

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1

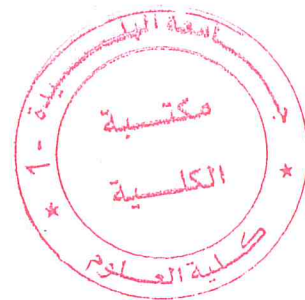


FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE

Mémoire de Fin d'Etude de

Master en INGENIERIE DU LOGICIEL



Thème

REALISATION D'UN SIAD POUR REpondre AU PROCESSUS METIER

« APPEL D'OFFRE » EN UTILISANT PROMETHEE I ET II ET

LE NOUVEAU STANDARD DMN

Domaine : MI

Filière : Informatique

Spécialité : Ingénierie du logiciel

Encadré par :

Mme F.BOUMAHDI

Rédigé par :

KERROUR Ibtissem

MADOUR Wissam

Soutenu : 19/09/2017

Membre du jury :

Président : Mr El moussaoui

Examinatrice :Mme Abed

Année Universitaire 2016/2017

Dédicace

Je dédie ce projet de fin d'étude....

A la mémoire de mon cher grand père

Qui a été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je te dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, t'accueille dans son éternel paradis.

A mes chers parents

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquents soient-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Votre patience sans fin, votre compréhension et votre encouragement sont pour moi le soutien indispensable que vous avez toujours su m'apporter.

A mon cher frère

Merci d'être toujours à mes côtés, par ta présence. Ta confiance et encouragement étaient le lambeau qui a éclairé mes moments de désespoir. Puisse Dieu, tout puissant te procure santé et jouissance et réussite.

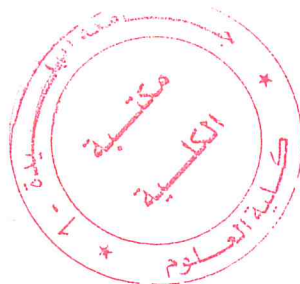
A tous les membres de ma famille, mes oncles, mes tantes ainsi que mes cousins et mes cousines

Puisse ce travail témoigner de ma profonde affection et de ma sincère estime. Que Dieu, le tout puissant éclaire votre vie de santé, de bonheur.

A mes adorables amies

Je vous remercie d'avoir embelli ma vie par de précieux moments de bonheur. Que Dieu, le tout puissant éclaire votre vie de santé, de bonheur et de succès.

A mon binôme Que Dieu le tout glorieux te donne santé, joie et réussite.



Kerrouj Ibtissem

Dédicaces

Grace à Dieu voilà notre travail terminé et il est temps pour moi de partager ma joie avec tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé.

À travers ce modeste mémoire, je tiens à présenter mes sincères dédicaces à Ma mère qui m'a confié de suivre mes études et m'a donné l'espoir de réussir

Mon père qui a consacré sa vie à notre éducation et à faire notre Bonheur et qui nous encourage toujours d'achever nos études tout en espérant de voir les fruits de ses sacrifices.

A ma chère sœur.

A l'ensemble des amis que j'ai connu pendant mes études et à ceux qui m'ont prodigué leurs vifs conseils, encouragements et témoigné de leur amitié.

A mon binôme Kerrou ibtisseem et sa famille.

MADOUR WISSAM

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier **Dieu** le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.

Un hommage appuyé revient à nos parents, pour leur soutien moral et matériel durant notre cursus que Dieu les protège.

Nos reconnaissances et nos remerciements vont particulièrement à notre promotrice **Mme F.BOUMAHD**I pour son inestimable aide, et ses conseils consécutifs.

Nous adressons particulièrement nos remerciements aux membres du Jury qui ont bien voulu examiner et évaluer notre travail et qui nous font l'honneur de participer à la soutenance.

Aussi, tous les enseignants de la faculté des sciences de **BLIDA** et surtout nos enseignants du département Informatique.

Nous remercions, de tout cœur nos familles et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

L'analyse multicritère est un outil d'aide à la décision développée pour résoudre des problèmes multicritères complexes qui incluent plusieurs aspects qualitatifs et quantitatifs dans le processus décisionnel. Le domaine de l'optimisation multicritère connaît une évolution importante. Cette évolution s'est traduite par le développement d'un grand nombre de méthodes multicritères.

Dans ce mémoire, nous allons appliquer la méthode d'analyse multicritère PROMETHEE qui fait partie de la famille des méthodes de surclassement dans un système d'aide à la décision pour répondre au processus métier « appel d'offre » pour lequel deux traitements mathématiques particuliers sont proposés: le rangement partiel par (PROMETHEE I) et le rangement complet par (PROMETHEE II).

Mots clés: Prise de décision, L'analyse multicritère, Méthodes de surclassement, La méthode PROMETHEE.

Abstract

Multi-criteria analysis is a decision-making tool developed to solve complex multicriteria problems, which include several qualitative and quantitative aspects in the decision-making process. The field of multicriteria optimization is undergoing a major evolution. This evolution resulted in the development of a large number of multicriteria methods.

In this paper we will apply the PROMETHEE multicriteria analysis method which is part of the family of upgrade methods in a decision support system to respond to the business process "Call for tenders", for which two special mathematical treatments are proposed: the partial storage by (PROMETHEE I) and the complete storage by (PROMETHEE II).

Keywords: Decision Making, Multi-criteria Analysis, Upgrade Methods, PROMETHEE Method.

ملخص

التحليل متعدد المعايير هو أداة دعم اتخاذ القرار وضعت لحل المشاكل المعقدة متعددة المعايير التي تشمل العديد من الجوانب النوعية والكمية في اتخاذ القرارات. مجال التحسين التحليل متعدد المعايير يعرف تطورا مهما. وقد أدى هذا التطور إلى تطوير عدد كبير من وسائل التحليل متعدد المعايير.

في هذه المذكرة سوف نطبق طريقة تحليل المعايير المعروفة باسم " بروميتي " والتي هي جزء من عائلة طرق للمرتبة الأعلى في نظام دعم اتخاذ القرار لمواجهة العمليات التجارية نداء خدمات. و التي سوف نقدم عن طريقها , طريقتين رياضيتين خاصتين و هما كالتالي التخزين الجزئي عن طريق بروميتي ١ و التخزين الكامل عن طريق بروميتي ٢

كلمات البحث: صنع القرار، التحليل متعدد المعايير، طرق الترقية، طريقة بروميتي

Sommaire

Remerciements	
Résumé	
Introduction Générale	
Chapitre 1 : l'aide à la décision	1
Introduction.....	1
1 Définition d'une décision	1
2 La problématique de la décision	1
3 Le processus de décision.....	3
4 Définition de l'aide à la décision	3
4.1 Les étapes d'une méthodologie d'aide à la décision.....	4
4.2 Les systèmes interactifs d'aide à la décision	4
4.2.1 Rôle d'un SIAD	4
4.2.2 Architectures d'un SIAD.....	5
5 L'analyse multicritère d'aide à la décision	5
5.1 Concepts et terminologie	6
5.2 Les principales méthodes multicritères.....	6
6 La méthode PROMETHEE	7
6.1 Critères généralisés et degré de préférence	8
6.2 Types de Critères généralisés	8
6.3 Choix du type de critère généralisé	11
6.4 Choix des seuils:.....	12
6.5 Détermination des poids de chaque critère:.....	12
6.6 Indice de préférence multicritère	12
6.7 Surclassement.....	13
6.7.1 Flux de surclassement	13
6.8 Exploitation de la valeur de la relation de surclassement.....	15
6.8.1 La méthode PROMETHEE I: rangement partiel	15
6.8.2 La méthode PROMETHEE II : rangement complet:	15
6.8.3 La différence entre Prométhée I et II	16

7	Conclusion	17
Chapitre 2: notions de modelisation		
	Introduction	18
1	Modèle de décision et de notation (Decision Model and Notation(DMN)).....	18
2	L'utilisation de DMN.....	18
3	Le niveau des exigences de décision (DecisionRequirements Graph DRG).....	19
3.1	Les éléments de base d'un DRD.....	20
4	Niveau décision logique	21
5	Business Process Modeling Notation (BPMN)	22
6	Les éléments BPMN en quatre catégories.....	23
7	Outils de modélisation	26
8	Conclusion	27
Chapitre 3: solution proposée		
	Introduction	28
1	Phase d'analyse	28
1.1	Analyse métier	28
1.2	Analyse du système d'information	31
1.3	Analyse de la decision.....	35
1.3.1	Décision 1 : le premier classement des fournisseurs.....	36
1.3.2	Décision 2 : le deuxieme classement des fournisseurs	39
2	Conception globale	42
3	Conception détaillée	44
3.1	Description module 3 « BDD ».....	44
3.2	Modules d'initialisation	48
3.3	Modules de calculs.....	50
4	Phase realisation	56
4.1	Choix technique	56
4.2	Démonstration	58
5	Teste.....	62
5.1	Présentation de l'exemple	62
6	conclusion	73

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES	74
Bibliographie	75

Liste des Figures

Figure 1: Processus de décision	3
Figure 2: Systeme interactif d'aide à la décision	5
Figure 3: critère usuel	9
Figure 4: critère en « u »	9
Figure 5: critere en « v ».....	10
Figure 6: critère a palier	10
Figure 7: critère linéaire	11
Figure 8: critère gaussien	11
Figure 9: Flux de surclassement sortant	14
Figure 10: Flux de surclassement entrant	14
Figure 11: Un diagramme des exigences de décision simple (DRD)	20
Figure 12: Exemple d'une décision et la valeur d'expression correspondante	22
Figure 13: Exemple illustrant le fonctionnement de BPMN "Situation d'apprentissage"	26
Figure 14: le traitement du processus global d'appel d'offre.....	30
Figure 15: Diagramme de cas d'utilisation du système.....	31
Figure 16: Premier classement des fournisseurs	36
Figure 17: deuxième classement des fournisseurs	39
Figure 18: architecture de notre solution	43
Figure 19: Diagramme de classe du système	45
Figure 20: Cheminement de Prométhée	56
Figure 21: interface d'accueil	58
Figure 22: interface du maitre d'ouvrage.....	59
Figure 23: interface authentification.....	60
Figure 24: interface des soumissions	60
Figure 25: interface de l'expert	61
Figure 26: exemple de définition des critères.....	67
Figure 27: exemple de soumission	68
Figure 28: exemple du processus de filtrage des soumissions	69
Figure 29: exemple de l'application la fonction de préférence et le degré de surclassemnt.....	70
Figure 30: exemple de l'application de Prométhée 1	71
Figure 31: exemple de l'application de Prométhée 2	72
Figure 32: validation du résultat	73

Liste des Tableaux

Tableau 1: Les problématiques de decisions.....	3
Tableau 2: Decision Requirements Diagram elements	21
Tableau 3: les outils de modélisation BPMN.....	27
Tableau 4: Description des classes	27

Introduction Générale

La mondialisation génère une concurrence exacerbée dans tous les secteurs d'activité. La contractualisation client/fournisseur se fait de moins en moins directement mais de plus en plus par des consultations multiples et des appels d'offres. Ces derniers présentent une pratique incontournable pour quasiment tous les secteurs professionnels.

Le processus de réponse à appel d'offres repose sur la mise en concurrence de prestataires potentiels où chaque acteur consacre du temps et des ressources pour faire des propositions qui ne seront pas toujours retenues. Pour répondre au mieux aux besoins, les offres doivent être personnalisées sur les plans composition (quels sont les constituants), réalisation (comment les produire et les assembler), prix et délais. Une offre n'étant pas établie suite à une conception ou un travail de personnalisation détaillé, ses caractéristiques comportent une part conséquente d'incertitude.

Face à cette situation, le travail de réponse à appel d'offre nécessitant un chargement plus scientifique, l'utilisation de systèmes d'aide à la décision (SIAD) est impérative pour obtenir des estimations plus précises, réduire les incertitudes et donc les pertes.

L'objectif de ce travail est la mise en œuvre d'un SIAD pour répondre au processus métier « appel d'offre » en utilisant les méthodes PROMETHEE I et II et le nouveau standard DMN (Decision Model and Notation).

2. Problématique

La sélection d'une solution en réponse au besoin : parmi l'ensemble de scénarios qualifiés à l'étape de soumission, il s'agit maintenant de sélectionner une solution à proposer au client, but final d'AO (appel d'offre). Parmi les méthodes multicritère, nous retenons le concept de PROMETHEE I que nous proposons de compléter par PROMETHEE II. Il s'agit donc de formaliser un processus d'aide à la décision prenant en compte les critères (coût, délai, performance, etc.) afin de sélectionner le meilleur fournisseur.

Notre travail consiste à résoudre les problèmes suivants :

- **Comment la méthodologie PROMETHEE peut-elle aider à la prise de décision multicritère ?**

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

- Quels sont les principes de base de la méthode PROMETHEE ?
- Quels sont les critères de classement du fournisseur ?
- Quels sont les critères de sélection du meilleur fournisseur ?
- Comment classer les fournisseurs avec une méthode scientifique ?
- Comment sélectionner le meilleur fournisseur avec une méthode scientifique ?

3. Objectifs

L'objectif principal de ce sujet est d'étudier de nouveaux modèles et outils d'aide à la décision en réponse à un appel d'offre. Il s'agit de proposer un processus générique en se basant sur des méthodes et des outils améliorant la prise de décisions. En effet, une conception scientifique à base des méthodes PROMETHEE I et II et une modélisation qui se base sur le nouveau standard DMN (Decision Model Notation).

Ainsi, on veut élaborer à l'aide des méthodes PROMETHEE I et II, un modèle de décision selon la problématique de rangement, pour les classements des fournisseurs. Ce modèle permet aussi d'expliquer de tels classements en leur apportant une approche scientifique simple et compréhensible par tous les décideurs.

Automatiser le processus « Appel d'offre » et ces décisions, nous nous sommes placés dans le cadre du processus métier «Appel d'offre» en prenant en compte des critères définis, parmi les objectifs qu'on veut atteindre l'automatisation du processus et ces activités décisionnelles.

4. Organisation du mémoire

Ce mémoire est composé d'une introduction générale suivie de deux parties, une partie théorique et une autre pratique.

Introduction Générale

La première partie sera consacrée à l'étude théorique des grands concepts rencontrés lors de la réalisation de notre projet, structurée en trois chapitres :

Le premier chapitre s'intéresse à l'analyse du concept « décision », et il présente les différentes vues associées à ce concepts ainsi que les principales méthodes multicritères plus particulièrement les méthodes de surclassement PROMETHEE.

Le deuxième chapitre s'intéressera à la nouvelle norme de notation des règles de décision dans la gestion des processus métier DMN (Decision Model and Notation) ainsi que le BPMN (Business Process Model and Notation) pour l'analyse métier.

Le troisième chapitre d'une étude conceptuelle : il s'agit, d'une phase de modélisation de l'application en utilisant la norme UML pour analyser le niveau de système d'information, la notation BPMN pour l'analyse métier, et en employant la nouvelle notation DMN pour spécifier la vue de décision. Enfin nous achèverons cette partie avec la présentation de l'application réalisée avec les outils utilisés.

Enfin, une conclusion générale et des perspectives viendront clôturer ce mémoire.



Chapitre I: L'aide à la décision.

Introduction

L'identification des problèmes et la prise de décision sont le souci quotidien du gestionnaire (décideur). La logique suppose qu'on identifie le problème, et qu'on prenne compte les options et, que finalement, on passe à l'action. Cette activité devient de plus en plus complexe, car ces gestionnaires (décideurs) cherchent à intégrer dans leurs décisions plusieurs facteurs de nature assez diversifiée. Les situations de choix sont nombreuses où les actions potentielles sont évaluées sur la base de plusieurs objectifs ou critères. [1]

Dans ce chapitre nous procédons en deux temps. Dans un premier temps, nous présentons quelques notions fondamentales sur la décision en présentant les différentes vues associées à ce concepts ainsi que les principales méthodes multicritères.

Dans un second temps, nous présentons de façon détaillée une des méthodes multicritères qui répond de manière objective à notre problématique à savoir la méthode **PROMETHEE**.

1 Définition d'une décision

Décider, par définition « c'est choisir entre plusieurs alternatives l'action à entreprendre, c'est-à-dire choisir une action parmi celles qui sont possibles ». [1]

Selon **Lemoigne**: « la prise et l'exécution des décisions sont les buts fondamentaux de toute organisation, de tout management. Toute organisation dépend structurellement, de la nature des décisions qui sont prises en son sein et non par des décideurs, qu'ils soient individuels ou collectifs ». [2]

2 La problématique de la décision

La problématique de décision peut être perçue comme étant une orientation de l'investigation qu'on adopte pour un problème de décision donné. Elle exprime les termes dans lesquels le décideur pose le problème et traduit le type de la prescription qu'il souhaite obtenir.[3]**Roy** distingue quatre problématiques, tout problème de décision multicritère doit se ramener nécessairement à l'une d'entre elles (Tableau N°1) :

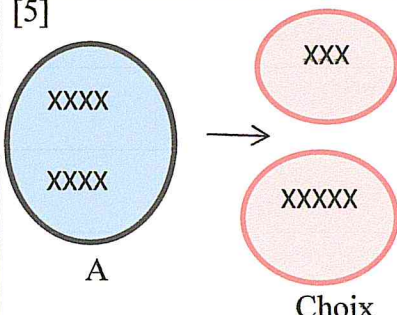
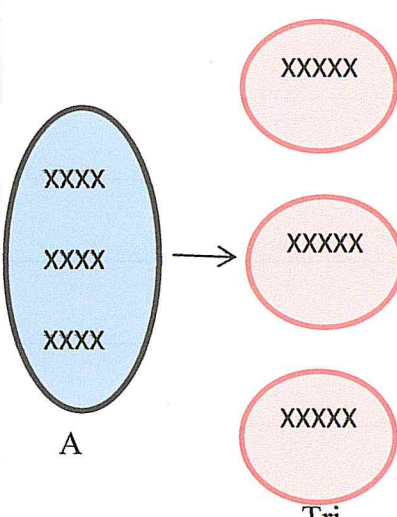
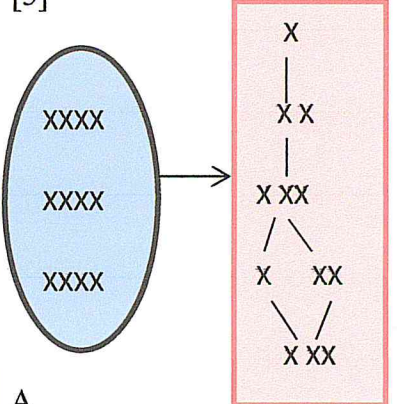
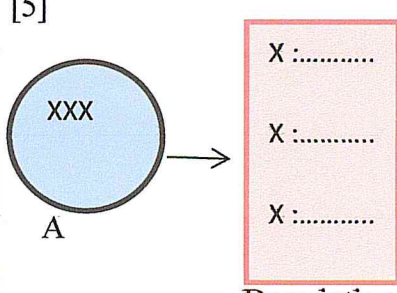
Problématique	Description	Formalisation
-Problématique de choix	-Elle consiste à sélectionner un sous ensemble aussi restreint que possible de l'ensemble des actions A , contenant les meilleures actions. [4].	[5] 
-Problématique de tri	-Elle consiste à affecter chaque action à un ensemble de catégories prédéfinies, C'est à dire trier les actions potentielles aux différentes catégories définies en termes de normes prédéfinies. La procédure de tri doit être définie de telle sorte que chaque action est affectée à une et seule catégorie. Formellement, une prescription consiste à une partition de A [5].	[5] 
-Problématique de rangement .	Elle consiste à ranger les différentes actions en allant de la meilleure action à la moins bonne. Il est à noter qu'en pratique, le rangement peut être nécessaire seulement pour les actions les plus intéressantes. Formellement, la prescription est un ordre partiel, une relation transitive définie sur A (ou un sous ensemble de A) [5].	[5] 
-Problématique de description	Elle consiste simplement à décrire les actions et leurs conséquences et non pas à les comparer comme c'est le cas avec les trois autres problématiques précédentes. [4].	[5] 

Tableau 1:Les problématiques de décisions [4]

3 Le processus de décision

Simon décrit le processus de décision comme l'enchaînement des trois phases suivantes [6]:

- **Phase de compréhension:** analyse de la situation et du problème.
- **Phase de modélisation:** formulation du problème (mise en évidence des écarts entre la situation actuelle et la situation objectée) et description des solutions potentielles.
- **Phase de sélection:** choix d'une solution en fonction de critères concrets (objectifs, normes,...) ou abstraits (intuition, motivation,...), appréhendés par le décideur avec ou sans le soutien d'outils et de techniques d'aide à la décision. (Figure N°1)

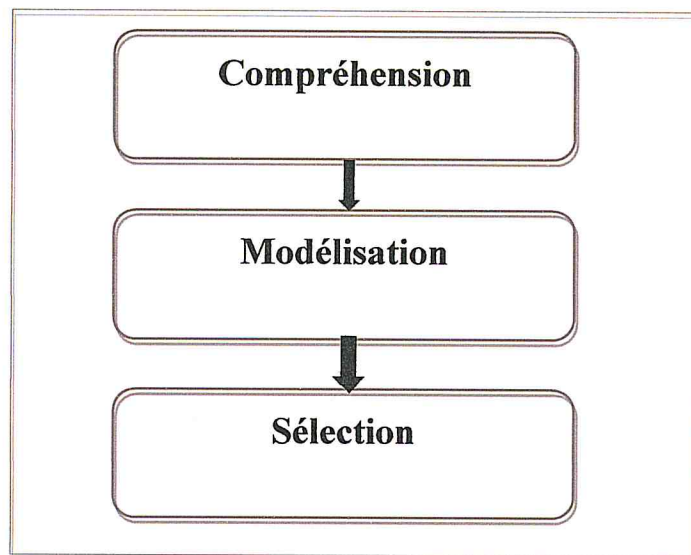


Figure 1:Processus de décision [6].

