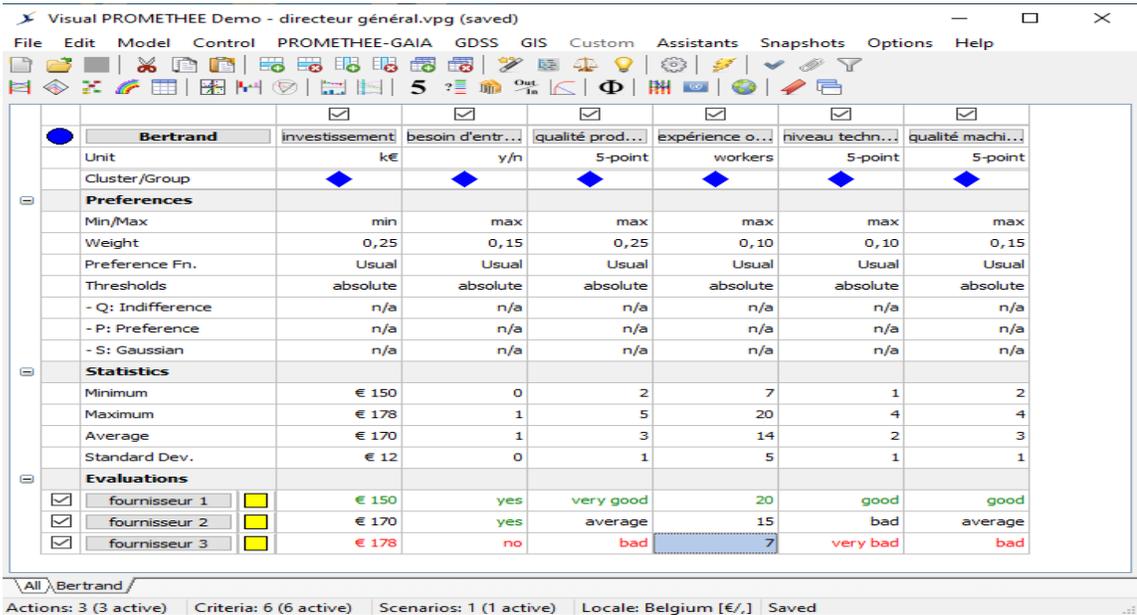


Figure 15: Interface principale de Visual PROMETHEE (scénario directeur général)

b) L'interface d'ingénieur en chef

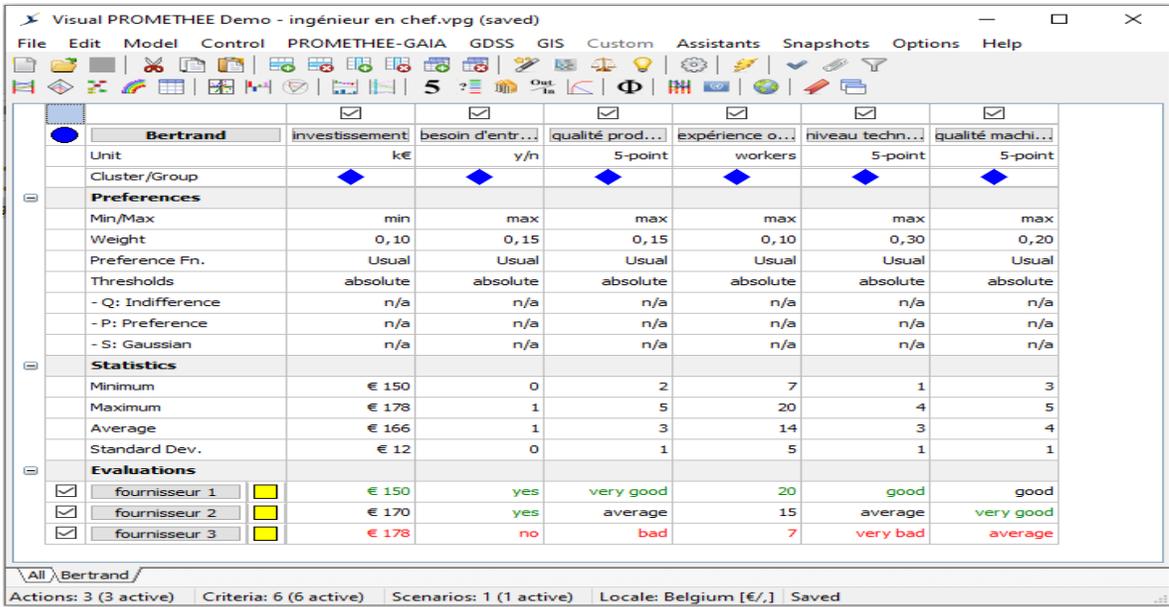


Figure 16: Interface principale de Visual PROMETHEE (scénario ingénierie)

c) L'interface du directeur des finances

Visual PROMETHEE Demo - directeur des finances.vpg (saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

	investissement	besoin d'entr...	qualité prod...	expérience o...	niveau techn...	qualité machine
Unit	k€	y/n	5-point	workers	5-point	5-point
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences						
Min/Max	min	max	max	max	max	max
Weight	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10	0,20
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics						
Minimum	€ 150	0	2	7	1	3
Maximum	€ 178	1	4	20	4	5
Average	€ 166	1	3	14	3	4
Standard Dev.	€ 12	0	1	5	1	1
Evaluations						
fournisseur 1	€ 150	yes	good	20	good	good
fournisseur 2	€ 170	yes	average	15	average	very good
fournisseur 3	€ 178	no	bad	7	very bad	average

Actions: 3 (3 active) Criteria: 6 (6 active) Scenarios: 1 (1 active) Locale: Belgium [€/€] Saved

Figure 17: Interface principale de Visual PROMETHEE (scénario finance)

Ce qui suit le classement partiel qui nous donne le classement PROMETHEE I & II des différentes actions, (les trois scénarios) :

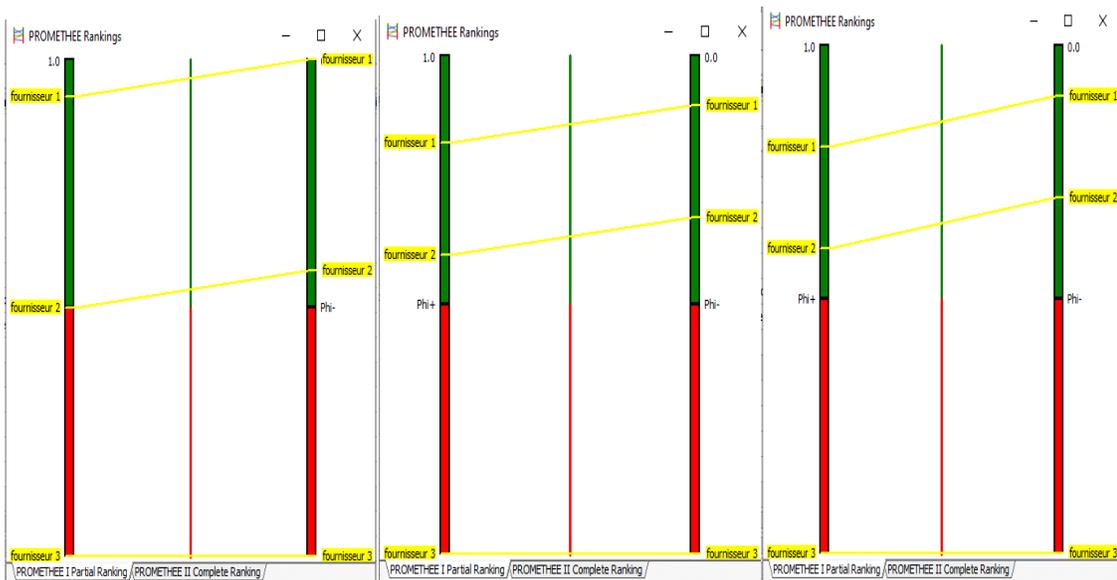


Figure 18: Classement partiel PROMETHEE I (scénarios : directeur général, ingénieur en chef et directeur des finances respectivement)