4 Définition de l'aide à la décision

L'aide à la décision est l'activité de celui qui (l'homme d'étude, l'ingénieur de la décision), prenant appui sur des modèles clairement explicités, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions posées dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à favoriser un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs d'autre part[8]. Dans le cadre de la décision multicritère, l'objet de la décision est formé par un ensemble d'actions ou alternatives. Pour **Roy** les problèmes réels peuvent être formulés à l'aide des méthodes d'analyse multicritère. [8]

4.1 Les étapes d'une méthodologie d'aide à la décision

Afin de formaliser le «processus d'aide à la décision» associé à un problème posé dans un processus de décision. Pour cela, nous nous baserons sur la méthodologie de formalisation d'un processus d'aide à la décision développée par A. Tsoukiàs. Il peut se dérouler selon les étapes suivantes : [8]

- **Représentation du problème**

Cette étape commence par l'analyse de processus de décision afin d'identifier les intervenants concernés par l'aide à la décision et leur rôle au sein du processus.

- **Formulation du problème**

Lors de cette étape, on commence par identifier, avec le décideur, sur quoi va porter la décision (l'ensemble des actions possibles) ou l'objet de la décision.

- **Construction du modèle d'évaluation**

Après avoir déterminé l'ensemble des actions A ainsi que ce que le décideur veut en faire (traitement), l'homme d'étude cherche à construire le modèle sur lequel il va se fonder pour répondre au problème identifié et construire sa recommandation.

Afin d'explicitier et de formaliser ces modèles d'évaluation, il a besoin de construire les dimensions, permettant de caractériser l'ensemble A, les critères, permettant d'évaluer A, et les méthodes ou les procédures permettant d'effectuer le traitement souhaité sur l'ensemble A.

4.2 Les systèmes interactifs d'aide à la décision

Le concept de Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD) a été introduit par l'école anglo-saxonne et il a été traduit du concept de Décision Support Systems (DSSs). Un SIAD est « Un système d'information interactif, flexible et adaptable, développé spécialement pour Aider à la solution de problèmes de management peu ou non structurés. Il utilise des données, fournit une interface simple et autorise le manipulateur à exprimer ses propres opinions ». [7]

4.2.1 Rôle d'un SIAD

Un SIAD est dit interactif car tout ou partie du contrôle de la recherche est laissé à l'utilisateur. Il s'agit donc d'un système interactif qui aide le décideur à exploiter les données et les modèles afin de trouver une solution à un problème non structuré et analyser l'impact d'éventuels changements de l'environnement qui peuvent surgir sur l'entreprise. Ainsi, le but de ce système est d'aider à la décision et non de remplacer le décideur. Cette aide fait appel à

l'intuition et au savoir-faire du décideur qui devient l'élément fondamental du couple Homme/Machine.[7]

4.2.2 Architectures d'un SIAD

Les composants d'un **SIAD** peuvent être généralement classifiés en quatre parties distinctes [7]:

- Une base d'informations regroupant les données sur le système.
- Une base de modèles décrivant le comportement du système.
- Une base de connaissances peut être un système indépendant apportant une expertise supplémentaire spécifique au système étudié.
- Une interface Homme/Machine le décideur peut gérer et interroger le système d'aide à la décision et intégrer des connaissances heuristiques qui ne sont pas explicites dans un langage informatique.

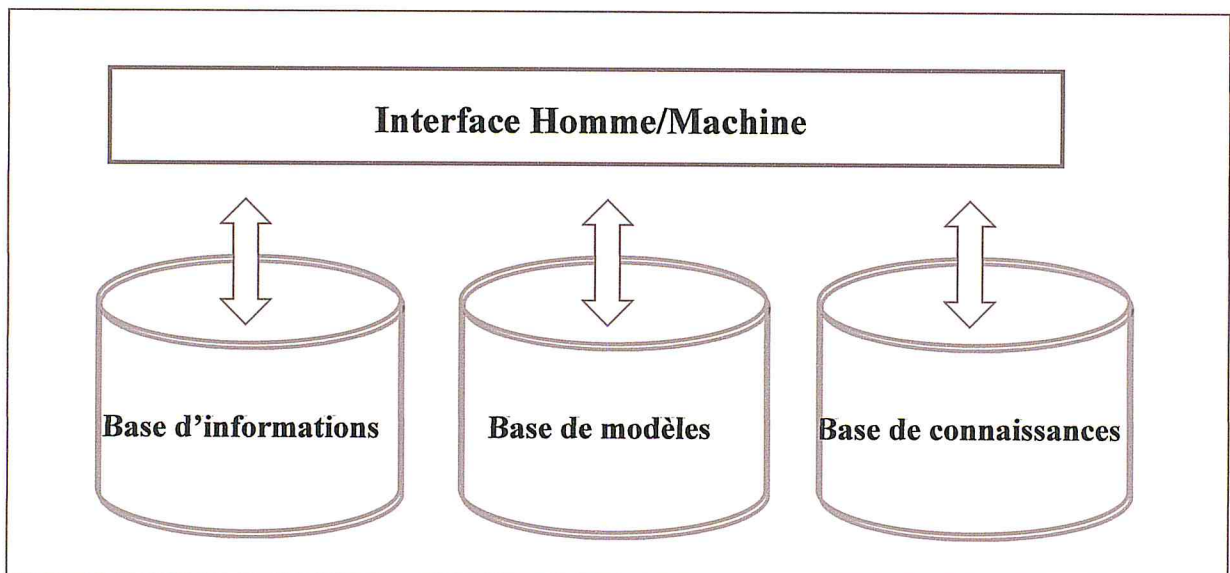


Figure 2: Systeme interactif d'aide à la décision [7].

5 L'analyse multicritère d'aide à la décision

La détermination de la « meilleure » action (optimale, de meilleur compromis...) constitue un défi intellectuel perpétuel en sciences et en génie. L'aide multicritère à la décision s'est alors développée pour offrir à la fois une démarche et des outils de solutions à des problèmes décisionnels complexes [9], qui visent à aider le gestionnaire (le décideur) à décrire, évaluer, ranger, choisir ou rejeter un ensemble d'actions, pouvant être exercées sur des candidats, des produits ou des projets. Ainsi, l'analyse multicritère est aujourd'hui considérée comme l'une des branches les plus importantes de la recherche opérationnelle et des théories de la décision. [10]

5.1 Concepts et terminologie

A/ Les actions: Une action est une représentation de l'élément de solution qui contribue à la décision.

Potentielle: Une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugée réaliste par un acteur au moins ou présumée telle par l'homme d'étude en vue de l'aide à la décision. [1]

B/ Les objectifs: Un objectif indique le sens de l'amélioration qu'un décideur souhaite apporter à un système lors d'un changement d'état. Il reflète l'aspiration du décideur. Les trois manières de poursuivre un objectif sont de le maximiser, de le minimiser ou de le maintenir dans un certain état. [1]

C/ Les attributs: Les attributs correspondent à des caractéristiques des alternatives. Les attributs permettent d'évaluer les niveaux des objectifs. [1]

D/ Les critères: C'est un facteur de jugement sur la base duquel on mesure et on évalue une action; il diffère de la notion de variable dans la mesure où un critère est relié aux préférences du décideur alors qu'une variable ne l'est pas nécessairement. [1]

5.2 Les principales méthodes multicritères

La littérature en aide multicritère à la décision renferme de nombreuses méthodes. Roy a regroupé ces dernières dans trois catégories principales représentant chacune d'entre elles des approches différentes. Ces catégories se présentent comme suit [11] :

➤ **Méthodes d'agrégation selon l'approche du critère unique de synthèse:**

Selon Roy cette approche est la plus classique. Les méthodes appartenant à cette catégorie sont généralement désignées sous le nom des méthodes d'agrégation complète. Elles consistent à agréger l'ensemble des critères, de manière à obtenir une fonction critère unique qui synthétise cet ensemble.

Parmi les principales méthodes appartenant à cette approche nous retrouvons la méthode MAUT de Dyer[11], TOPSIS de Chen, Hwang [11], AHP de Saaty [11], UTA par Siskos, Grigoroudis, Matsatsinis, et al[11].

➤ **Les méthodes interactives selon l'approche du jugement local interactif:**

Les méthodes interactives sont également appelées méthodes d'agrégation locale et itérative. Cette appellation renvoie au fait que ces dernières procèdent, en premier lieu, par la détermination d'une solution de départ. Elles effectuent ensuite une recherche dans l'environnement de cette solution pour essayer d'aboutir à un meilleur résultat, d'où le qualificatif et progressif, le terme itératif a été également utilisé pour qualifier les méthodes interactives. Ainsi, ces dernières permettent de modéliser les préférences du décideur de manière séquentielle et itérative. Depuis leur apparition, plusieurs méthodes interactives ont été développées. Nous pouvons en citer quelques-unes: la méthode STEM de Benayoun et Al[11], la méthode GDF de Geoffrion et Al[11], et la méthode du point de référence de Wierzbicki[11].

➤ **Les méthodes de surclassement selon l'approche du surclassement de synthèse:**

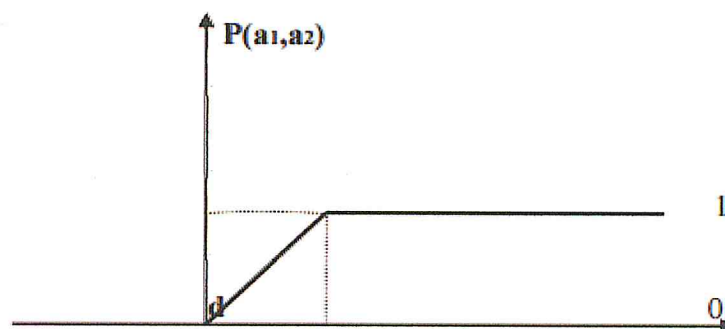
Cette classe de méthodes accepte, selon Roy[11], l'incomparabilité entre les différentes actions. Les méthodes appartenant à cette approche, sont appelées également les méthodes d'agrégation partielle. En effet, les actions sont comparées deux à deux pour pouvoir vérifier l'existence d'une relation de surclassement ou pas. Une fois toutes les actions comparées de cette façon, une synthèse de l'ensemble des relations binaires est élaborée afin d'apporter des éléments de réponse à la situation décisionnelle posée. Il est à souligner qu'en général, ce type de méthodes s'applique aux cas où l'ensemble des actions est fini. Parmi les méthodes de surclassement les plus connues, nous retrouvons la méthode ELECTRE de Roy [11], ainsi que les divers développements qu'elle a connus et la méthode PROMETHEE de Brans. [11]

6 La méthode PROMETHEE

La méthode **PROMETHEE** (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation) a été proposée pour la première fois en 1982 par Jean Pierre Brans[12]. Elle fait partie de la famille des méthodes de surclassement value, pour lequel deux traitements mathématiques particuliers sont proposés: le premier permet de ranger les actions en un pré-ordre partiel et qui mène à l'incomparabilité (méthode **PROMETHEE I**), le second permet de ranger les actions potentielles selon un pré-ordre total (méthode **PROMETHEE II**).

6.1 Critères généralisés et degré de préférence

Consiste à associer à chaque critère g_j une fonction de préférence p_j cette fonction permet de modéliser les préférences du décideur sur le critère g_j . Lorsque deux actions " a_1 " et " a_2 " sont comparées, le résultat de cette comparaison devra être donné sous la forme d'une expression de la préférence appelée la fonction de préférence. Cette fonction traduit l'intensité de préférence de l'action " a_1 " par rapport à l'action " a_2 ".



Cette fonction pourrait être interprétée comme suit [13] :

$P(a_1, a_2) = 0$: indifférence de " a_1 " par rapport à " a_2 " $C_i(a_1) = C_i(a_2)$.

$P(a_1, a_2) \approx 0$: préférence faible de " a_1 " par rapport à " a_2 " $C_i(a_1) > C_i(a_2)$.

$P(a_1, a_2) \approx 1$: préférence forte de " a_1 " par rapport à " a_2 " $C_i(a_1) \gg C_i(a_2)$.

$P(a_1, a_2) = 1$: préférence stricte de " a_1 " par rapport à " a_2 " $C_i(a_1) \gg \gg C_i(a_2)$.

6.2 Types de Critères généralisés

Les méthodes PROMETHEE introduisent six types de critères. Ils se distinguent par la façon dont on déclare qu'une action est meilleure, indifférente ou faiblement préférable à une

autre, Il s'agit d'une information complémentaire importante qui facilite la tâche au décideur [1].

Type I : critère usuel

La fonction type I est généralement employée lorsque les données présentent un caractère discret tel un classement ou ordinal ou encore une valeur de type tout ou rien[1]. Dans ce cas, dès qu'il y a un écart, il y a préférence stricte pour l'action ayant l'évaluation la plus élevée. Si le décideur choisit le type I pour un critère particulier, il ne doit fixer aucun paramètre.

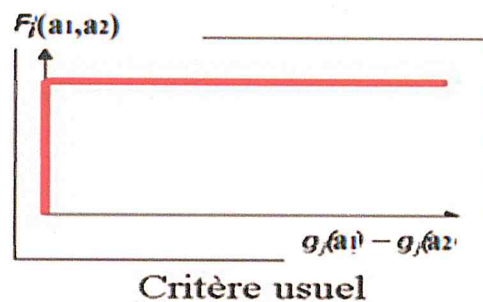


Figure 3 : critère usuel[1].

Type II : quasi-critère (critère en « U »)

La fonction type II est employée lorsque les seuils d'indifférence sont clairement apparents dans les données du problème posé [1]. Les actions a_1 et a_2 sont dans ce cas indifférentes aussi longtemps que l'écart $d_j(a_1, a_2)$ ne dépasse pas un seuil q_j , et au-delà de ce seuil, la préférence est stricte. Ici, il faut fixer le seuil d'indifférence q_j . Ce type de critère provient de la notion de quasi-ordre introduit par Luce D.

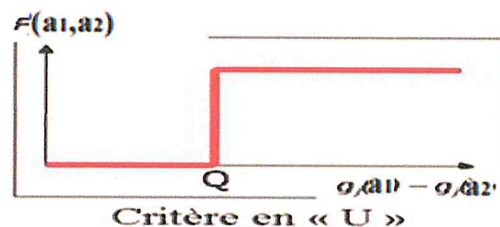


Figure 4: critère en « u » [1].

Type III : critère à préférence linéaire (critère en « v »)

La fonction type III est généralement employée lorsque les données sont telles que les écarts entre elles présentent un caractère continu, ou encore lorsque toutes les valeurs intermédiaires entre les valeurs maximales et minimales de ces écarts sont possibles [1]. Un tel critère, permet au décideur de préférer progressivement a_1 à a_2 en fonction de l'écart observé entre $f_j(a_1)$ et $f_j(a_2)$. Le degré de préférence croît alors jusqu'à ce que le seuil P soit atteint, et au-dessus de ce seuil, la préférence est stricte. Dans ce cas, le seul paramètre à fixer est le seuil de préférence stricte.

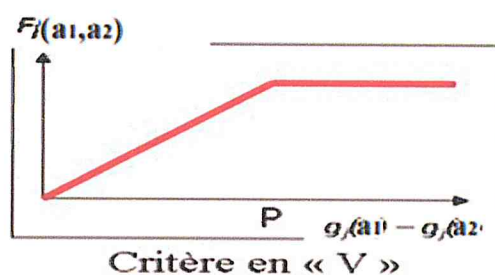


Figure 5: critère en « v » [1].

Type IV : critère à paliers (Pseudo)

La fonction type IV est parfois employée dans des cas d'espèce, en particulier lorsqu'on peut affirmer qu'un candidat n'est à la fois ni strictement préféré à un autre, ni indifférent [1]. Ce candidat caractérisé par un écart donné par rapport à un autre se verra attribuer $\frac{1}{2}$ point. Deux actions a_1 et a_2 sont ici considérées comme indifférentes aussi longtemps que l'écart entre $f_j(a_1)$ et $f_j(a_2)$ ne dépasse pas q_j ; entre q_j et p_j , le degré de préférence est faible, et au-delà de p_j , la préférence devient stricte. Il y a donc ici deux paramètres à fixer.

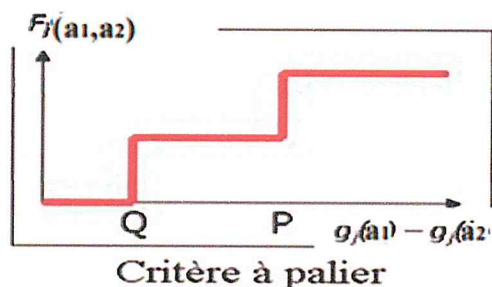


Figure 6: critère à palier [1].

Type V : critère à préférence linéaire avec zone d'indifférence

La fonction type V est employée lorsque les seuils d'indifférence et de préférence stricte sont clairement apparents dans les données du problème multicritère posé [1]. Dans ce cas-ci comme dans le précédent, a_1 et a_2 sont considérées comme indifférentes aussi longtemps que l'écart entre $f_j(a_1)$ et $f_j(a_2)$ ne dépasse pas q_j ; au-delà de ce seuil, le degré de préférence croît linéairement avec d_j jusqu'à atteindre un seuil de préférence stricte à partir de p_j . Ici encore, deux paramètres doivent être fixés.

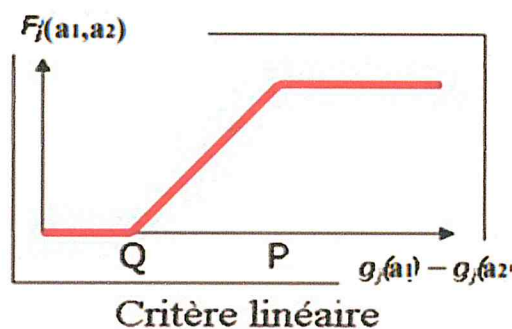


Figure 7 : critère linéaire [1].

Type VI : critère gaussien

La fonction type VI (distribution gaussienne) est la fonction la plus employée dans les applications pratiques et est particulièrement indiquée en cas d'un nombre de candidats suffisamment élevé (en principe minimum 30)[1]. Dans ce cas il convient de calculer l'écart type σ de cette distribution. Dans ce cas, le degré de préférence croît de façon continue en fonction de d_j , un seul paramètre S_j doit être fixé. Pour un écart égal à S_j , on obtient une préférence moyenne (0.39).

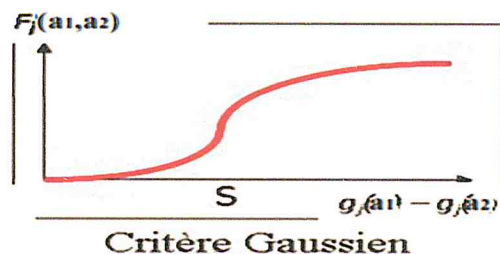


Figure 8: critère gaussien [1].

6.3 Choix du type de critère généralisé

1) **Cas** où les évaluations sont des nombres réels mesurés sur une échelle continue: le **Type V** s'adapte bien à la situation car il fait intervenir une zone de préférence stricte et une zone d'indifférence; et dans le cas où le décideur pense ne pas devoir tenir compte d'une zone d'indifférence, le **type III** s'impose.

2) **Cas** où les données sont qualitatives, mesurées sur une échelle discrète, le **type IV** s'adapte bien à une échelle numérique associée au critère.

3) **Cas** où le décideur veut considérer un degré de préférence positif même si l'écart Entre les deux actions est faible, il peut choisir un critère généralisé de **type I**, et s'il souhaite voir croître ce degré de préférence lorsque l'écart grandit, il adoptera le critère **VI**. [12]

6.4 Choix des seuils

Les significations des seuils d'indifférence q et de préférence stricte p ont une signification claire et ils sont en général choisis assez facilement par le décideur.

Dans le cas d'un critère de **type IV**, le seuil S sera fixé entre q et p , plus proche de q si le décideur souhaite renforcer le degré de préférence pour des petits écarts, et plus proche de p s'il souhaite atténuer la progression du degré de préférence en fonction des écarts observés.[12]

6.5 Détermination des poids de chaque critère

Il convient, une fois les critères fixés, de déterminer les poids qui doivent être associés. A cette fin, plusieurs techniques peuvent être employées, à savoir:

- Le vote pondéré [14] : c'est une méthode d'aide à la décision qui permet la classification de différentes propositions selon un ordre d'importance lors des réunions de groupe de travail.
- La technique Delphi [14]: cette méthode consiste à réunir, de la part de chaque membre d'un groupe, composé d'experts isolés les uns des autres, leur proposition relative aux poids à accorder avec la justification nécessaire. Un coordinateur réunit toutes ces propositions et les transmet ensuite à chaque membre du groupe. Se déroule ensuite un deuxième tour au cours duquel chaque membre revoit sa pondération eu égard aux avis émis par ces collègues.

On constate généralement, après un certain nombre de tours, une convergence des valeurs et l'on obtient ainsi un consensus. La durée élevée de cette technique constitue son handicap majeur. [14]

6.6 Indice de préférence multicritère

on définit un indice de préférence multicritère $\pi(a_1, a_2)$ de a_1 sur a_2 (variant de 0 à 1) en tenant compte de tous les critères, et du poids normalisé ($w_i > 0, i = 1, \dots, k$) associé à chaque critères [14].

$$\pi(a_1, a_2) = \sum w_i * P_i(a_1, a_2)$$

L'indice de préférence multicritère fournit le degré de préférence du décideur pour une action par rapport à une autre tout en envisageant l'ensemble de tous les critères. π définit une relation de préférence, Si $\pi(a_1, a_2)$ est proche de 0 (respectivement 1) nous sommes en présence d'une préférence faible (respectivement forte) de a_1 sur a_2 sur l'ensemble des critères

6.7 Surclassement

La comparaison au sein d'un couple d'actions se fait en utilisant la notion de surclassement. Elle est dénotée par $a_1 Sa_2$. Une action a_1 en surclasse une autre a_2 si :

- a_1 est au moins aussi bonne que a_2 relativement à une majorité de critères,
- et ce sans être trop nettement plus mauvaise relativement aux autres critères [1].

6.7.1 Flux de surclassement

Les flux multicritères sont la combinaison linéaire des flux uni-critères. .

Les flux entrant et sortant sont introduits pour permettre la construction d'un pré-ordre partiel sur l'ensemble des actions en acceptant que des actions soient incomparables (même performance) [1].

6.7.1.1 Le flux de surclassement sortant

Considérons :

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x),$$

Ce flux exprime le caractère surclassant de l'action a face aux (n -1) autres actions, c'est à dire sa puissance. $\Phi^{+(a)}$ est d'autant plus grand que a surclasse fortement les autres actions [15].

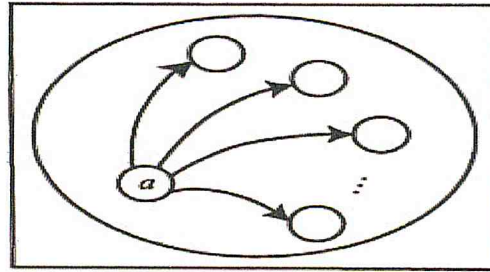


Figure 9: Flux de surclassement sortant[15].

6.7.1.2 Le flux de surclassement entrant

Considérons :

$$\Phi^{-}(a) = \frac{1}{n - 1} \sum_{x \in A} \pi (x,a) .$$

Ce flux exprime le caractère surclassé de l'action a face aux (n -1) autres actions, c'est à dire sa faiblesse. $\Phi^{-}(a)$ est d'autant moins grand que a est peu surclassé. [16]

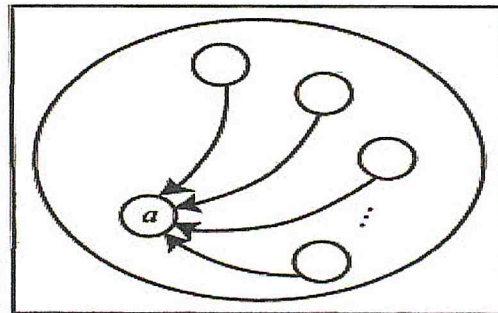


Figure 10: Flux de surclassement entrant[16].

6.7.1.3 Le flux de surclassement net

Considérons :[17]

$$\Phi(a) = \Phi^{+(a)} - \Phi^{-}(a)$$

Le flux net exprime le bilan des flux entrant et sortant de l'action a. Plus $\Phi(a)$ est grand, l'action est meilleur.

6.8 Exploitation de la valeur de la relation de surclassement

6.8.1 La méthode PROMETHEE I: rangement partiel

La méthode PROMETHEE I propose un pré-ordre partiel (permet l'incomparabilité) défini comme suit : [18]

- «a1 surclasse a2 » ou «a1 est préférable à a2» :

$$\begin{array}{l}
 a_1 S^+ a_2 \\
 a_1 I^+ a_2 \\
 a_1 S^- a_2 \\
 a_1 I^- a_2
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \longleftrightarrow \\
 \longleftrightarrow \\
 \longleftrightarrow \\
 \longleftrightarrow
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 \Phi^+(a_1) > \Phi^+(a_2) \\
 \Phi^+(a_1) = \Phi^+(a_2) \\
 \Phi^-(a_1) < \Phi^-(a_2) \\
 \Phi^-(a_1) = \Phi^-(a_2)
 \end{array} \right.$$

- « a1 est indifférent à a2 » :

$$a_1 I a_2 \longleftrightarrow \left\{ \begin{array}{l}
 \Phi^+(a_1) = \Phi^+(a_2) \\
 \Phi^-(a_1) = \Phi^-(a_2)
 \end{array} \right.$$

- Sinon a1 et a2 sont incomparables.

6.8.2 La méthode PROMETHEE II : rangement complet:

PROMETHEE II établit un classement sans incomparabilité : cette méthode calcule la qualification des actions (puissance moins faiblesse) puis établit un classement sans incomparabilité, selon l'ordre des qualifications. [19]

$$\begin{array}{l}
 a_1 P a_2 \\
 a_1 I a_2
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \longleftrightarrow \\
 \longleftrightarrow
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 \Phi(a_1) > \Phi(a_2) \\
 \Phi(a_1) = \Phi(a_2)
 \end{array} \right.$$

6.8.3 La différence entre Prométhée I et II:

La différence entre les méthodes Prométhée I et II se trouve dans les différences de rangement des actions. Les deux méthodes ont le même cheminement initial, mais leurs buts sont différents. Prométhée I permet de dégager des relations partielles de classement; alors que Prométhée II fournit un classement de toutes les actions.

- Pour la méthode **Prométhée I**, quatre relations sont fixées entre les actions [20]:

a1 P⁺ a2 si et seulement si $\Phi^+(a1) \geq \Phi^+(a2)$ (a1 domine plus d'action que a2).

a1 P⁻ a2 si et seulement si $\Phi^-(a1) \leq \Phi^-(a2)$ (a1 est dominé par moins d'action que a2).

a1 I⁺ a2 si et seulement si $\Phi^+(a1) = \Phi^+(a2)$ (a1 et a2 dominent autant d'action).

a1 I⁻ a2 si et seulement si $\Phi^-(a1) = \Phi^-(a2)$ (a1 et a2 sont dominées par autant d'actions).

On considère alors que **a1 surclasse a2** si:

a1 P⁺ a2 et **a1 P⁻ a2**, ou;

a1 P⁺ a2 et **a1 I⁻ a2**, ou;

a1 I⁺ a2 et **a1 P⁻ a2**.

a1 sera indifférent à a2 si:

a1 I⁺ a2 et **a1 I⁻ a2**.

Dans tous les autres cas, **a1** et **a2** seront **incomparables**.

On peut alors tracer un graphe de dominance entre les solutions, et on pourra en déduire un classement des actions en différents groupes d'actions à performances équivalentes.

- Pour la méthode **Prométhée II**, on dira que [21]:

a1 surclasse a2 si et seulement si :

$\Phi(a1) \geq \Phi(a2)$.

a1 est indifférente à a2 si et seulement si :

$\Phi(a1) = \Phi(a2)$

On en déduira de même un graphe de dominance, qui permettra de dégager un classement des actions.

7 Conclusion

Nous avons vu, dans ce chapitre, les différentes notions essentielles de la prise de décision, ainsi que les méthodes disponibles qu'offre l'aide multicritère à la décision qui vise à fournir au décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution de problèmes décisionnels faisant intervenir plusieurs points de vue généralement contradictoires. Une des méthodes dont nous avons présenté est la méthode PROMETHEE qui a pour objective de construire via un système de préférences floues, un classement des actions des meilleures aux moins bonnes. Ce classement étant un pré-ordre partiel (préférence stricte, indifférence et incomparabilité) pour PROMETHEE I, et un pré-ordre complet (indifférence et préférence stricte) pour PROMETHEE II. Dans le chapitre suivant, nous présentons des notions fondamentales sur les notations de modélisation : DMN (Decision Model Notation) ainsi que le BPMN (Business Process Model and Notation).



Chapitre II: Notions de modélisation

Introduction

La nouvelle notation DMN (Decision Model and Notation) a été conçue pour compléter le BPMN (Business Process Model and Notation) et permet de séparer les préoccupations entre la décision et le processus métier [22]. Dans ce chapitre nous aborderons premièrement l'approche DMN, qui est une norme de notation des règles de décision dans la gestion des processus métier, elle est utilisée pour la description et la modélisation des décisions [22]. Nous présenterons ensuite le standard BPMN, qu'est un langage graphique pour la description de workflow (Business Processus modelling and Notation) [24]. Nous introduirons leurs concepts, éléments de base nécessaire pour la création d'un diagramme ainsi que les outils existant pour l'utilisation du BPMN.

1 Modèle de décision et de notation (Decision Model and Notation(DMN))

Un standard proposé par l'OMG (Object Management Group) : DMN (Decision Model and Notation) [22]. Ce modèle permet la formalisation abstraite de modèles de décision [23]. Le but de DMN est de fournir les constructions qui sont nécessaires pour modéliser les décisions, de sorte que la prise de décision organisationnelle peut être facilement représentée dans les diagrammes, définis avec précision par les business analystes, et (éventuellement) automatisés.

2 L'utilisation de DMN

L'objectif principal de DMN est de fournir une notation commune facile à comprendre par tous les utilisateurs du métier, à partir des besoins des analystes métier pour créer les exigences de la décision initiale, puis des modèles de décision plus détaillées, pour les développeurs techniques chargés d'automatiser les décisions dans les processus, et enfin, pour les personnels de métier qui permettront de gérer et de contrôler ces décisions[22]. DMN crée un pont standardisé pour l'écart entre la conception de la décision du métier et l'implémentation de la décision. La notation DMN est conçue pour être utilisable aux côtés de la notation des processus métier de la norme BPMN.

La modélisation de décision est réalisée par des analystes du métier dans le but de comprendre et de définir les décisions utilisés dans une entreprise ou une organisation [22]. Ces décisions sont généralement les décisions opérationnelles prises dans les processus métier au jour le jour, plutôt que la prise de décisions stratégiques pour lesquels il existe quelques règles et représentations.

Trois utilisations du DMN peuvent être distinguées dans ce contexte :

- **Pour modéliser la prise de décision humaine.**
- **Pour modéliser les exigences relatives à la prise de décision automatisée.**
- **Pour la mise en œuvre prise de décision automatisée.**

Pour la modélisation de la prise de décision humaine

DMN peut être utilisé pour modéliser les décisions prises par le personnel au sein d'une organisation. La prise de décision humaine peut être décomposée en un graphe de décisions constitutives interdépendantes, et modélisée à l'aide d'un DRD (Decision Requirements Diagrams). Les décisions du DRD peuvent probablement être décrites à un niveau assez élevé, en utilisant le langage naturel plutôt que la logique de décision [22].

Pour la modélisation des exigences en matière de prise de décision automatisée

L'utilisation de DMN pour la modélisation des exigences en matière de prise de décision automatisée est similaire à son utilisation dans la modélisation de la prise de décision humaine, sauf qu'elle est entièrement normative plutôt que descriptive, et elle met davantage l'accent sur la logique de décision détaillée [22]. Pour l'automatisation complète des décisions, la logique de décision doit être complète, c'est à dire capable de fournir un résultat de décision pour chaque ensemble possible de valeurs des données d'entrée.

Pour implémenter le processus décisionnel automatisé.

Si toutes les décisions et les modèles de connaissances métier sont entièrement spécifiés en utilisant la logique de décision, il devient possible d'exécuter des modèles de décision.

3 Le niveau des exigences de décision (Decision Requirements Graph DRG)

Correspond au graphe des exigences de décision (Decision Requirements Graph DRG) représenté dans un ou plusieurs diagrammes des exigences de décision (Decision Requirements Diagrams) (DRDs). Un DRG représente un domaine de prise de décision, indiquant les éléments importants impliqués et les dépendances entre elles. Les éléments modélisés sont les décisions, les domaines de connaissance de l'entreprise, et les données en entrée [22].

Un DRD montre les relations entre plusieurs décisions, les données d'entrée, et les modèles de connaissances métier. Un exemple d'un DRD avec deux décisions est représenté dans figure 11.

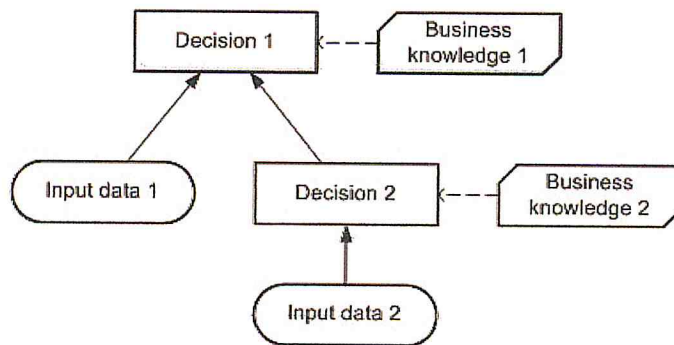


Figure 11. Un diagramme des exigences de décision simple (DRD) [22]

3.1 Les éléments de base d'un DRD

Le modèle de DMN, peut être dessiné en utilisant les **Exigences** et les quatre **éléments** graphiques: Input Data, Business Knowledge, Decision and KnowledgeSource (ce dernier est optionnel et il est utilisé pour citer des références externes)[23]. Tandis que Les autres sont obligatoires dans le but de décrire le niveau des exigences de décision, le tableau N° 2 décrit ces éléments :

Composant		La description	Notation
Elements	Decision	Une décision dénote l'acte de déterminer une sortie à partir d'un certain nombre d'entrées, en utilisant la logique de décision qui peut faire référence à une ou plusieurs modèles de connaissance.	
	Modèle de connaissance métier	Un modèle de connaissance métier dénote une fonction d'encapsulation connaissance métier, ex : comme règles métier, tableau de décision, modèle analytique ou algorithme.	


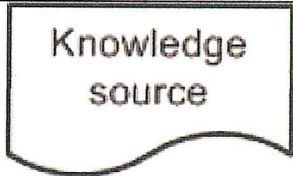



	Données d'entrée	Un élément de donnée d'entrée dénote l'information utilisée comme entrée par une ou plusieurs décisions. Lorsqu'il est inclus à l'intérieur d'un modèle de décision, il dénote les paramètres pour le modèle de décision.	
	Source de connaissance	Une source de connaissance dénote une autorité pour le modèle de connaissance métier ou décision.	
Exigences	Exigence d'information	Une exigence d'information dénote une donnée en entrée ou en sortie d'une décision.	
	Exigence de connaissance	Une exigence de connaissance dénote le modèle d'invocation.	
	Exigence d'autorité	Une exigence d'autorité dénote la source de la connaissance.	

Tableau 2: Decision Requirements Diagram elements[22]

4 Niveau décision logique

Les composants du niveau des exigences de décision d'un modèle de décision peuvent être décrits comme le sont au-dessus, en utilisant seulement les concepts métier [22]. Ce niveau de description est souvent suffisant pour l'analyse métier d'un domaine de prise de décision, pour identifier les décisions métier compliquées, leur interrelation, l'espace de connaissance métier, les données requises par eux, et les sources de connaissance métier [22]. Au niveau de la décision logique, chaque décision dans le DRG est définie en utilisant une **valeur d'expression ou un algorithme** qui spécifie comment les sorties des décisions sont déterminées à partir des entrées [22]. Au niveau de la logique de décision, la décision est

considérée comme une évaluation de l'expression. La valeur de l'expression peut être notée en utilisant une **expression encadrée** comme le montre la figure 12.

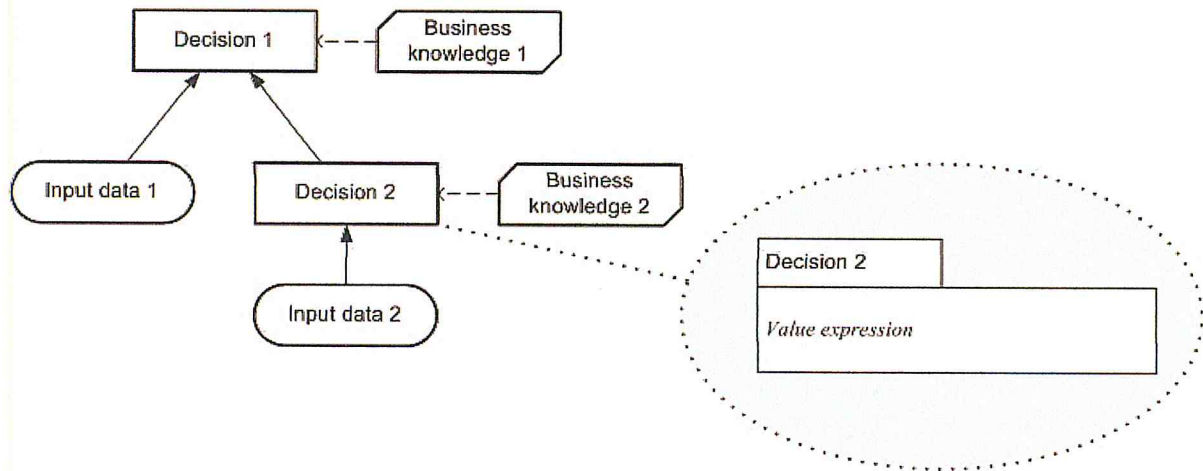


Figure 12: Exemple d'une décision et la valeur d'expression correspondante [22]

5 Business Process Modeling Notation (BPMN)

La mise en œuvre d'une ingénierie des processus métier nécessite l'utilisation d'une technologie de soutien facilitant la modélisation, l'exécution et l'optimisation des procédures. La spécification Business Process Model and Notation a émergé comme une norme internationale pour la modélisation des processus métier.[24] C'est l'un des développements les plus importants dans l'histoire du Business Process Management et il a le potentiel d'unifier les pratiques BPM de la même manière qu'UML a unifié le génie logiciel. L'objectif de BPMN selon l'OMG est :

« De fournir une notation qui est facilement compréhensible par tous les utilisateurs professionnels, des analystes métier qui créent la version initiale du processus, aux développeurs techniques chargés de l'application de la technologie qui va exécuter ces processus, et finalement, les personnes qui permettront de gérer et de contrôler ces processus. Ainsi, BPMN crée un pont standardisé pour l'écart entre la conception des processus d'affaires et l'implémentation des processus. » [24]

6 Les éléments BPMN en quatre catégories

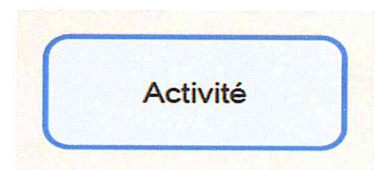
La spécification du BPMN 2.0 est longue, dense et complexe. Elle est abordée de manière simple en organisant les éléments selon plusieurs catégories représentée dans ci-dessous : [25]

A) Éléments de workflow :

Chacun de ces éléments propose plusieurs types qui peuvent être connectés dans une séquence [25].

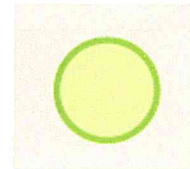
- **Activities (activités) :**

Tâches qui peuvent être réalisées par un humain, un système ou un sous-processus. Une activité peut être simple (atomique) ou composée (sous processus).



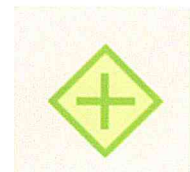
- **Events (événements) :**

Un événement est un fait survenant durant l'exécution du processus métier affectant généralement la suite du déroulement, il est utilisé pour débiter ou finir un processus et gérer des actions spécifiques au cours de celui-là.



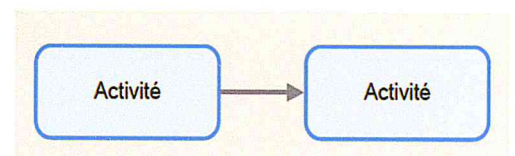
- **Gateways (Branchements/portes)**

Utilisés pour dissocier ou réunir des flux du processus. Ils sont représentés sous la forme d'un losange.



- **Sequence flow (flux séquentiel) :**

Utilisés pour montrer la progression du flux. Il est représentée par une flèche continue entre les activités d'un même pool et montre dans quel ordre les activités seront menées.



B) Eléments d'organisations

Ils incluent les piscines et lignes d'eau. Ce sont des conteneurs pour le flux de processus [25].

- **Pools (piscines/Bassins)**

Contient un processus unique et complet. Il sépare les différentes organisations, il contient une ou plusieurs voies.

Un workflow ne peut pas sortir d'une piscine : il convient de transférer les actions ou les données d'un processus/pools à un autre en utilisant les événements.