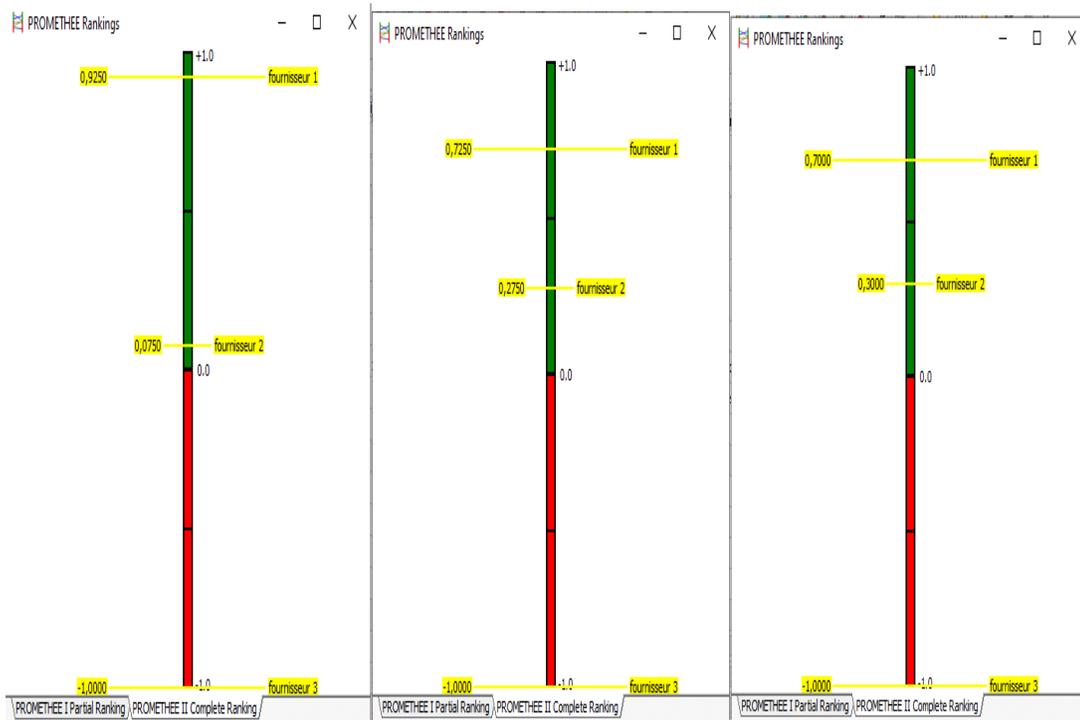


Figure 19: Classement global PROMETHEE II (scénarios : directeur général, ingénieur en chef et directeur des finances respectivement)

Ce classement nous permet de voir un surclassement des différentes alternatives (fournisseurs). Ici, nous remarquons, selon les trois intervenants, le surclassement du fournisseur 1 sur tous les autres fournisseurs (alternatives), suivie de fournisseur 2, et en dernier le 3^{ème} fournisseur.

Nous voyons, dans la figure ci-dessous, nous voyons l'écart entre le fournisseur 1 et les deux autres fournisseurs. Le fournisseur 1 domine très nettement les autres fournisseurs.



Figure 20: Vue sur les flux net (les trois scénarios)

Les figures ci-dessous montrent les points forts du fournisseur 1 selon chaque intervenant.



Figure 21: Les points forts du fournisseur 1 selon le directeur général



Figure 22: Les points forts du fournisseur 1 selon l'ingénieur en chef

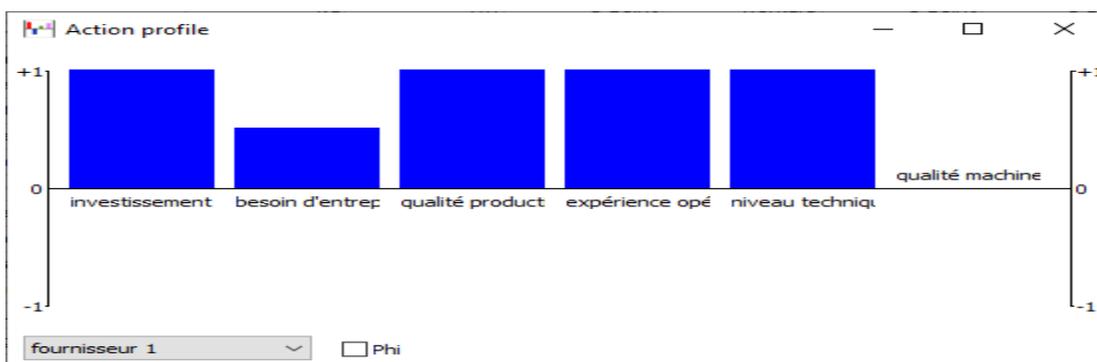


Figure 23: Les points forts du fournisseur 1 selon le directeur des finances.