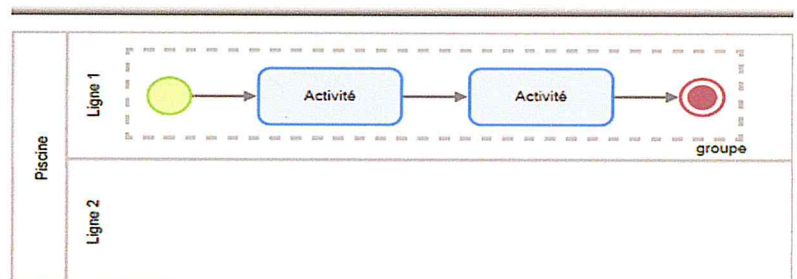
- **Swimlanes (lignes d'eau)**

Utilisée pour organiser et classer les activités au sein d'un pool selon la fonction ou le rôle.

Un workflow peut franchir les lignes d'eau comme si elles n'existaient pas. Elles ont une fonction purement organisationnelle.

- **Groups (groupes)**

Permet de regrouper visuellement plusieurs tâches et de leur ajouter un commentaire.

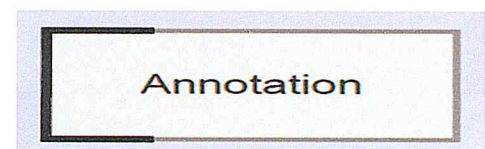


C) Éléments de lisibilité

Ils incluent les annotations et les liens. Ces éléments servent à faciliter la lisibilité du processus. Ils sont sans effet sur l'exécution du processus [25].

- **Annotations**

Une annotation permet d'ajouter un commentaire spécifique à un élément du processus pour donner davantage d'explications, notamment pour les débutants.



- **Liens(Links)**

Ils permettent de couper un processus devenu trop long et de continuer sur une autre ligne.

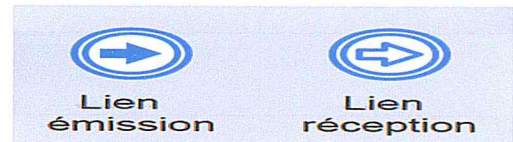


D) Comportement spécifique

Ils incluent les évènements, les boucles et les corrélations. Ces éléments nous permettent d'exécuter un processus se comportant de manière complexe [25].

- **Messages et message flow**

Utilisés pour transférer une action ou une donnée d'un processus / pool à un autre et de les relier.



- **Signaux**

Utilisés pour envoyer des données à plusieurs activités simultanément.



- **Corrélation**

Les corrélations sont utilisées pour coordonner l'avancement de deux instances.



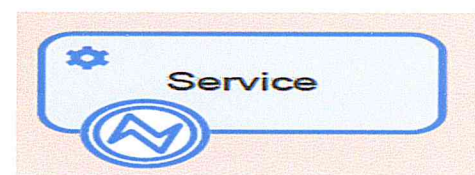
- **Minuteries (timers)**

Utilisées pour démarrer périodiquement des activités ou pour vérifier qu'une activité s'est déroulée dans un délai défini.



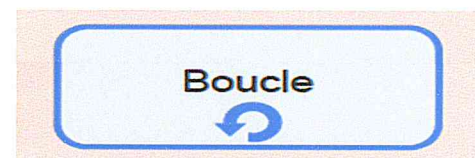
- **Erreurs**

Utilisées pour définir le comportement lorsque le système rencontre une erreur technique.



- **Boucles (repeating)**

Utilisées pour rééditer un comportement comme lancer des tâches multiples ou répéter une même tâche plusieurs fois.



-De manière simple, les tâches représentent une action effectuée par un humain ou un service informatique. Ces actions sont liées entre elles par des flèches de connexion, nommées flux de séquence, qui représentent le cours du processus. Les portes représentent des points de jonction où le flux se divise en chemins parallèles ou conditionnels. Enfin des « événements » représentent toute chose se produisant et influençant le déroulement du flux (début, pause, fin, arrêt, erreur, attente de signal etc.). Tous ces éléments sont ensuite placés dans des bassins /pools représentant les limites du processus. Ce bassin est divisé en lignes représentant les acteurs du dispositif. Nous pouvons voir qui effectue quoi en regardant dans quel couloir se situe la tâche. Ce fonctionnement est illustré avec l'exemple de la figure suivante.

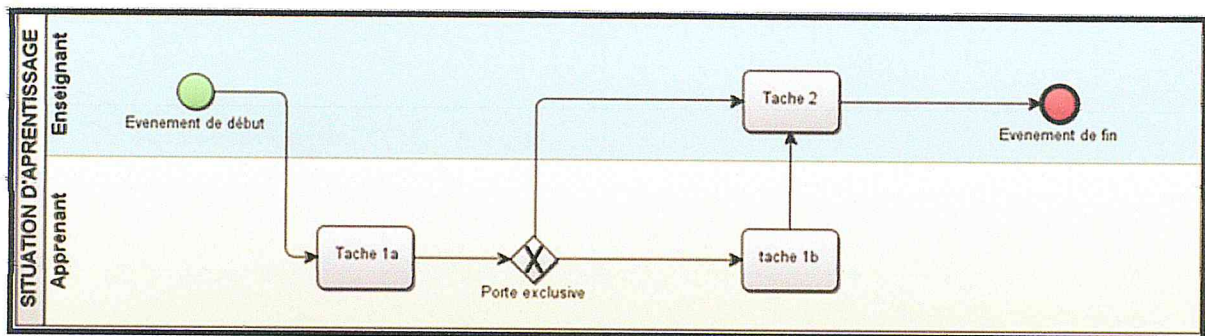


Figure 13:Exemple illustrant le fonctionnement de BPMN "Situation d'apprentissage"[24]

7 Outils de modélisation

Il existe plus de 60 outils pour la modélisation BPMN selon l'OMG leur qualité est très diverse. Le choix d'un modélisateur BPMN s'effectue sur : [24]

- Son respect du standard. Niveau de conformité avec BPMN 2.0 (respecter les types de conformité niveau 1 et 2).
- Sa plateforme d'utilisation (Windows, Linux, Mac), le choix de pouvoir être utilisé directement en ligne (cloud) ou hors-ligne (standalone).
- Son statut commercial, gratuit, open-source etc.
- La puissance de ces fonctionnalités (validateur de diagramme, simulateur)
- Son interopérabilité. Les fonctionnalités d'import/export des diagrammes en différents formats.

Nous présentons quelques modélisateurs gratuits respectant le standard BPMN 2.0 dans le tableau ci-dessous:

Outils	Descriptions
BIZAGI Process Modeler	Un des logiciels leader pour la modélisation BPMN conforme à la norme 2.0, stable relativement puissant. Ce modélisateur est gratuit, disponible en plusieurs langues.
Yaoqiang Process editor 3. 0	Programme de modélisation très léger, sans installation. Validation de la syntaxe en temps réel + outil de simulation. Yaoqiang est projet gratuit et open source.
Petals BPM	Cet outil fait partie du projet Petals ESB dont l'objectif est de fournir une plateforme de développement SOA complète en ligne (cloud service). Petals BPM est encore au stade expérimental mais est déjà utilisable en ligne ou en standalone.
Aris Express	Un outil puissant (mais lourd) de modélisation BPMN 2.0 disponible sous toutes plateformes. Aris express permet la modélisation d'autre type de langage lié à l'approche BPM. Enfin il permet l'export PDF, EMF, PNG, JPEG.
Rigrr BPMN editor	Rigrr est un projet de modélisateur BPMN 2.0 en ligne basé sur la technologie HTML 5. En fonctionnant sans communication serveur il peut être utilisé hors-ligne. Il est léger simple d'utilisation et en conformité avec BPMN 2.0 niveau 1. Il permet l'import de diagramme BPMN 2.0 par simple copier/coller du code XML.

Tableau 3: les outils de modélisation BPMN [24]

8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé la nouvelle notation des problèmes de décision qui est le DMN, ce dernier est standardisé par OMG. Le DMN inclut deux niveaux : le niveau des besoins de décision et le niveau logique de la décision. Ainsi nous avons présenté la notation BPMN (business process model and notation) en tant que langage graphique de modélisation pédagogique qui permet de représenter rapidement les fonctions métiers sous la forme d'un diagramme.

Dans le chapitre suivant, nous allons développer la conception du système SIAD, en utilisant ces notations de modélisation (DMN et BPMN).



Chapitre III: Solution proposée

Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter la démarche de développement de notre projet en parcourant les trois phases d'analyse : Analyse métier, analyse du système d'information, analyse de la décision ainsi que diagrammes associés à chaque phase et nous présenterons par la suite la conception globale et détaillée du système en terminant par la phase de réalisation.

1. Phase d'analyse

Cette phase consiste à étudier le système d'information, établir le modèle métier, et de trouver des solutions aux problèmes décisionnels. Elle se compose du modèle de cas d'utilisation, BPMN et des notations DMN . Le modèle du cas d'utilisation permet la formalisation des besoins des utilisateurs associés aux différents acteurs interagissant avec le système. Le modèle BPMN permet la description des différents scénarios de réalisation des cas d'utilisations. A la fin, le DMN décrit la conception des solutions des décisions.

1.1 analyse métier

Cette étape représente les processus du modèle métier, les flux, les rôles impliqués, Nous utilisons le diagramme de BPMN pour modéliser l'aspect métier.

Processus d'appel d'offre

Un appel d'offre est une procédure dans laquelle un commanditaire (ou maître d'ouvrage) expose sa demande afin de recevoir des réponses sous forme d'offres. Cette demande peut être matérielle, logistique ou encore humaine.

L'homme d'étude (expert) filtre et trie les soumissions, définit les critères, Choisit les seuils et poids pour chaque critères.

L'homme d'étude exécute le classement en utilisant la méthode de surclassement Prométhée cette dernière va procéder aux rangements et classements des soumissions de celle qui satisfait au mieux à celle qui correspond le moins.

Ensuite vient le rôle du décideur pour valider ce classement.

A la fin du processus et après avoir validé le résultat, Le maitre d'ouvrage informe les fournisseurs sélectionnés ceux qui répondent le mieux aux attentes.

L'appel d'offre passe par plusieurs opérations : des mouvements physiques et des opérations logiques ; les interactions entre les acteurs du système et les tâches qu'ils effectuent représentent les processus métiers de base. Dans notre système de « l'appel d'offre » on a déduit un processus qui se focalise sur l'aspect décisionnel. Pour représenter les processus métiers nous utilisons la notation BPMN (Business Process Modelling Notation) qui est illustrée dans la figure suivante qui représente le traitement de l'appel d'offre (figure 14).

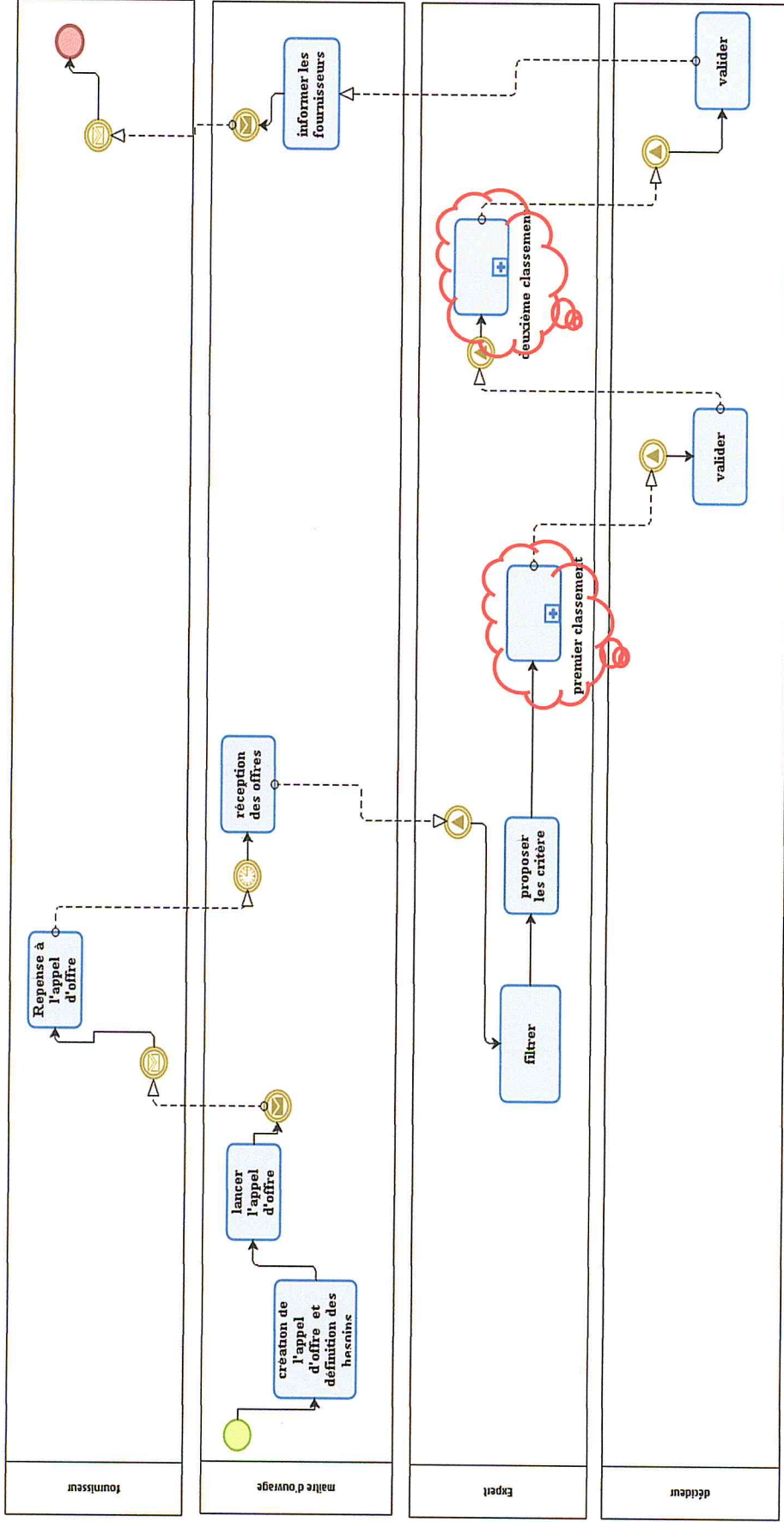


Figure 14: le traitement du processus global d'appel d'offre.

1.2 Analyse du système d'information

Dans cette étape, notre besoin débute par la détermination des différents acteurs du système ainsi que les besoins de chaque acteur via le diagramme de cas d'utilisation pour décrire de manière exhaustive les exigences fonctionnelles du système.

a. Acteurs

Les principaux acteurs du système sont:

Maitre d'ouvrage : c'est un agent dans l'entreprise, responsable du lancement des appels d'offre.

Fournisseur : il répond aux appels d'offre et fait les soumissions.

Expert (homme d'étude): c'est un expert dans le domaine d'aide à la décision.

Décideur: c'est le responsable de la prise de décision.

b. Cas d'utilisation

Le système doit permettre de réaliser une analyse multicritère pour le choix d'une meilleure soumission .la figure ci-dessous présente le diagramme de cas d'utilisation de ce système, ses deux grandes fonctions sont la gestion des appels d'offre, la réponse aux appels d'offre et l'application de la méthode de décision pour le classement des soumissions (**figure 15**).

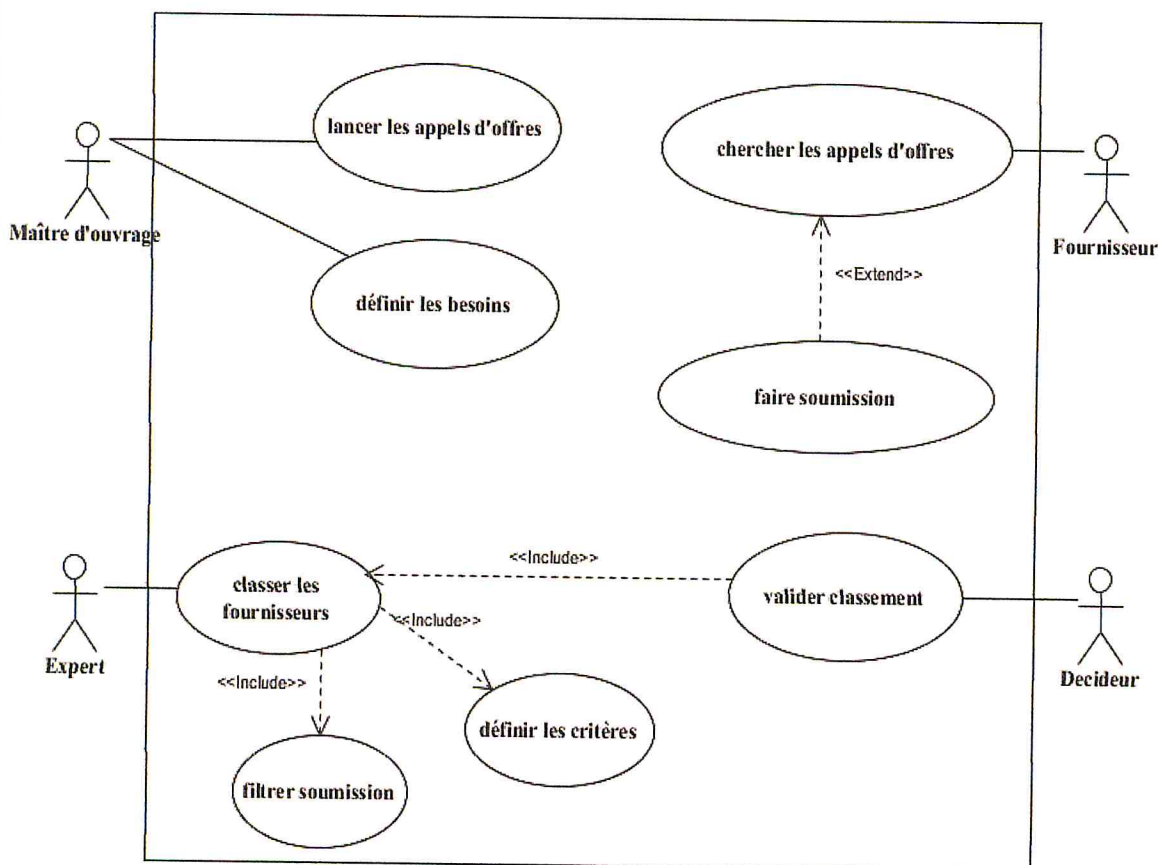


Figure 15: Diagramme de cas d'utilisation du système.

- Description textuelle du cas d'utilisation: «définir les critères»

Acteur principal : L'utilisateur expert.

Pré-condition : L'expert doit être connecté au serveur et identifié.

Post-condition : Les données concernant les critères sont enregistrées dans la base de données

Scénario nominal

1. Le système affiche l'appel d'offre.
2. L'expert sélectionne l'article.
3. L'expert ajoute les critères avec l'ensemble de données spécifiés à chacun.
4. L'expert valide.
5. Le système enregistre les données.

Exception

Un message d'erreur est affiché le cas échéant.

- **Description textuelle du cas d'utilisation: «définir les besoins»**

Acteur principal : Maitre d'ouvrage

Pré-condition : Maitre d'ouvrage doit être connecté au serveur et identifié.

Post-condition : Les données concernant les besoins sont enregistrées dans la base de données

Scénario nominal :

1. Le système affiche un menu .
2. Le Maitre d'ouvrage saisit le nom d'appel d'offre, nom de l'article, la quantité, date début et date fin de la soumission.
3. Le Maitre d'ouvrage valide
4. Le système enregistre les besoins définis.

Exception

Un message d'erreur est affiché le cas échéant.

- **Description textuelle du cas d'utilisation: «faire soumission»**

Acteur principal : L'utilisateur fournisseur.

Pré-condition : Le fournisseur doit être connecté au serveur et identifié.

Post-condition : Les données concernant la soumission sont enregistrées dans la base de données.

Scénario nominal

1. Le système affiche le formulaire de soumission.
2. Le fournisseur remplit les données avec l'ensemble des informations nécessaires à la soumission.
3. Le fournisseur valide la soumission.

Exception

S'il a déjà fait une soumission pour le même article un message de refus sera affiché.

- **Description textuelle du cas d'utilisation: «Filtrer soumission»**

Acteur principal : L'utilisateur expert.

Pré-condition : L'expert doit être connecté au serveur et identifié.

Post-condition : Les données concernant la soumission sont enregistrées dans la base de données.

Scénario nominal

1. Le système affiche le formulaire de soumission.
2. L'expert lance le processus de filtrage.
3. Le système vérifie si le fournisseur a déjà fait une soumission pour le même article.
4. Le système vérifie la date de fin de soumission.
5. Le système vérifie la quantité.
6. Le système refuse la soumission.

Exception

Un message d'erreur est affiché le cas échéant.

- **Description textuelle du cas d'utilisation: «valider classement»**

Acteur principal : L'utilisateur décideur.

Pré-condition : Décideur doit être connecté au serveur et identifié.

Post-condition : Les données concernant le résultat du classement sont enregistrées dans la base de données.

Scénario nominal

1. Décideur vérifie le bon déroulement de la procédure de classement.
2. Le système affiche le résultat du classement.

3. le Décideur valide le résultat du classement.

Exception

Un message d'erreur est affiché le cas échéant

- **Description textuelle du cas utilisation « classer les fournisseurs »**

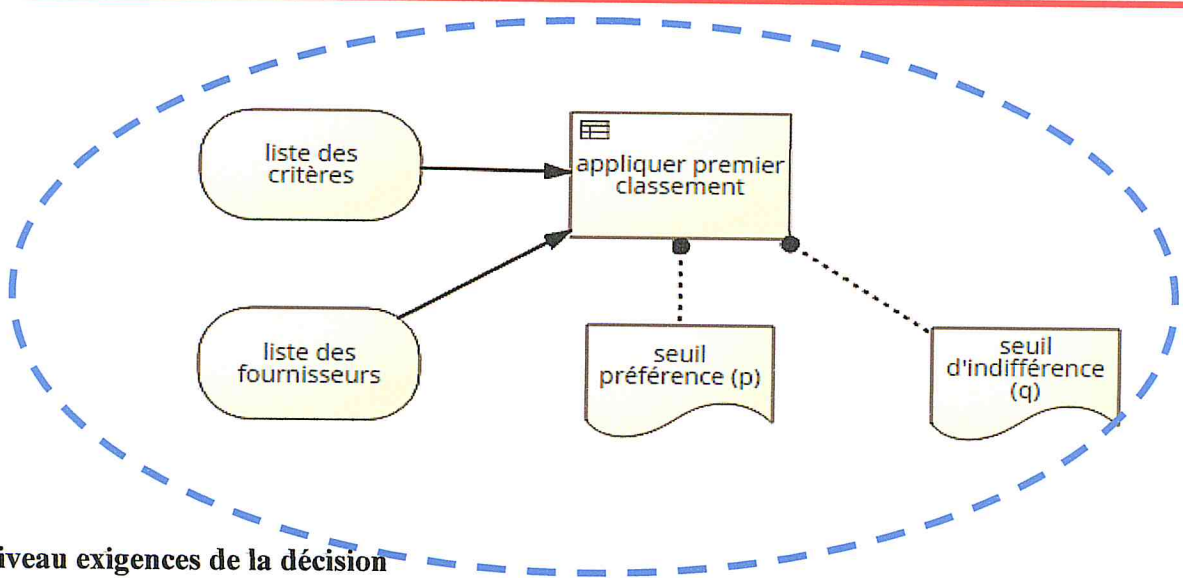
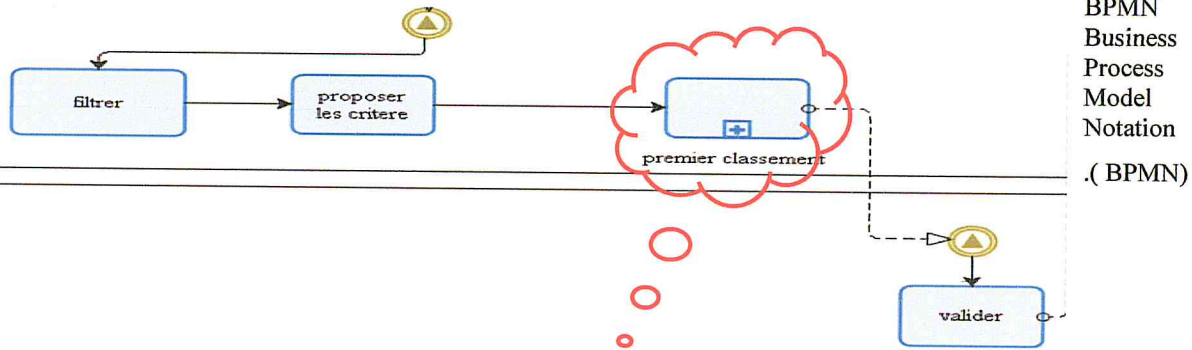
Classer fournisseur, se décompose en deux phases : le premier classement et le deuxième classement des fournisseurs, ces derniers seront expliqués dans le titre qui suit par la notation DMN qui est utilisée pour la description et la modélisation des décisions.

1.3 Analyse de la décision

C'est l'identification de tous les points de décisions et la description de la solution de chaque problème.

Après le diagramme de cas d'utilisation et le BPMN. Et à partir du processus de l'appel d'offre, nous avons deux problèmes de décisions qui sont : le premier classement et le deuxième classement des soumissions.

1.3.1 Décision 1: le premier classement des fournisseurs



Algorithme de Prométhée 1 (poids W , le seuil q , le seuil p , Critère).

- 1: Calculer le degré de préférence P selon les six types de la méthode Prométhée
- 2 : Calculer les degrés de surclassement π (Indice de préférence multicritère);
- 3: Calculer le flux de surclassement (flux sortant, flux entrant)
- 4 : exécuter le rangement partiel (Prométhée 1)

Niveau logique de la décision

Figure 16 : premier classement des fournisseurs

Présentation de l'algorithme PROMETHEE 1:

Algorithme Promethee1 (poids w , seuil P , seuil I , critère G);

Début

Selon " type " faire

Cas 'vrai critère' : {si $G_i(a_1) > G_j(a_2)$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'quasi critère' : { si $G_i(a_1) - G_j(a_2) > q$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'critère linéaire' : {si $G_i(a_1) - G_j(a_2) > p$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon si $0 < G_i(a_1) - G_j(a_2) \leq p$ alors $P(a_1, a_2) = (G_i(a_1) - G_j(a_2))/p$

Sinon si $G_i(a_1) - G_j(a_2) \leq 0$ alors $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'critère a palier' : {si $G_i(a_1) - G_j(a_2) > p$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon si $q < G_i(a_1) - G_j(a_2) \leq p$ alors $P(a_1, a_2) = 1/2$

sinon $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'critère linéaire avec indifférence' :

{si $G_i(a_1) - G_j(a_2) > p$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon si $q < G_i(a_1) - G_j(a_2) \leq p$ alors $P(a_1, a_2) = (G_i(a_1) - G_j(a_2) - q)/(p - q)$

Sinon $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'critère gaussien' : { $p(a, b) = 1 - \exp(-(G_i(a_1) - G_j(a_2))^2 / 2\sigma^2)$ } ;

Fin selon ;

$$\pi(a_i, a_k) = \sum_{i=1}^n w P(a_1, a_2); \quad /*\text{degrés de surclassement} */$$

$$Q1(a) = 1/(n-1) * \sum_{j=1}^n P(a_2, a_1) \quad ; /*\text{flux sortants } Q1(a) */$$

$$Q2(a) = 1/(n-1) * \sum_{j=1}^n P(a_2, a_1) \quad ; /*\text{flux entrants } Q2(a) */$$

/*Rangement partiel (Résultat classement)*/

si (($Q1(a) > Q1(a_2)$) \wedge ($Q2(a_1) \leq Q2(a_2)$)) \vee (($Q1(a_1) \geq Q1(a_2)$) \wedge ($Q2(a_1) < Q2(a_2)$)))

alors écrire ("a1 P a2") ;

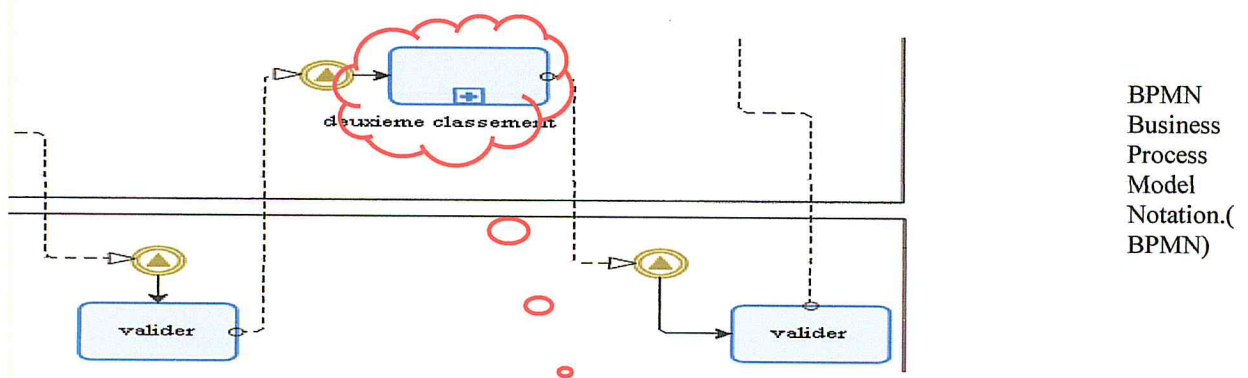
sinon si (($Q1(a_1) = Q1(a_2)$) \wedge ($Q2(a_1) = Q2(a_2)$))

Alors écrire ("a1 I a2") ;

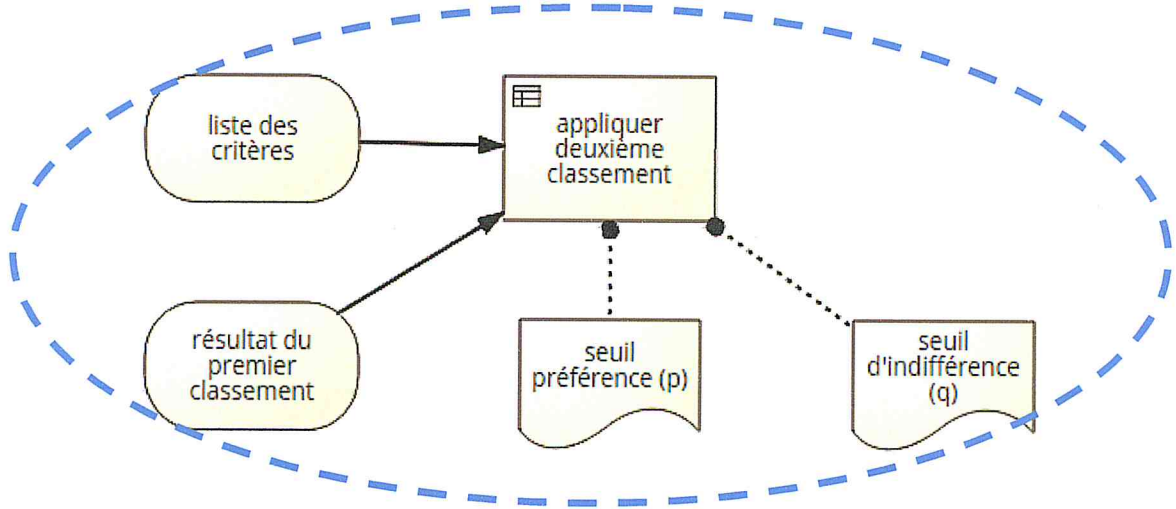
Sinon écrire ("a1 J a2") ;

Fin

1.3.2 Décision 2: le deuxième classement des fournisseurs



Decision Model Notation DMN



Niveau exigences de la décision

- Algorithme de Prométhée 2** (le poids, le seuil q, le seuil p, Critère G).
- 1: Calculer le degré de préférence selon les six types de la méthode Prométhée
 - 2 : Calculer les degrés de surclassement (Indice de préférence multicritère);
 - 3: Calculer le flux de surclassement (flux sortant, flux entrant, flux net)
 - 4 : exécuter le rangement complet(Prométhée 2)

Niveau logique de la décision

Figure 17 : deuxième classement des fournisseurs.

Présentation de l'algorithme PROMETHEE 2:

Algorithme Promethee2 (poids w , seuil P , seuil I , critère G);

Début

Selon " type " faire

Cas 'vrai critère' : {si $G_i(a_1) > G_j(a_2)$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'quasi critère' : { si $G_i(a_1) - G_j(a_2) > q$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'critère linéaire' : {si $G_i(a_1) - G_j(a_2) > p$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon si $0 < G_i(a_1) - G_j(a_2) \leq p$ alors $P(a_1, a_2) = (G_i(a_1) - G_j(a_2))/p$

Sinon si $G_i(a_1) - G_j(a_2) \leq 0$ alors $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'critère a palier' : {si $G_i(a_1) - G_j(a_2) > p$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon si $q < G_i(a_1) - G_j(a_2) \leq p$ alors $P(a_1, a_2) = 1/2$

sinon $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'critère linéaire avec indifférence' :

{si $G_i(a_1) - G_j(a_2) > p$ alors $P(a_1, a_2) = 1$

Sinon si $q < G_i(a_1) - G_j(a_2) \leq p$ alors $P(a_1, a_2) = (G_i(a_1) - G_j(a_2) - q)/(p - q)$

Sinon $P(a_1, a_2) = 0$ } ;

Cas 'critère gaussien' : { $p(a, b) = 1 - \exp(-((G_i(a_1) - G_j(a_2))^2 / 2\sigma^2))$ } ;

Fin selon ;

$$\pi(a_1, a_2) = \sum_{i=1}^n w P(a_1, a_2); \quad /* \text{degrés de surclassement} */$$

$$Q_1(a) = 1/(n-1) * \sum_{j=1}^n P(a_1, a_2); \quad /* \text{flux sortants } Q_1(a) */$$

$$Q_2(a) = 1/(n-1) * \sum_{j=1}^n P(a_2, a_1); \quad /* \text{flux entrants } Q_2(a) */$$

$$Q(a) = Q_1(a) - Q_2(a) \quad ; \quad /* \text{flux net } Q(a) */$$

/*Rangement complet (Résultat deuxième classement)

si ($Q(a_1) > Q(a_2)$)

alors écrire (" $a_1 P a_2$ ") ;

sinon si ($Q(a_1) = Q(a_2)$)

alors écrire (" $a_1 I a_2$ ") ;

Fin

2 Conception globale du SIAD

Dans cette phase nous présentons notre architecture qui prend en charge le processus d'aide à la décision. L'architecture proposée ci-dessous est composée de trois modules : module « base de donnée », module « initialisation », et le module « calcule ».

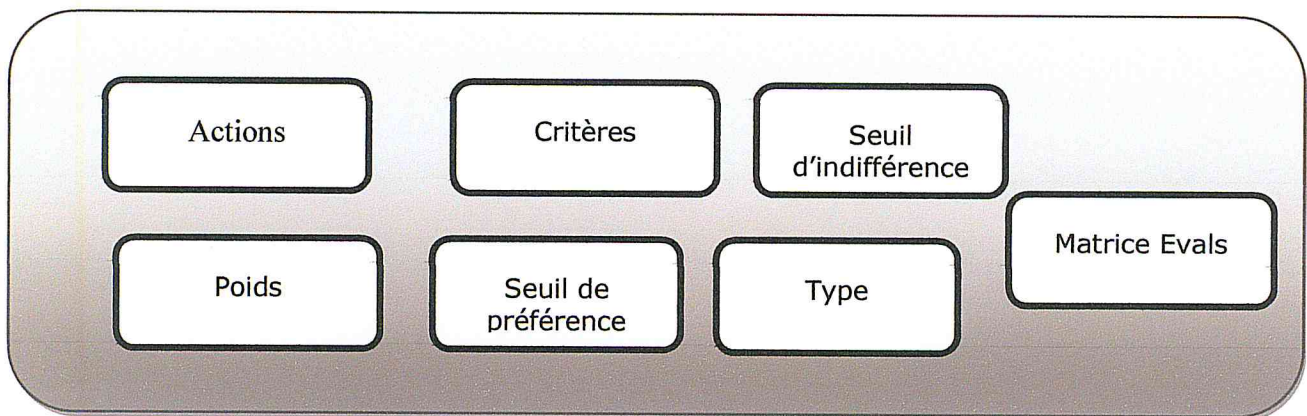
Cette architecture doit permettre de prendre en considération le processus métier de l'entreprise et certain problèmes décisionnel exprimés par Prométhée. Elle est ainsi séparée en trois modules, comme suit :

- Le module 1 « **base de Données** » : il contient les processus métier exécuté dans l'entreprise
- Le module 2 « **Modules d'initialisation** » : permettent d'initialiser les différentes structures de données qui seront utilisées dans le module calcule
- Le module 3 « **Modules de calcule** » : contient les modules dont les valeurs de sortie sont des résultats d'un calcul.

La figure suivante illustre l'architecture globale de notre SIAD :



Module 3 : Modules de calcul



Module 2 :Modules d'initialisation



Module 1 : module base de donnée

Figure 18 : l'architecture de notre solution.

3 Conception détaillée du SIAD

La Conception détaillée a donc pour objet de définir les différents modules nécessaires à la réalisation de la méthode de surclassement « Prométhée »

3.1 Description module « BDD »

Nous utilisons le diagramme de classe qui représente la structure statique de notre système en faisant abstraction des aspects techniques (informatiques) qui se poseront lors de la réalisation. Il met en évidence les classes du système avec les relations qui les associent.

La figure n° 19 montre les différentes classes du module 1 « BDD » :

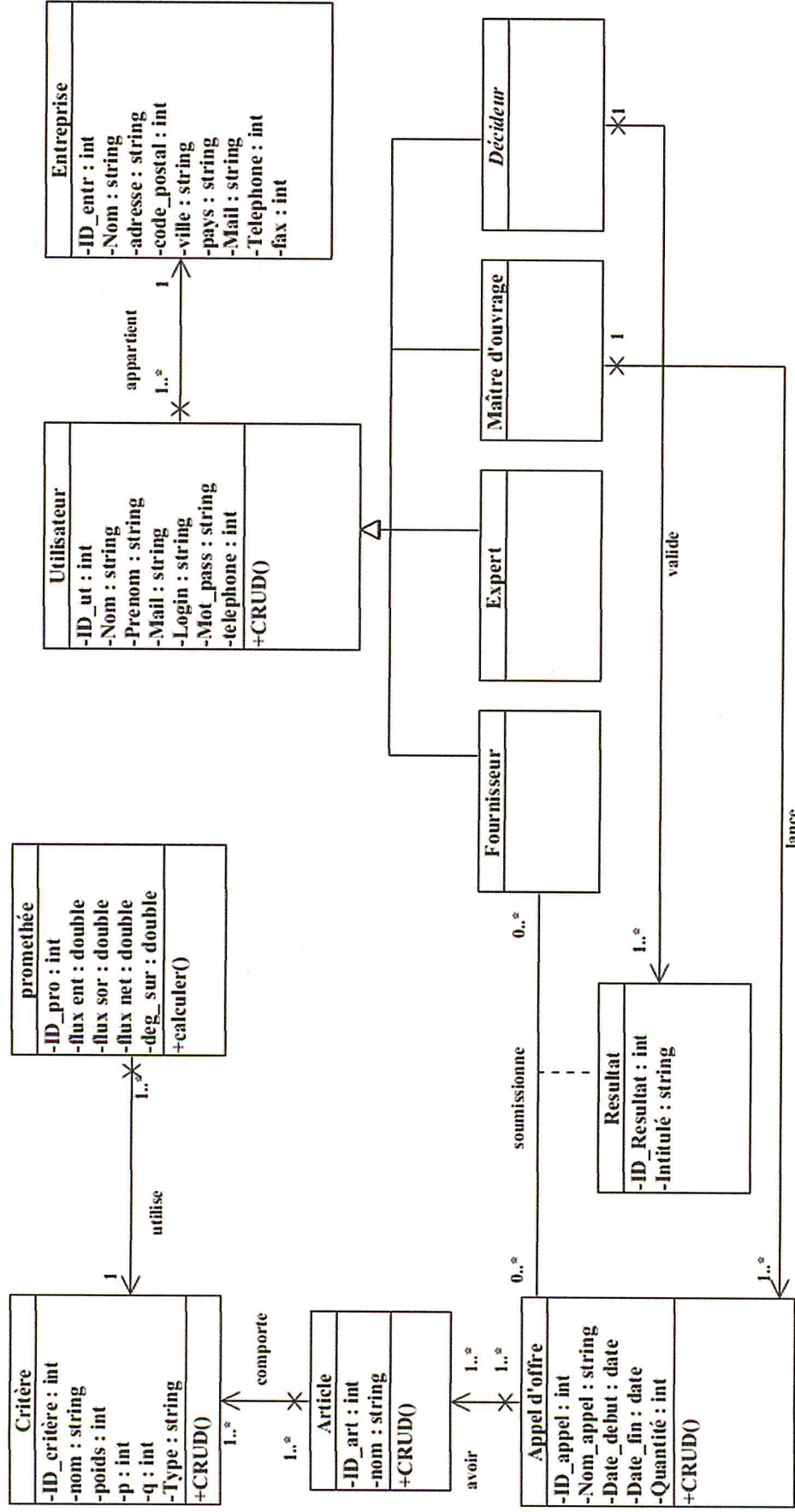


Figure 19 : Diagramme de classe du système.