Nous notons, pour l'ingénieur et le directeur des finances, que les points forts de la machine du fournisseur 1 sont l'investissement, la qualité de la production, l'expérience des opérateurs et le niveau technique suivis par le besoin d'entreprise. Tandis que, ils trouvent que son point faible est la qualité de la machine.

4.5.2 Le plan GAIA :

La figure ci-dessous présente le plan GAIA. En analysant les répartitions des actions et de critères sur le plan nous constatons les points forts et les points faibles des différents fournisseurs. Les points forts correspondent aux axes pointant dans la direction du fournisseur. Les faibles correspondent aux axes pointant dans la direction opposée du site.

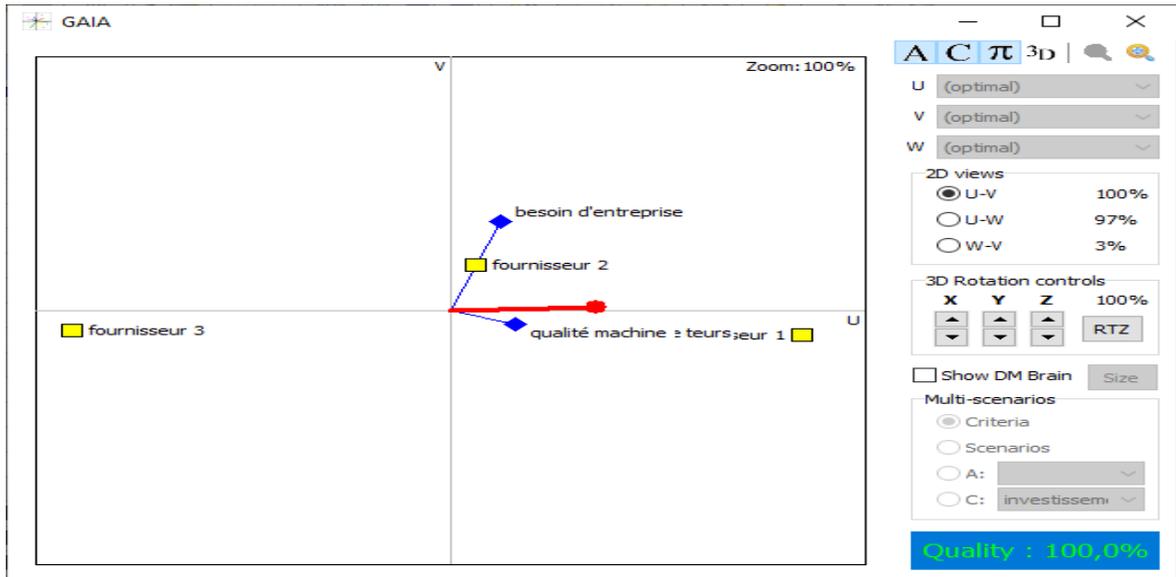


Figure 24: Le plan GAIA (directeur général)