Le tableau suivant présente une description détaillée des classes :

Classes	Attributs/Méthodes	Rôles des attributs/méthodes
Critère	Attributs: ID_critère nom poids p q Type Méthodes: créer () modifier () supprimer () lire ()	Identifiant du critère Nom du critère poids du critère seuil de préférence seuil d'indifférence type critère généralisé créer un critère modifier un critère supprimer un critère lire un critère
Resultat	Attributs: ID_Resultat Intitulé	Identifiant du résultat
Utilisateur	Attributs: ID_ut Nom Prenom Mail Login Mot_pass Telephone Méthodes: créer () modifier () supprimer () Lire()	Identifiant de l'utilisateur Nom de l'utilisateur Prénom de l'utilisateur L'adresse mail de l'utilisateur Pseudo de l'utilisateur Mot de passe de l'utilisateur Téléphone de l'utilisateur Créer un utilisateur Modifier un utilisateur Supprimer un utilisateur Lire un utilisateur

<p>Entreprise</p>	<p>Attributs: ID_entr Nom adresse code_postal ville pays Mail téléphone fax</p>	<p>Identifiant de l'entreprise Nom de l'entreprise Adresse de l'entreprise Code postal de l'entreprise Ville de l'entreprise Pays de l'entreprise Adresse mail de l'entreprise Numéro téléphone de l'entreprise Numéro Fax de l'entreprise</p>
<p>Appel d'offre</p>	<p>Attributs: ID_appel Nom_appel Date_debut Date_fin Quantité Méthodes: Créer() Modifier() Supprimer() Lire ()</p>	<p>Identifiant de l'appel d'offre Nom de l'appel d'offre Date début de soumissionnement Date fin de soumissionnement Quantité créer un appel d'offre modifier un appel d'offre supprimer un appel d'offre lire un appel d'offre</p>
<p>Article</p>	<p>Attributs: ID_art nom Méthodes: Créer() Modifier () Supprimer() Lire ()</p>	<p>Identifiant de l'article Nom de l'article créer un article modifier un article supprimer un article lire un article</p>

Tableau 4 :Description des classes

3.2 Modules d'initialisation

Les modules suivants permettent d'initialiser les différentes structures de données qui seront utilisées ultérieurement.

- **Actions**

INPUT : utilisateur

$A(n) \longleftarrow \left\{ \text{action1, action2, \dots, action}_i, \text{action}_n \right\}$

OUTPUT : $A(n)$

Ce module permet à l'utilisateur d'entrer les différentes actions. Par la même occasion, le nombre d'actions potentielles est initialisé.

- **Critères**

INPUT : utilisateur

$F(m) \longleftarrow \left\{ f_1, f_2, \dots, f_j, \dots, f_m \right\}$; la famille cohérente de critères.

OUTPUT : $C(m)$

Ce module permet à l'utilisateur d'entrer les différents critères. Par la même occasion, le nombre de critères est initialisé.

- **Poids**

INPUT : utilisateur; Critères(m)

$j \in \text{Critères}(m)$

$W[f_j] \longleftarrow$ le poids du critère f_j .

OUTPUT : $W(m)$

Ce module permet à l'utilisateur d'entrer la valeur du poids associé à chaque critère.

- **Type**

INPUT : utilisateur; Critères(m), type

Vrai critère	Type 1 : p et $q = 0$.			
Pré critère	Type 2 : $p =$ valeur, $q = 0$.			
Quasi critère	Type 3 : $q =$ valeur, $p = 0$.			
Pseudo critère	<table> <tr> <td rowspan="2">}</td> <td>Type 4 : p et $q =$ valeur.</td> </tr> <tr> <td>Type 5 : p et $q =$ valeur.</td> </tr> </table>	}	Type 4 : p et $q =$ valeur.	Type 5 : p et $q =$ valeur.
}	Type 4 : p et $q =$ valeur.			
	Type 5 : p et $q =$ valeur.			

OUTPUT : Type

Ce module permet à l'utilisateur d'entrer le type associé à chaque critère.

- **Seuils de Préférence**

INPUT : utilisateur; Critère(m)

$1 \leq j \leq m$; f_j est le $j^{\text{èmes}}$ critère.

$P[c_j] \leftarrow$ Valeur du seuil de préférence pour le critère f_j

OUTPUT : $P(m)$

Ce module permet à l'utilisateur d'initialiser le vecteur contenant la valeur du seuil de préférence pour chaque critère.

- **Seuils Indifférence**

INPUT : utilisateur; Critère(m)

$1 \leq j \leq m$; c_j est le $j^{\text{èmes}}$ critère.

$Q [f_j] \leftarrow$ Valeur du seuil d'indifférence pour le critère f_j

OUTPUT : $Q(m)$

Ce module permet à l'utilisateur d'initialiser le vecteur contenant la valeur du seuil d'indifférence pour chaque critère.

- **MatriceEvals**

INPUT : utilisateur; Actions(n); Critères(m)

$a_i \in$ Actions(n) et $f_j \in$ Critères(m)

$M[ai][fj]$ ← L'évaluation de l'action a_i par rapport au critère f_j

OUTPUT : $M (n \times m)$

Ce module permet d'initialiser la matrice des évaluations. Les lignes de cette matrice représentent les actions, les colonnes représentent les critères, la valeur introduite à la ligne a_i et la colonne f_j représente l'évaluation de l'action a_i par rapport au critère f_j .

4.3 Modules de calcul

Contrairement à la section précédente qui présentait uniquement les modules d'initialisation, ici nous présentons les modules dont les valeurs de sortie sont des résultats d'un calcul.

- **concordanceParCritere () / Fonction de préférence**

INPUT : seuilIndif. , seuil Préf, type, MatriceEvals, critère, action1, action2

q = seuil Indif.

p = seuil Pref

f = critère

$a1$ = action1

$a2$ = action2

M = Matrice Evals

C = valeur numérique

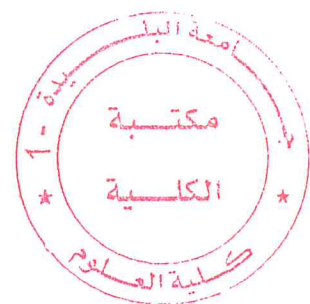
Selon le type :

Type 1: vrai-critère

$$P_{f_j}[a_i][a_k] = \begin{cases} 1 & \text{si } g_{f_j}(a_i) > g_{f_j}(a_k) \\ 0 & \text{si } g_{f_j}(a_i) \leq g_{f_j}(a_k) \end{cases}$$

Type 2 : quasi-critère

$$P_{f_j}[a_i][a_k] = \begin{cases} 1 & \text{si } g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) > q_j \\ 0 & \text{si } g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) \leq q_j \end{cases}$$



Type 3 : critère à préférence linéaire

$$P_{f_j}[a_i][a_k] = \begin{cases} 1 & \text{si } g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) > p_j \\ \frac{g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k)}{q_j} & \text{si } 0 < g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) \leq p_j \\ 0 & \text{si } g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) \leq 0 \end{cases}$$

Type 4 : pseudo-critère

$$P_{f_j}[a_i][a_k] = \begin{cases} 1 & \text{si } g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) > p_j \\ 1/2 & \text{si } q_j < g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) \leq p_j \\ 0 & \text{si } g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) \leq q_j \end{cases}$$

Type 5 : critère à préférence linéaire avec zone d'indifférence

$$P_{f_j}[a_i][a_k] = \begin{cases} 1 & \text{si } g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) > p_j \\ \frac{g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k)}{p_j - q_j} & \text{si } q_j < g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) \leq p_j \\ 0 & \text{si } g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k) \leq q_j \end{cases}$$

Type 6 : critère Gaussian

$$P_{f_j}[a_i][a_k] = EXP\left(\frac{g_{f_j}(a_i) - g_{f_j}(a_k)}{-2\sigma^2}\right)$$

avec σ = écart-type

OUTPUT : C

Ce module reçoit comme paramètre d'entrée : le seuil d'indifférence, les seuil de préférence, la matrice des évaluations, les deux actions à comparer ainsi que le critère associé avec son type.

Selon le type associé à chaque critère, une comparaison est faite entre la valuation de la première et deuxième action. Cet indice de concordance (résultat) vaut 1 si la première action est préférée à la deuxième, 0 dans le cas contraire.

- **ConcordanceGlobale () /degré de surclassement**

INPUT : Seuil Préf(m), Seuil Indif(m), Matrice Evals (n × m), Critère(m), Action(n), Poids(m)

$P = \text{Seuil Pref}(m)$

$Q = \text{Seuil Indif}(m)$

$F = \text{Critère}(m)$

$A = \text{Actions}(n)$

$W = \text{Poids}(m)$

$M = \text{Matrice Evals}(n \times m)$

$Dc() = \text{le module DisconcordanceParCritere}()$

$$W_j = \sum_{j=1}^n [W_j]$$

$$\forall a_i, a_k \in A$$

$$\pi[a_i][a_k] = \sum_{j=1}^n W_j \cdot Dc(Q[f_j], P[f_j], M, F[f_j], a_i, a_k)$$

OUTPUT : $\pi(n \times m)$

Ce module reçoit comme paramètre d'entrée : le vecteur des seuils d'indifférences, le vecteur des seuils de préférences, la matrice des évaluations, le vecteur des actions potentielles, le vecteur des critères ainsi que le vecteur des poids pour les critères.

La somme des poids des critères pondéré par l'indice de concordance par critère est calculée. Le rapport des deux nous donne, pour chaque couple (a_i, a_k) , la valeur de la concordance globale (degrés de surclassement).

- **FluxSortant**

INPUT: Degrés de Surclassement($n \times m$), Actions(n)

$A = \text{Actions}(n)$

$\pi = \text{Degrés de Surclassement}(n \times m)$

$$\phi^+(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{a_k \in A} \pi(a_k, a_i)$$

OUTPUT : $\phi^+(a_i)$

Comme paramètres d'entrée, nous avons une matrice représentant le surclassement d'un couple d'actions potentielles ainsi que le vecteur des actions potentielles.

Nous calculons pour chaque action la somme des valeurs de sa ligne dans la matrice. Ainsi, nous obtenons une valeur indiquant la force du surclassement de l'action par rapport aux autres, plus la valeur est grande, plus l'action est un bon candidat.

- **FluxEntrant**

INPUT : Degrés de Surclassement ($n \times m$), Actions(n)

$A = \text{Actions}(n)$

$\pi = \text{Degrés de Surclassement } (n \times m)$

$$\phi^-(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{a_k \in A} \pi(a_i, a_k)$$

OUTPUT : $\phi^-(a_i)$

Comme paramètres d'entrée, nous avons une matrice représentant le surclassement d'un couple d'actions potentielles ainsi que le vecteur des actions potentielles.

Nous calculons pour chaque action la somme des valeurs de sa colonne dans la matrice. Ainsi, nous obtenons une valeur indiquant la faiblesse du surclassement de l'action par rapport aux autres, plus la valeur est grande, plus l'action est un mauvais candidat.

- **Flux Net**

INPUT : Flux Entrant(n); Flux Sortant(n)

$$\phi^+(a_i) = \text{Flux Sortant}(n)$$

$$\phi^-(a_i) = \text{Flux Entrant}(n)$$

$$\forall a_i \in A$$

$$\Phi(a_i) = \Phi^+(a_i) - \Phi^-(a_i)$$

OUTPUT : $\Phi(a_i)$

Comme paramètres d'entrée nous avons un vecteur représentant le flux entrant et un autre vecteur pour le flux sortant.

La valeur de sortie est aussi un vecteur. Ce vecteur représente la différence entre les deux flux.

- **Cheminement de modules**

La figure n°20 présente le cheminement associé à l'élaboration de la méthode PROMETHEE. Ce diagramme se lit de haut en bas, les liens sont des liens de dépendances, c'est à dire qu'un lien descendant du module A vers le module B signifie que B a besoin de A pour continuer.

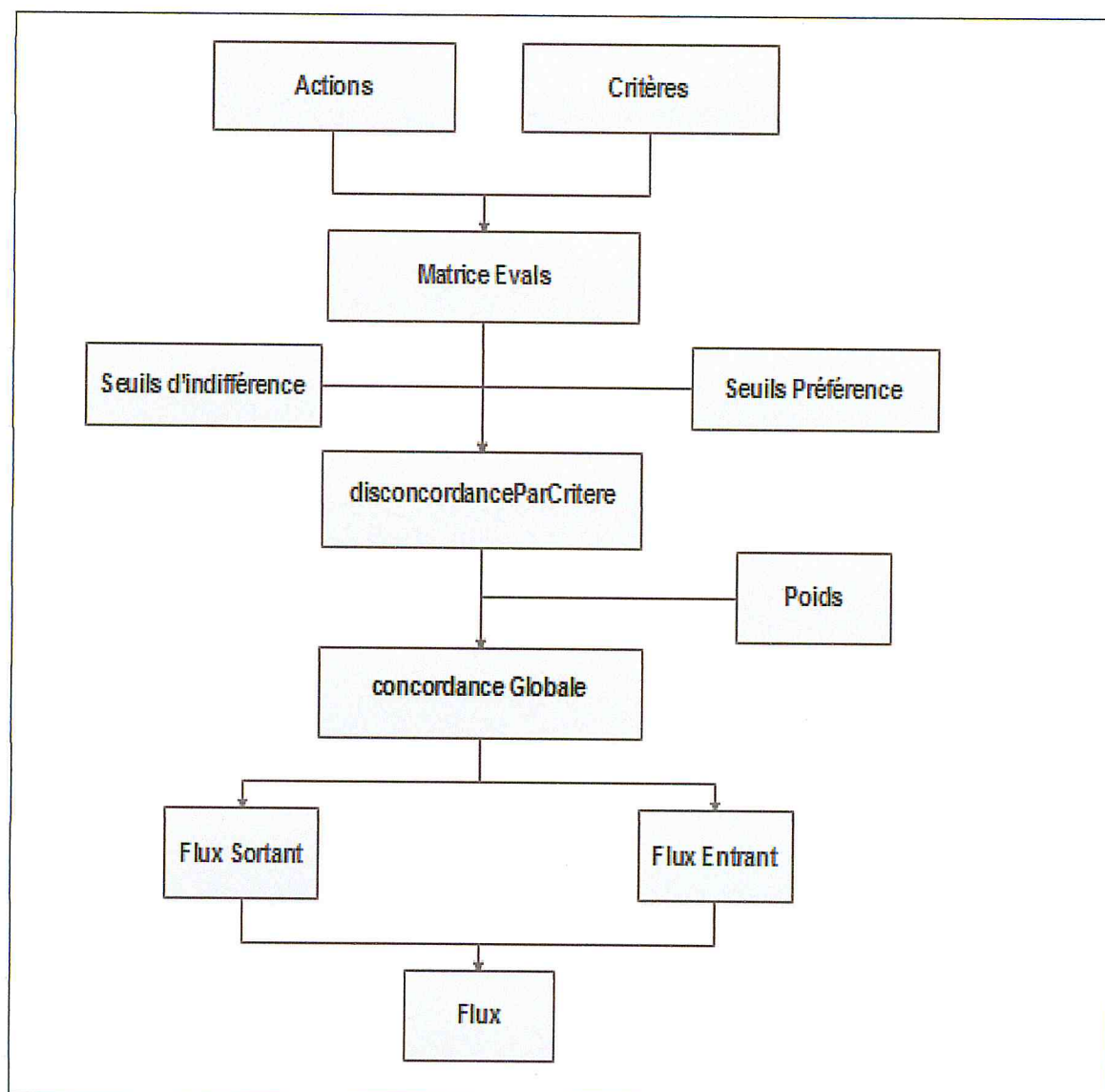


Figure 20 : Cheminement de Prométhée

4 Phase Réalisation du SIAD

Nous présentons dans cette phase les différents choix techniques présents dans le cadre de notre projet de fin d'étude, pour réaliser notre solution.

4.1 Choix technique

➤ Environnement de développement :netbeans

Notre choix s'est fait sur NetBeans qui est un environnement de développement intégré (EDI), placé en open source par Sun en juin 2000. En plus de Java, NetBeans permet également de supporter différents autres langages, comme Python, C, C++, JavaScript, XML, Ruby, PHP et HTML. Il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (éditeur en couleur, projets multi-langage, refactoring, éditeur graphique d'interfaces et de pages Web). Sa conception est complètement modulaire : Tout est module, même la plateforme. Ce qui fait de Netbeans une boîte à outils facilement améliorable ou modifiable.



➤ Le choix d'un système de gestion de base de données :XAMPP

Le système de gestion de base de données que nous avons choisi est XAMPP qui est un ensemble de logiciels permettant de mettre en place facilement un serveur Web, un serveur FTP et un serveur de messagerie électronique. Il s'agit d'une distribution de logiciels libres (X Apache MySQL Perl PHP) offrant une bonne souplesse d'utilisation, réputée pour son installation simple et rapide. Ainsi, il est à la portée d'un grand nombre de personnes puisqu'il ne requiert pas de connaissances particulières et fonctionne, de plus, sur les systèmes d'exploitation les plus

répandus. Il est distribué dans différentes bibliothèques logicielles qui élargissent la palette des services de façon notable : OpenSSL, Expat (parseur XML), PNG, SQLite, zlib, ... ainsi que différents modules Perl et Tomcat.



➤ Langage de développement

Le langage **Java** est un langage de programmation informatique orienté objet, il est issu des recherches menées par Sun Microsystems.

Le langage Java exploite abondamment la syntaxe des langages C et C++ et est de ce fait, relativement facile à apprendre si on connaît déjà ces langages. Il est fourni avec un très grand nombre de classes (composants logiciels) permettant des réalisations rapides sa notoriété initiale est liée au succès d'Internet (des pages Web) par l'intermédiaire des Applets - même si, cet aspect est devenu aujourd'hui extrêmement marginal. Java est un langage à part entière qui permet de réaliser des applications complexes indépendantes du Web. Les Applets permettent d'insérer des programmes à l'intérieur d'une page Web.

4.2 Démonstration

Dans ce qui suit, nous allons décrire les fonctionnalités des différentes interfaces qui constituent notre application. En effet, notre système est décomposé de quatre acteurs qui partagent la même interface d'accueil.

L'accueil : Le lancement de l'application conduit l'utilisateur à l'interface suivante :

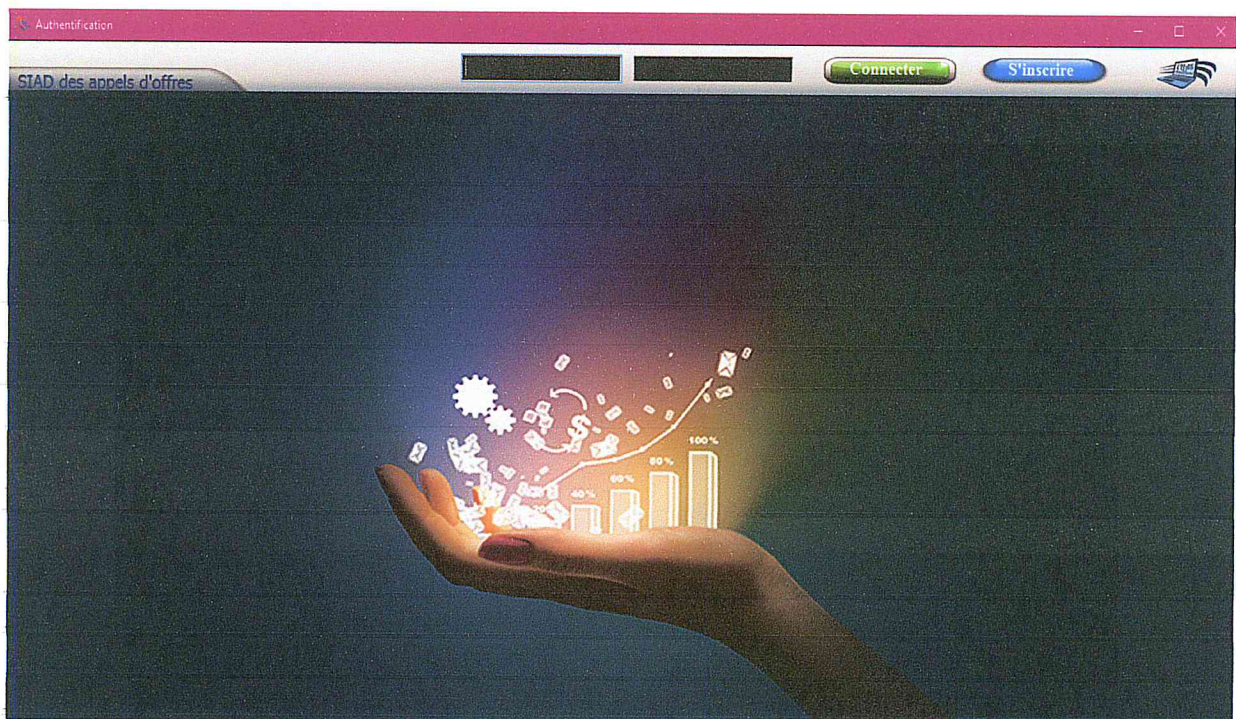


Figure 21: interface d'accueil.

Pour commencer l'exploitant doit se connecter à son espace réservé par une saisie de ses coordonnées, une fois le système a vérifié les coordonnées, l'exploitant se dirige vers son espace de travail.

Espace maitre d'ouvrage : Cet espace est réservé au maitre d'ouvrage il lui permet d'effectuer les opérations suivantes :

La création de l'appel d'offre, la définition des articles et des critères, et enfin le lancement de ce dernier. Il peut également consulter la liste des fournisseurs qui ont effectué la soumission.

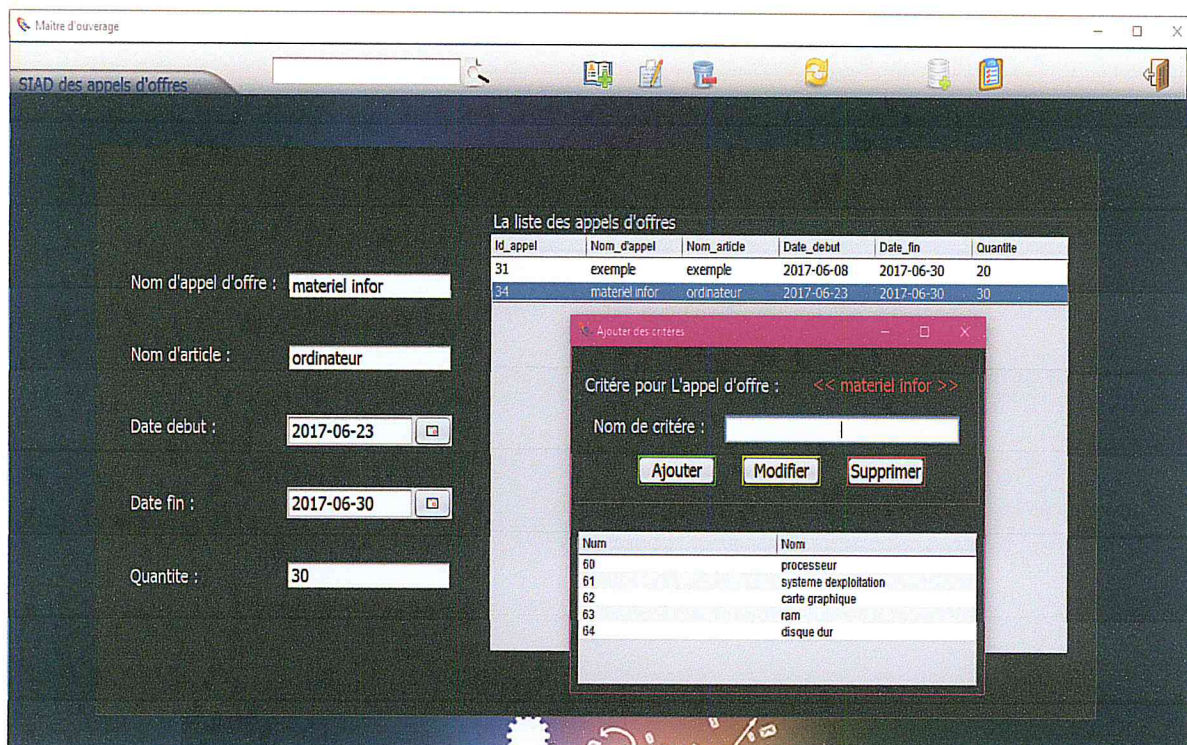


Figure 22: interface du maitre d'ouvrage.

Espace fournisseur : le fournisseur remplit le Formulaire d'inscription illustré dans la figure 23, Après l'authentification, apparaît l'interface où les fournisseurs accèdent à la liste des offres pour soumettre leurs propositions (figure 24).

- Inscription des fournisseurs

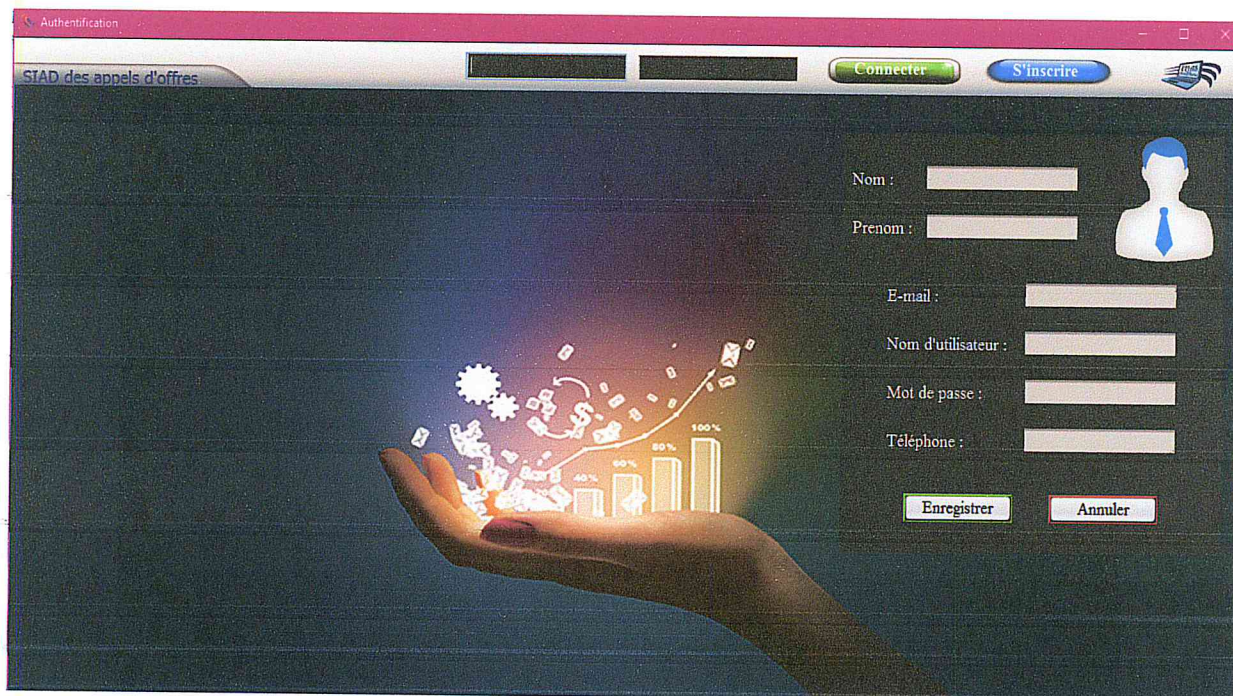


Figure 23: interface authentication.

- Soumission

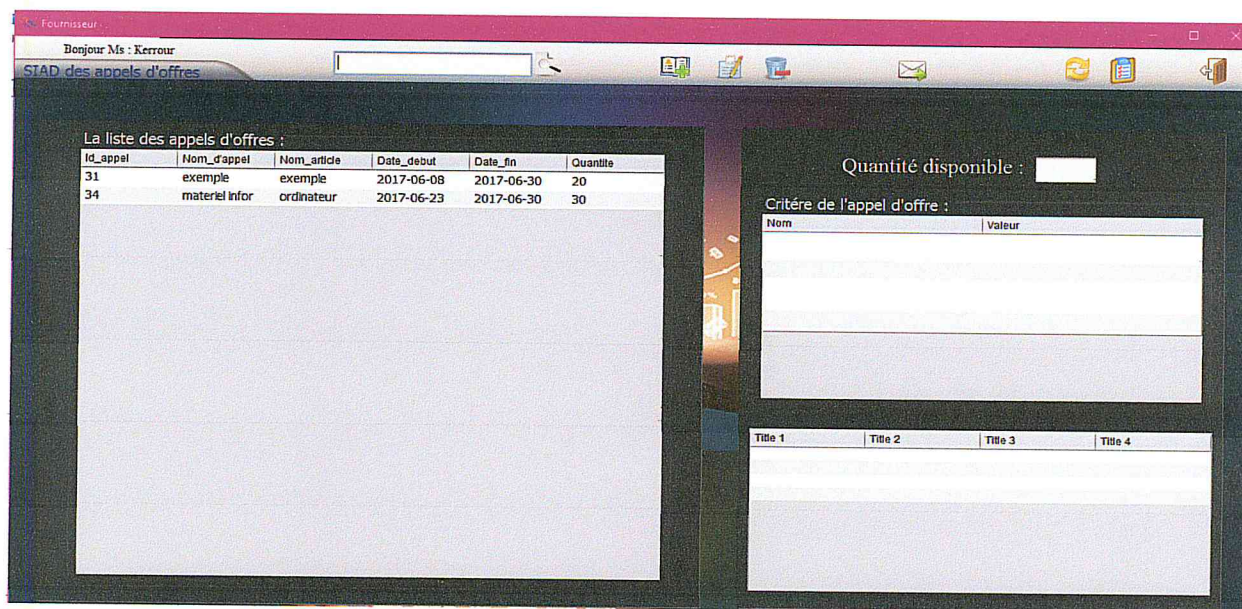


Figure 24 : interface des soumissions.

Espace Expert : cet espace est réservé à l'expert il lui permet d'effectuer des opérations suivantes :

Sélectionner le nom de d'offre, définir les poids de chaque critère et les seuils de préférence et d'indifférence, filtrer les soumissions, il applique par la suite la méthode Prométhée 1 et 2.

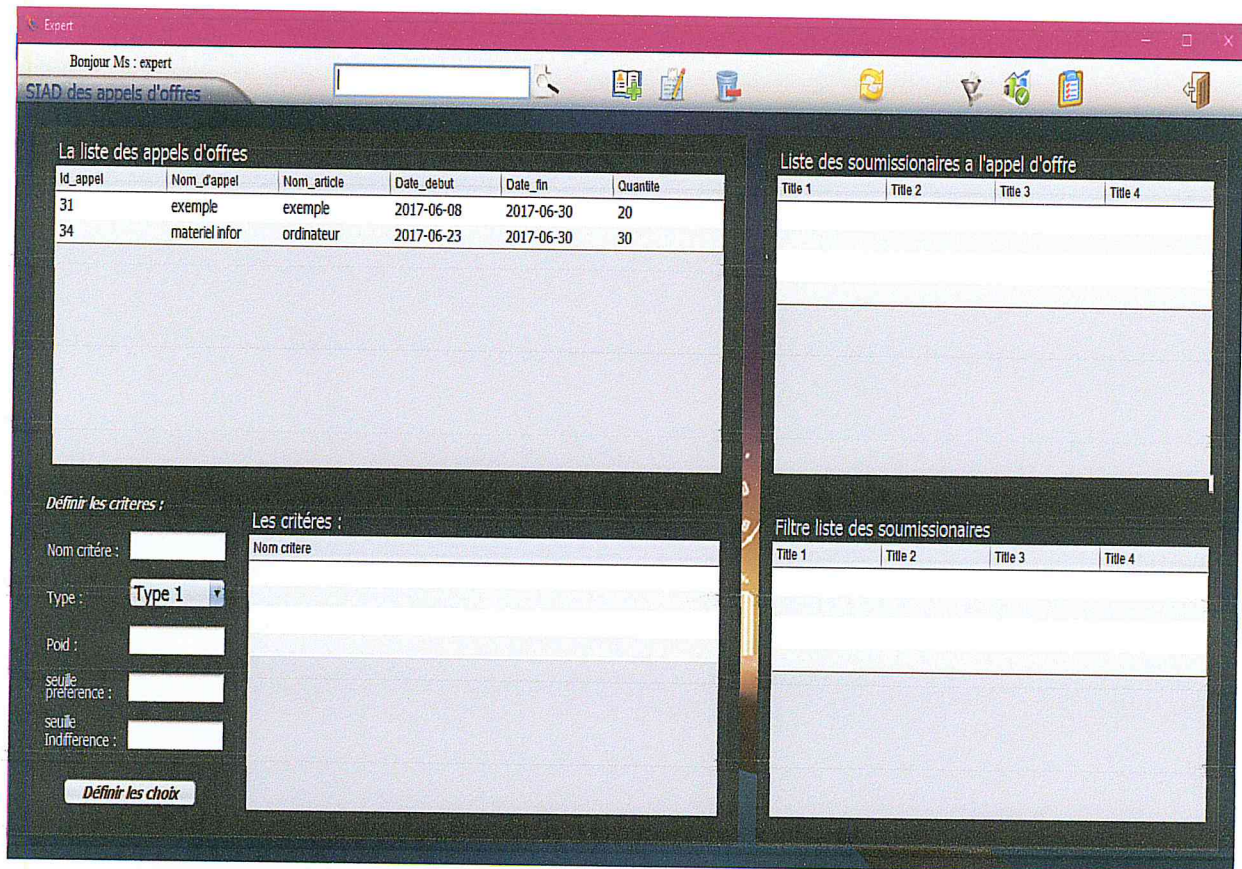


Figure 25: interface de l'expert.

5 Teste

5.1 Présentation de l'exemple

Notre projet consiste à soumettre des appels d'offre pour l'acquisition de nouveaux matériels informatique « postes bureautique ». Donc le problème posé consiste à sélectionner la meilleure offre en utilisant la méthode de surclassement Prométhée. Plusieurs fournisseurs sont représentés comme des actions d'une part et d' autre part, les critères d'évaluation sont pris en considération avec leurs poids respectifs. Il est a noté que c'est la tâche de l'expert de noter la valeur de critère non numérique selon le degré de préférence du besoin de l'entreprise. Nous allons présenter à titre exemple les critères concernant cet appel d'offre.

C1: Processeur

C2 : Système d'exploitation

C3 : RAM

C4 : Cartographique

C5 : Disquedur

C6 : TailleEcran

C7 : Définition

C8 : Garantie

C9 : Prix.

Valeurs des critères et les fonctions de préférence:

En commun accord avec le décideur (responsable du département logistique), le nombre de critères qui fut pris en compte est recensé à neuf. Les critères choisis semblent être donc les plus déterminants.

Il est noté que c'est l'expert qui définit la valeur du seuil de préférence, seuil d'indifférence ainsi que le poids.

Critère1 : Processeur

Les sous critères retenus pour cette rubrique sont:

Intel Core i7

Intel Core i5

Intel Core i3

Intel Xeon E5

Intel Xeon E3

La fonction de préférence du type 1

On va maximiser ce critère.

Type de fonction	Linéaire
Seuil de préférence	0
Seuil d'indifférence	0
le poids	14

Critere2: Caractéristiques technique du Système d'exploitation

Les sous critères retenus pour cette rubrique sont:

Linux

Chrome OS

Windows 10 Professionnel

SteamOS

Windows 8

Windows 7

Windows 8.1

La fonction de préférence du type 1

On va minimiser ce critère.

Type de fonction	Linéaire
Seuil de préférence	0
Seuil d'indifférence	0
le poids	5

Critère3: RAM

Les sous critères retenus pour cette rubrique sont:

64 GO

32 GO

16 GO

12 GO

8 GO

La fonction de préférence du type 3

On va maximiser ce critère.

Type de fonction	Linéaire
Seuil de préférence	16
Seuil d'indifférence	0
le poids	10

Critère 4: carte graphique

Les sous critères retenus pour cette rubrique sont:

NVIDIA GeForce GTX 980M

NVIDIA GeForce GTX 970M

Intel HD Graphics 4600

AMD Radeon RX 580

AMD Radeon RX 570

La fonction de préférence du type 1

On va maximiser ce critère.

Type de fonction	Linéaire
Seuil de préférence	0
Seuil d'indifférence	0
le poids	9

Critère 5:Disque dur

Les sous critères retenus pour cette rubrique sont:

2 To

SSD 1 To

1 To

500 Go

La fonction de préférence du type 1

On va maximiser ce critère.

Type de fonction	Linéaire
Seuil de préférence	0
Seuil d'indifférence	0
le poids	12

Critère 6: Taille Ecran

Les sous critères retenus pour cette rubrique sont:

17 pouces (cm)

19 pouces (48 cm)

20 pouces (51 cm)

21 - 22 pouces (56 cm)

La fonction de préférence du type 1

On va minimiser ce critère.

Type de fonction	Linéaire
Seuil de préférence	0
Seuil d'indifférence	0
le poids	2

Critere 7: Définition

4k

Quad-HD

Full HD

HD

La fonction de préférence du type 1

On va minimiser ce critère.

Type de fonction	Linéaire
Seuil de préférence	0
Seuil d'indifférence	0
le poids	4

Critere 8: Garantie

Les sous critères retenus pour cette rubrique sont:

Aucune

1 ans

2 ans

La fonction de préférence du type 1

On va minimiser ce critère.

Type de fonction	Linéaire
Seuil de préférence	0
Seuil d'indifférence	0
le poids	3

Critere 9: Prix

La fonction de préférence du type 4 (pseudo critère)

On va maximiser ce critère.

Type de fonction	Linéaire
Seuil de préférence	60000
Seuil d'indifférence	30000
le poids	13

Dans ce qui suit nous présentons le cheminement du fonctionnement de notre système.

La figure suivante illustre l'ensemble des critères introduits dans le système avec leur type, poids, seuil de préférence, seuil Indifférence dans l'espace de l'expert.

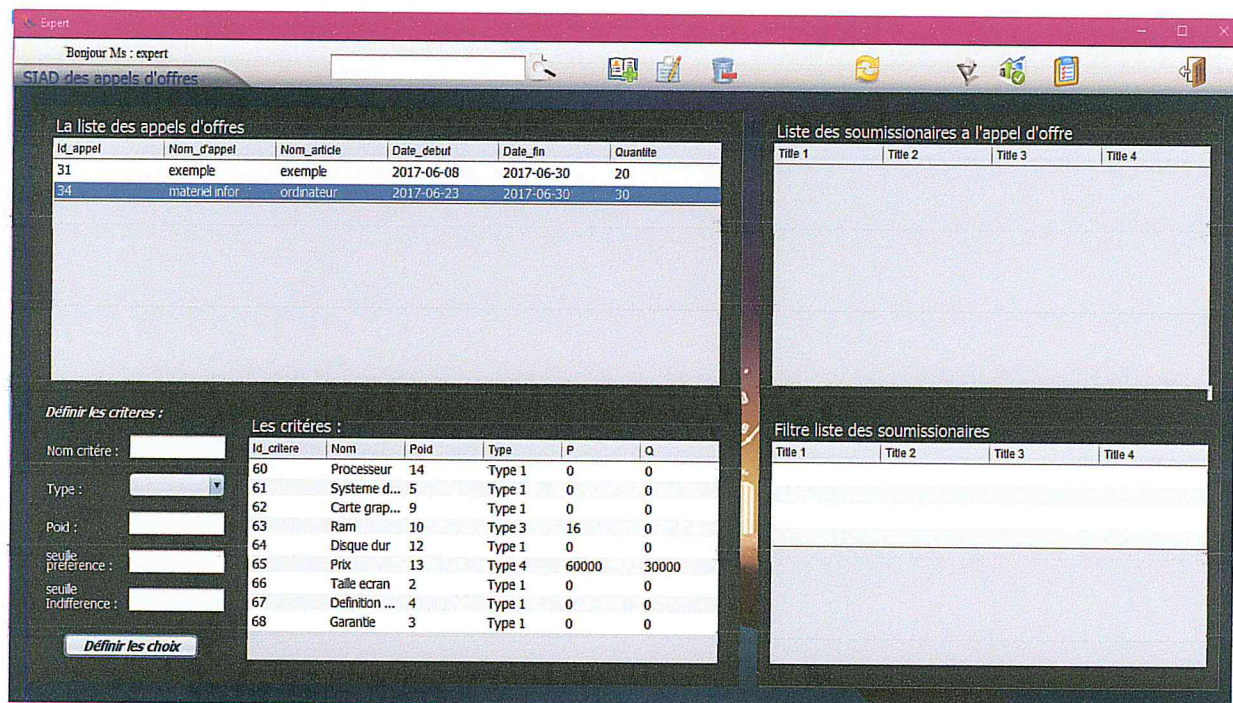


Figure 26 : exemple de définition des critères.

La figure suivante illustre la soumission d'un fournisseur sur un appel d'offre choisit et sur les critères définit auparavant par l'expert.

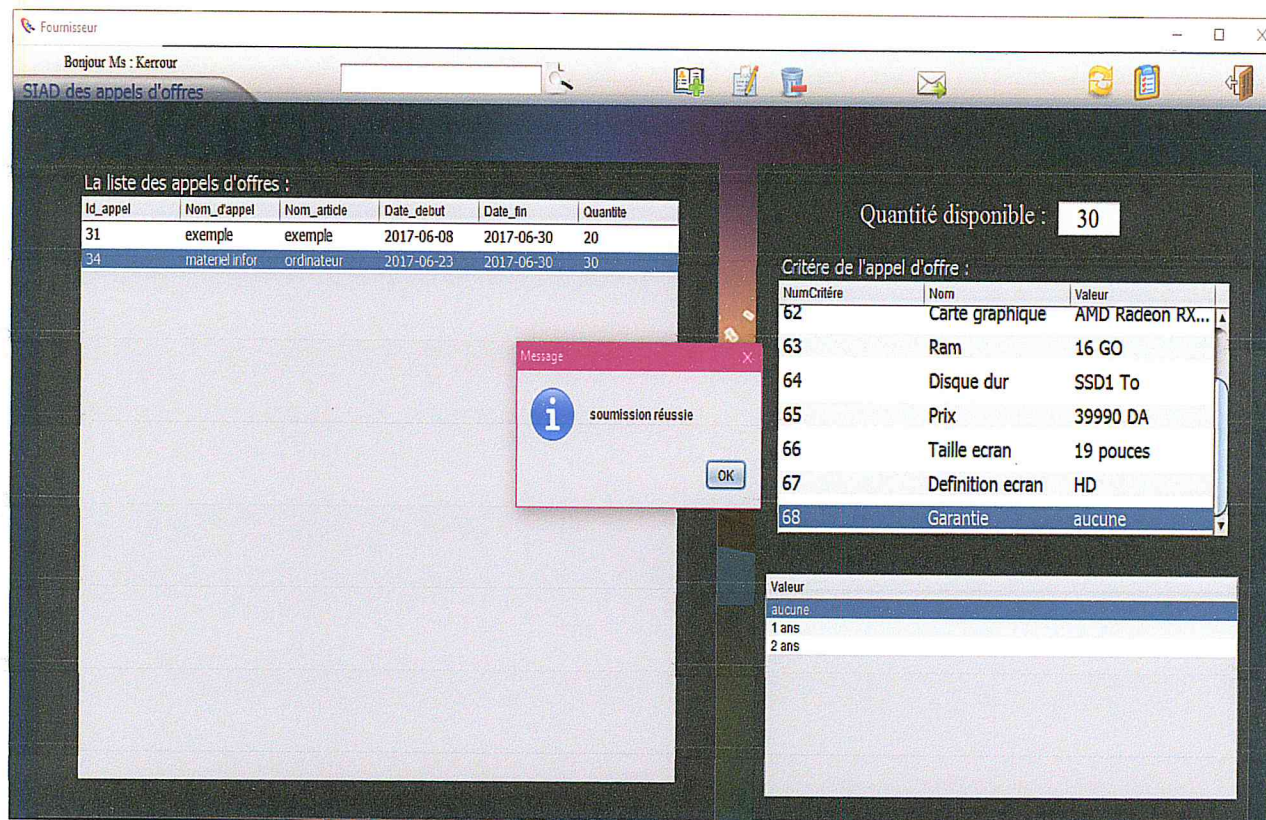


Figure 27 : exemple de soumission.