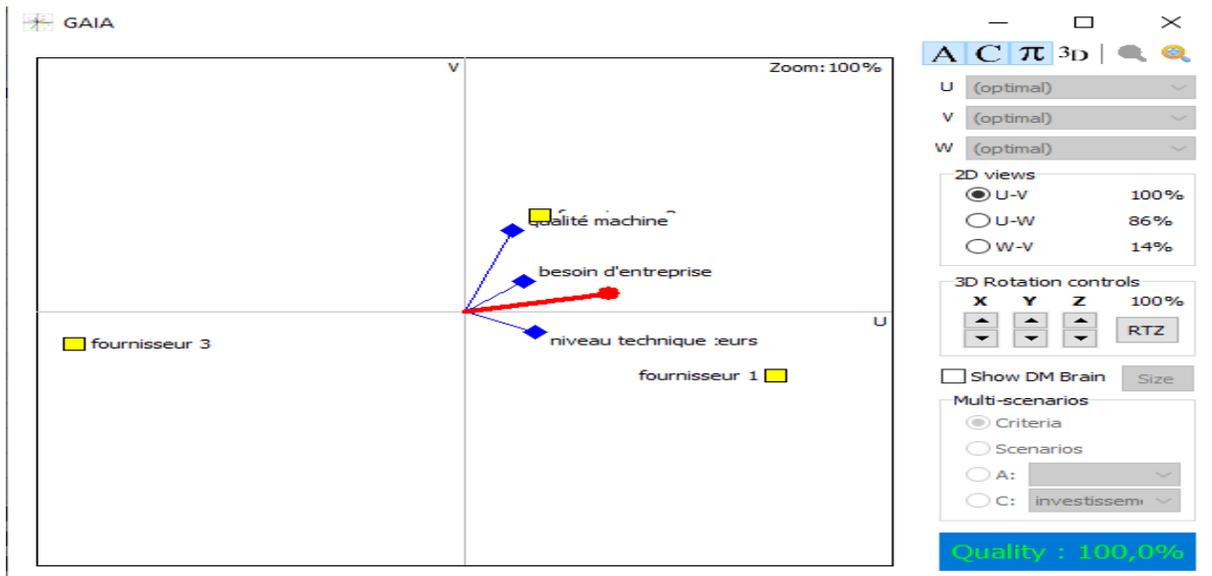


Figure 25: Le plan GAIA (Ingénieur en chef)



Figure 26: Le plan GAIA (directeur des finances)

4.6 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons appliqué la méthode PROMETHEE-GDSS pour faire le choix du fournisseur pour acheter une nouvelle machine pour fabriquer des ressorts à très petite taille en se basant sur plusieurs critères.

A l'aide de la méthode PROMETHEE nous avons obtenu le classement partiel et global des différentes alternatives.

En dernière analyse, l'utilisation du logiciel PROMETHEE-GAIA, le logiciel d'aide à la décision multicritères, nous a permis à simuler la méthode PROMETHEE afin de mieux observer toutes les actions ainsi que tous les critères à travers une interface graphique qui montre le comportement de ces derniers dans chaque scénario. Après les calculs statistiques des critères différents fournisseurs, nous trouvons que le fournisseur 1 qui a le meilleur classement par ses points forts.

Conclusion Générale

Ce travail a été réalisé dans le but d'utiliser un système d'aide à la décision de groupe pour la gestion du cycle de vie d'un produit. Nous avons, au premier lieu, défini la notion de la gestion du cycle de vie et son rôle majeur dans les entreprises. Ensuite, nous avons abordé le concept d'aide à la décision de groupe et son implémentation à travers un système d'aide à la décision de groupe (GDSS). Les GDSS permettent de prendre une décision de groupe en mode synchrone et distribué.

Toutefois, l'aide à la décision ne résout pas seulement le problème décisionnel, mais accorde une aide aux décideurs afin qu'ils clarifient leurs idées et expriment aux mieux leurs préférences.

Notre objectif est de faciliter la conception technique de produits industriels dans un environnement collaboratif, multi-utilisateurs et distribué. Pour cela, nous utilisons les méthodes d'analyse multicritères. L'objectif principal de toute méthode d'aide à la décision multicritères est d'aider les décideurs dans le but d'augmenter l'efficacité de l'analyse de la décision. Néanmoins, il existe plusieurs méthodes différentes qui peuvent être utilisées pour atteindre cet objectif, nous nous sommes intéressés de la méthode PROMETHEE-GDSS.

Dans la partie contribution, nous avons utilisé un logiciel d'aide à la décision multicritères PROMETHEE-GAIA pour résoudre la problématique posée.

A terme, nous proposons de concevoir un GDSS plus axé sur les concepts PLM ; permettant la modélisation graphique 3D des nouveaux produits, facilitant la communication en temps réel entre décideurs, ainsi que les notifications lors des révisions.

Bibliographie

- [1] A. Adla. (2010). *Aide à la facilitation pour une prise de décision collective : proposition d'un modèle et d'un outil*. thèse de Doctorat, Université de Toulouse , Mathématiques informatique (MI), Toulouse.
- [2] A. BERTIN, D. N. (30 aout 2012). Aide au déploiement du retour d'Expérience en entreprise via l'exploitation d'un PLM. *9ème conférence internationale de Modélisation, Optimisation et SIMulation*. Bordeaux - France.
- [3] A. Corallo, M. L. (2013). Defining Product Lifecycle Management: a journey across features, definitions, and concepts. *international scholarly research notices*, 1-10.
- [4] A. Gaouar. (2014). *Proposition d'un Outil d'aide à l'évaluation des Stratégies de Coordination dans le fonctionnement d'un WEB-DSS : Application à une Gestion de production dynamique*. thèse de Magister, Université de Tlemcen, Tlemcen.
- [5] A. H. Schoenfeld. (2011). *How we think: A theory of goal-oriented decision making and its educational applications*. New York: NY: Routledge.
- [6] A. Schärli. (15 novembre 1999). *Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère*. (E. Press, Éd.) Lausanne, Suisse,: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- [7] A.E.K. Oualed Mahrez. (27/11/2012). *modèle multi-agent pour l'aide à la décision de groupe*. thèse de Magister, Université d'Oran1, Oran.
- [8] B. Haque, K. P. (2000). Analysing organisational issues in concurrent new product development. *international journal of production economics*, 67(2), 169-182.
- [9] B. L. MacCarthy, R. C. (juin 2020). Group decision support for product lifecycle. *International Journal of Production Research*, 59, 1-18.
- [10] B. Mareschal. (2011-2022). *Méthodes multicritères d'aide à la décision*. Récupéré sur PROMETHEE & GAIA:: <http://www.promethee-gaia.net/FR/promethee.html>
- [11] B. Roy. (1985). *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*. Paris: Economica.

- [12] B. Roy, & D. (1993). *Aide multicritère à la décision : méthodes et cas*". Paris (France): Economica.
- [13] B. Tung, S.-W. A. (1988). Un système d'aide à la décision de groupe pour les décisions stratégiques de l'entreprise. *Co-op*, 445-454.
- [14] C. Fred. (2010). The decision making process. *NATIONAL FORUM OF EDUCATIONAL ADMINISTRATION AND SUPERVISION JOURNAL*, 27(4).
- [15] D. HAMDADOU, K. B. (octobre 2016). *Méthodologie Multicritère d'aide à la décision cours et exercices*,. thèse de Doctorat, Université d'Oran Es-Senia, Oran.
- [16] D.E. Goldberg. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley.
- [17] Dj. Hamdadou. (2008). *Un modèle d'aide à la décision en aménagement du Territoire, une approche Multicritère et une approche de négociation*. thèse de Doctorat, Université d'Oran 1 , Mathématiques informatique (MI), Oran.
- [18] E. Turban, J. A. (1998). *Decision Support and Intelligent systems*. Prentice Hall International.
- [19] F. Ameri, D. D. (2005). Product lifecycle management: closing the knowledge loops. *Computer-Aided Design and Application*, 2(5), 577-590.
- [20] F. Noel. (2006). a dynamic multi-view product model to share the product behaviours among designers. *I*(5), 113-120.
- [21] G. DeSanctis, R. B. (1987). A foundation for the study of group decision support systems. *management science*, 33(5), 589-609.
- [22] G. Marakas. (2003). *Decision Support Systems in the 21st Century, Second Edition*. Prentice Hall.
- [23] H. Ralph, S. J. (1995). Electronic Document Management: Challenges and Opportunities for Information Systems Managers. *MIS Quarterly*, 19, 29-49.
- [24] J.P, B. M. (2005). PROMETHEE METHODS. Dans *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys* (pp. 163-196). Boston, Dordrecht, London: Springer Verlag.
- [25] J.P. BRANS. (1982). L'ingénierie de la décision; Elaboration d'instruments d'aide à la décision : méthode PROMETHEE. Dans R. a. Nadeau (Éd.), *L'aide à la décision :*

- Nature, Instruments et perspectives d'avenir* (pp. 183-213). Québec,, Canada: Presses de l'Université Laval.
- [26] J.P. BRANS, B. M. (1988). Geometrical representations for MCDA. *European Journal of Operation Research*, 34, 69-77.
- [27] J-M. Hoc. (1996). *supervision et contrôle de processus la cognition en situation dynamique*. Presses Universitaires de Grenoble.
- [28] L. Y. Maystre, J. P. (1994). Méthodes multicritres ELECTRE: description, conseils pratiques et cas d'application la gestion environnementale. *European Journal of Engineering Education*, 19(4), 517.
- [29] M. David, F. R. (2015). What does PLMs (Product lifecycle management systems) manage: Data or documents? Complementarity and contingency for SMEs. *Computers in Industry*, 75, 140-150.
- [30] M. SEDDIKI. (2016). L'aide à la décision multicritère pour la rénovation thermique des bâtiments en maçonnerie: cas de l'algérie. *Revue des Energies Renouvelables*, 19.
- [31] M. Towler. (2010). *Rational decision making: An introduction*. New York: NY : Wiley.
- [32] M. Wooldridge, a. N. (1999). Software Engineering with Agents: Pitfalls and Pratifalls. *IEEE Internet Computing*, 3(3).
- [33] M.F. MEZIANE. (2017). *Gestion de la sécurité dans la coopération d'un groupe d'experts en télémaintenance*. thèse de Master, Université de Mostaganem, Mathématiques et d'Informatique, Mostaganem.
- [34] Mahamadou, S. (2021). *Utilisation de l'approche FAHP/FPROMETEE pour l'élection d'un Facilitateur (coordinateur) au sein d'un GDSS*. thèse de Master, Université de Mostaganem, Mostaganem.
- [35] Miranda. (1999). Meeting facilitation : Process versus content interventions. *Journal of Management Information Systems*, 15(4), 89-114.
- [36] N. Boudraa. (25 / 11/ 2012). *Elaboration d'un système multicritère d'aide à la décision spatial de groupe: ver négociation par l'agrémentation*. thèse de Master, Université d'Oran 1, Mathématique et Informatique (MI), Oran.

- [37] N. HAMDANI. (17 décembre 2019). *Un système d'aide multicritères à la décision de groupe : une approche basée sur le web services et les agents*. thèse de Doctorat, Université d'Oran1, Oran.
- [38] O. Million. (1998). *de l'intégration des métiers par les données techniques vers la maîtrise de la modélisation conceptuelle: la méthode V.I.M (Viewpoints Information Modeling)*. thèse de doctorat, Université Henri Poincaré - Nancy I, Nancy. 1998.
- [39] P. Keen, M. S.-M. (1978). *Decision Support Systems: an organizational perspective*. AddisonWesley Publishing.
- [40] P. Zaraté. (2005). *Des systèmes interactifs d'aide à la décision aux systèmes coopératifs d'aide à la décision: Contributions conceptuelles et fonctionnelles*. thèse de Doctorat, INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE (INPT), Toulouse.
- [41] R. Caillet. (2003). *Analyse multicritère : étude de l'existant et application en analyse du cycle de vie*. Rapport de Stage, l'École Polytechnique Palaiseau, France.
- [42] R. Lemesle. (2000). *Technique de modélisation et de méta-modélisation*. Université de Nantes, Automatique et Informatique Appliquée.
- [43] R. Sudarsan, S. F. (2005). A product information framework for product lifecycle management. *Computer-Aided Design*, 37(13), 1399-1411.
- [44] S. G. Lee, Y.-S. M. (2008). product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul. *computers in industry*, 59(2-3), 296-303.
- [45] S. Khiat. (04/06/2020). *Modélisation spatio temporelle par agents intelligents des systèmes d'aide à la décision temps réel et distribués*. thèse de Doctorat, University Oran 1, Mathématiques informatique (MI), Oran.
- [46] S. Madouri. (2011-2012). *Vers un système d'aide multicritère à la décision de groupe en aménagement du territoire : application à la localisation spatiale*. thèse de Magister, Université d'Oran1, Oran.
- [47] T. Gardner, C. G. (août 2003). *A review of OMG MOF 2.0 Query / Views/Transformations Submissions and recommendations towards the final standard*. IBM Hursley Development Laboratory, United Kingdom.

- [48] V. Clawson, & R. (1993). The facilitation role in group support systems. *In Proceedings of the 1993 Conference on Computer Personnel Research*, (pp. 323-335).
- [49] Vincke, P. (1989). *L'aide multicritère à la décision*. (É. d. Bruxelles, Éd.) Bruxelles.
- [50] Y. Harani. (1997). *une approche multi-modèles pour la capitalisation des connaissances dans le domaine de la conception*. thèse de doctorat, institut national polytechnique de Grenoble, Grenoble. 1997.
- [51] Y. Maache. (2011). *Aide à la décision d'ordonnancement inter-entreprises dans le cadre des travaux de la maintenance Cas : Société de Maintenance de l'Est (SME)*. Mémoire d'ingénieur, Université de Batna, Batna.
- [52] Y. TEMINA. (2020). *utilisation d'un système de décision basé sur les BIM pour la gestion de la maintenance coopérative d'un bâtiment*. thèse de Master, Université de Mostaganem, MOSTAGANEM.
- [53] Z. Michalewicz. (1996). *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolutionary Programs*. Springer.
- [54] Z. Souheil. (2007). *proposition d'un cadre de modélisation pour les application PLM Application à la gestion de configuration*. thèse de doctorat, Université Henri Poincaré - Nancy 1, Nancy. 2007.