La figure suivante présente la liste des fournisseurs ayant soumis sur un appel d'offre. Grâce au processus de filtrage du système chaque fournisseur n'ayant pas respecté les contraintes ci-dessous, sa soumission sera refusée et le soumissionnaire sera banni du classement.

- La soumission pour le même article.
- Soumissionner après la date de fin de soumission.
- La soumission sans la quantité nécessaire.
- La soumission sans introduire tous les critères.

The screenshot shows a software interface with the following components:

- Top Bar:** "Bonjour Mx : expert" and "STAD des appels d'offres".
- Left Panel: "La liste des appels d'offres"**

ID_appel	Nom_dappel	Nom_article	Date_debut	Date_fin	Quantite
31	exemple	exemple	2017-06-08	2017-06-30	20
34	matériel info	ordinateur	2017-06-23	2017-06-30	10
- Right Panel: "Liste des soumissionnaires a l'appel d'offre"**

Cart.	Defn.	Disq.	Gara.	Prix	Proc.	Ram	Syst.	Taill.
Abbas	NVIO	Full	2 To	1 ans	7599	Intel	32GO	Win
Atali	AMD	4K	SSD	2 ans	1079	Intel	32GO	Linux
Belaid	NVIO	Gua	500	1 ans	7599	Intel	32GO	Chro
Kerrou	AMD	HD	SSD	aucu	3999	Intel	16 GO	Win
Mansour	Intel	Gua	500	2 ans	5798	Intel	16 GO	Chro
Moustaf	NVIO	4K	SSD	aucu	5798	Intel	32GO	Win
- Bottom Left: "Définir les critères"**

Form fields for "Nom critère", "Type" (set to "Type 1"), "Poids", "Seuil préférence", and "Seuil Indifférence". A "Définir les choix" button is present.
- Bottom Middle: "Les critères"**

ID_critere	Nom	Poids	Type	P	Q
60	Processeur	14	Type 1	0	0
61	Système d...	5	Type 1	0	0
62	Carte grap...	9	Type 1	0	0
63	Ram	10	Type 3	16	0
64	Disque dur	12	Type 1	0	0
65	Prix	13	Type 4	60000	30000
66	Taille écran	2	Type 1	0	0
67	Defnton ...	4	Type 1	0	0
68	Garantie	3	Type 1	0	0
- Bottom Right: "Filtre liste des soumissionnaires"**

Identical table to the one above, with a red banner "Les soumissions acceptées" overlaid on it.

Figure 28 : exemple du processus de filtrage des soumissions.

Après avoir filtré la liste des soumissionnaires, l'expert lance la méthode de surclassement Prométhée 1, on aura pour chaque critère la fonction de préférence ainsi que le degré de surclassement ainsi que le flux suivi du résultat du premier classement, le cheminement de la méthode est illustré par figure 29, figure30 :

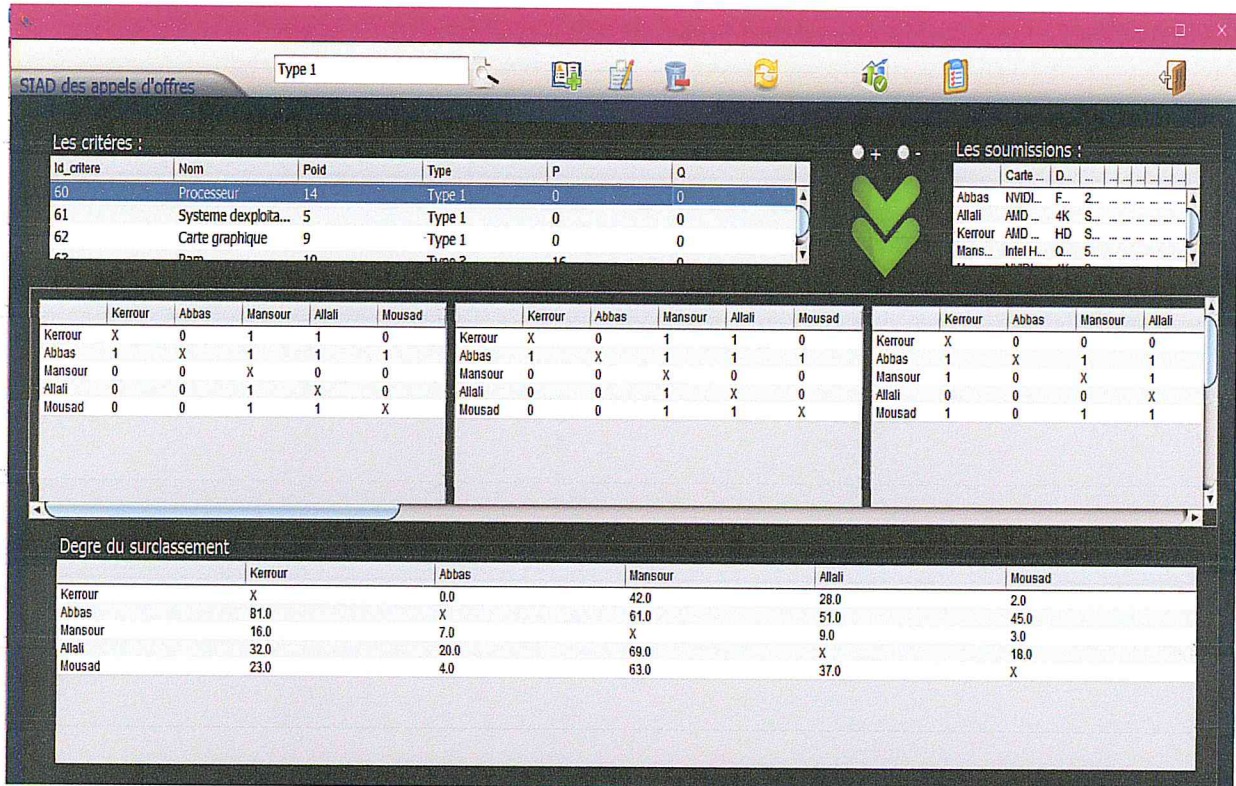


Figure 29 : exemple de l'application la fonction de préférence ainsi que le degré de surclassement.

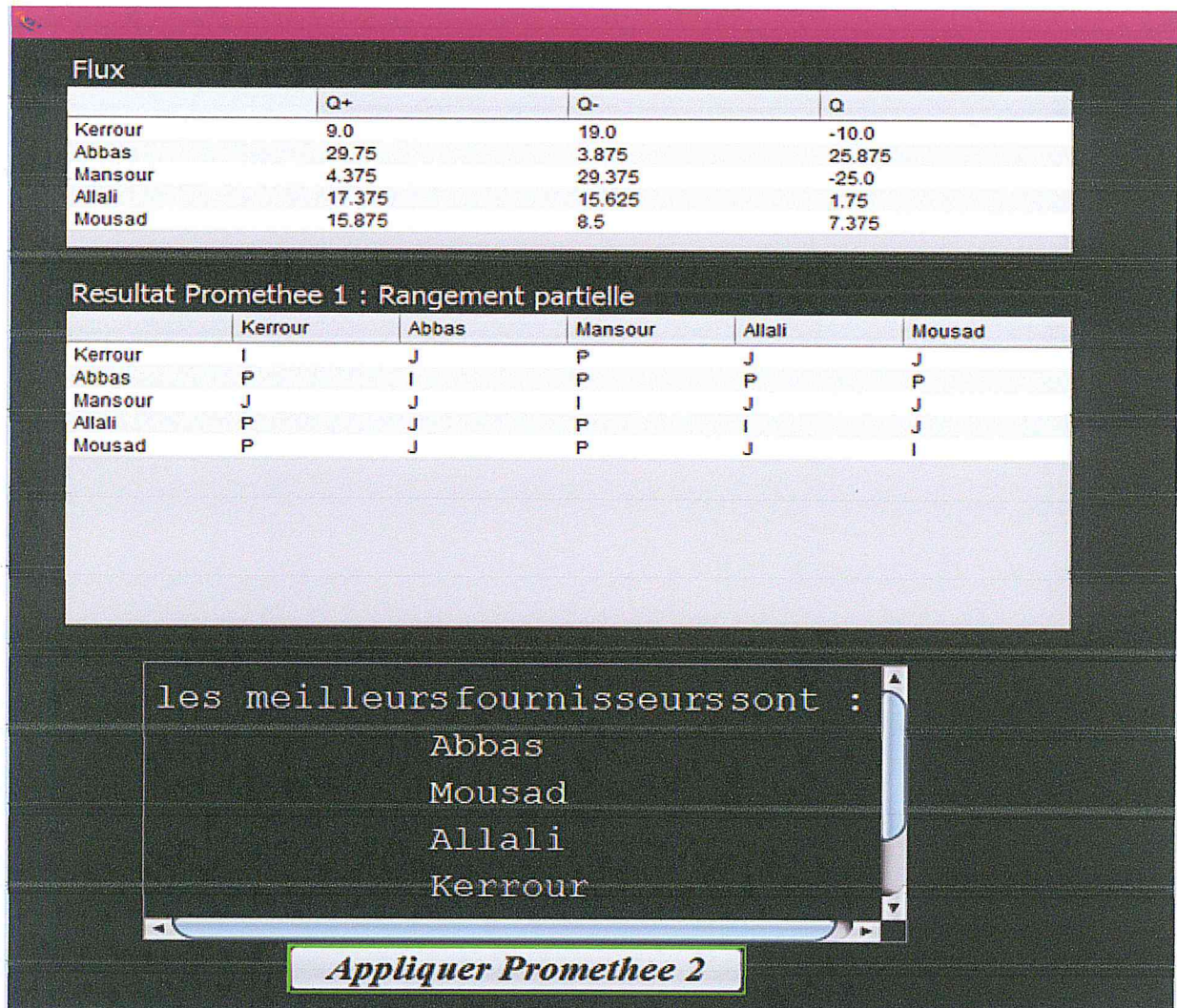


Figure 30 : exemple de l'application de Prométhée 1.

Le premier classement représente un rangement partiel, l'expert lancera la méthode Prométhée 2 afin d'avoir un rangement complet du meilleur soumissionnaire.

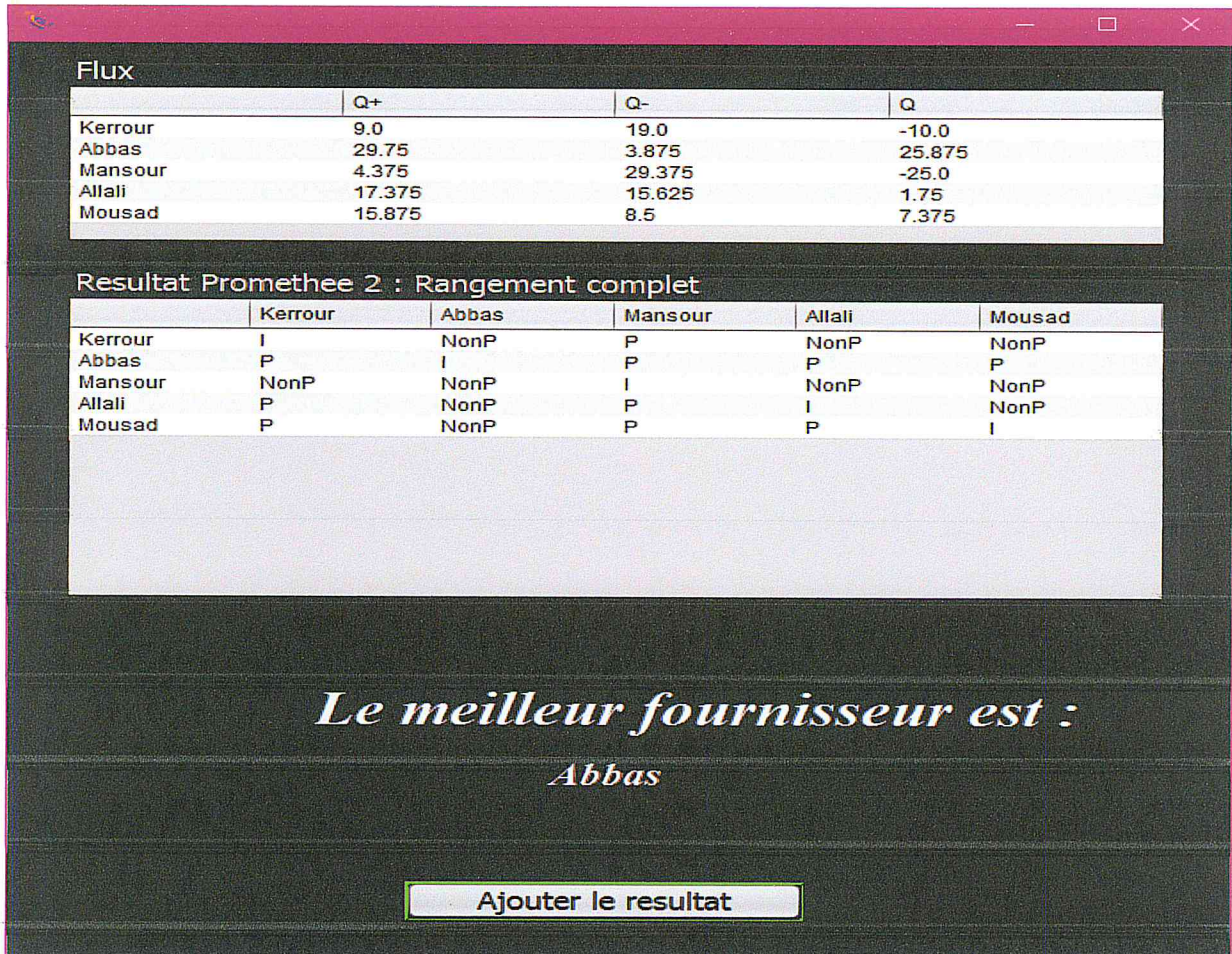


Figure 31 : Exemple de l'application de Prométhée 2.

Après avoir eu le résultat final, l'expert a le choix d'ajouter le résultat (figure31) afin que le décideur puisse le valider dans son espace (figure 32).

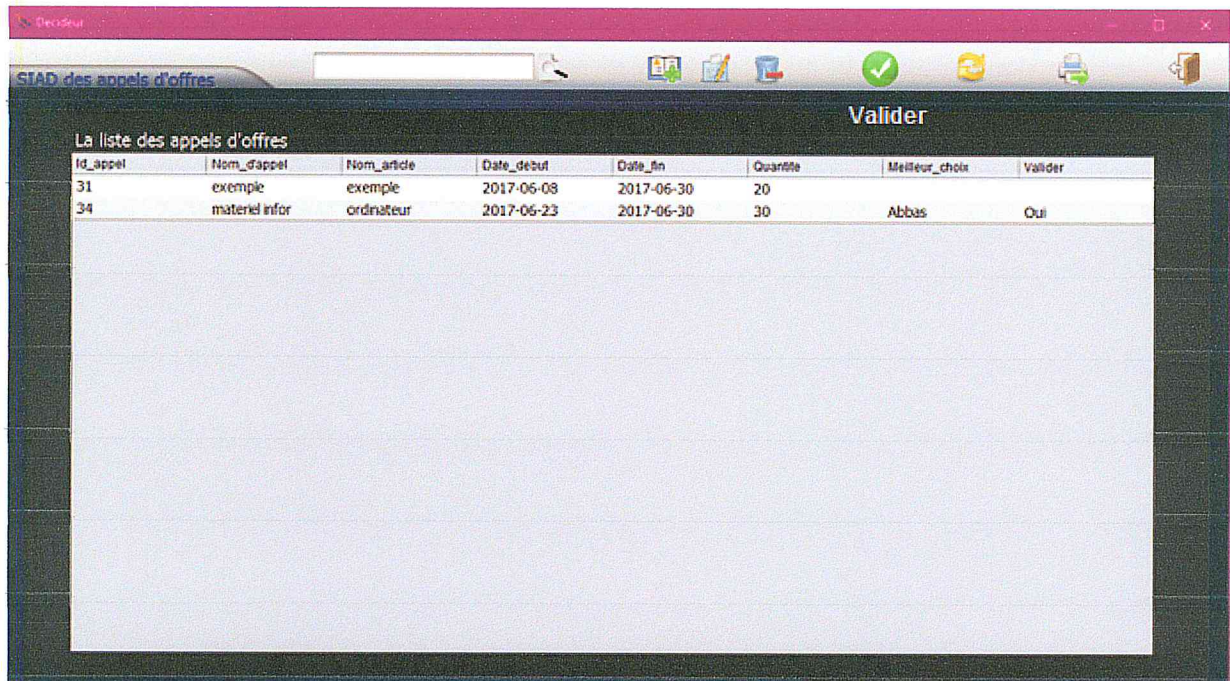


Figure 32 : validation du résultat.

6 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons traité la partie conceptuelle qui nous a permis de décrire le fonctionnement de notre SIAD afin d'en faciliter sa réalisation en se basant sur les différents diagrammes. Ainsi nous avons achevé l'implémentation et les tests de tous les cas d'utilisation, tout en respectant la conception élaborée. En d'autres termes, nous détenons la version finale du logiciel, installée dans notre environnement de développement.

Conclusion générale

Le projet qui nous a été confié consistait à réaliser un SIAD pour répondre au processus métier « appel d'offre » en utilisant les méthodes Prométhée I et II et le nouveau standard DMN.

Afin d'atteindre notre objectif, nous avons procédé en plusieurs étapes, allant de la Collecte et l'étude d'informations, passant par l'analyse et la conception du nouveau système, Jusqu'à la réalisation de l'application.

Pour cela, nous avons effectué un travail indispensable de recherche et d'analyse sur le concept de « décision » et les différentes vues associées à ce concept ainsi que Les méthodes multicritères notamment des méthodes de surclassement PROMETHEE I, II pour formaliser un système d'aide à la décision sous incertitude prenant en compte les indicateurs (coût, délai, performance, etc.) afin de présélectionner les scénarios à analyser en réponse à appel d'offre.

Pour la conception de notre solution nous avons utilisé la norme UML pour analyser le niveau de système d'information, la notation BPMN pour l'analyse métier et la nouvelle notation DMN pour spécifier la vue décision, ce qui nous a permis d'acquérir un esprit de synthèse et nous a apporté beaucoup sur le plan académique.

Ce projet très enrichissant, nous a donné l'occasion de nous plonger dans un problème concret pour la mise en pratique dans un milieu professionnel où nous avons pu approfondir nos connaissances sur la programmation en JAVA et le langage SQL, et acquérir de connaissance sur des techniques récentes de modélisation comme BPMN et DMN.

Finalement, nous avons pu atteindre notre objectif qu'est la construction d'un système très utile et efficace qui facilite la tâche pour la prise automatique de décision.

Néanmoins comme tout projet, le notre n'est pas exhaustif, il serait intéressant d'enrichir ce travail par :

- Compléter la programmation des autres méthodes Prométhée à savoir : III, V, IV, IS,
- AHP pour calculer les poids des critères.

Bibliographie

- [1] Ayadi, Dorra. Optimisation multicritère de la fiabilité: application du modèle de goal programming avec les fonctions de satisfactions dans l'industrie de traitement de gaz. Diss. Université d'Angers, 2010.
- [2] Ansoff H.I, "Stratégie du développement de l'entreprise", 1er Ed, Ed d'organisation, Paris, 1984.
- [3] ROY, Bernard. Méthodologie multicritère d' aide à la décision. Economica, 1985.
- [4] COSTA, Bana E. et CARLOS, A. Les problématiques de l'aide à la décision: vers l'enrichissement de la trilogie choix-tri-rangement. Revue française d'automatique, d'informatique et de recherche opérationnelle. Recherche opérationnelle, 1996, vol. 30, no 2, p. 191-216.
- [5] MOUSSEAU, Vincent. Problèmes liés à l'évaluation de l'importance relative des critères en aide multicritère à la décision: Réflexions théoriques, expérimentations et implémentations informatiques. 1993. Thèse de doctorat.
- [6] SIMON, H. A. The new science of management decision Harper & Brothers. New York, 1960.
- [7] CHECROUN, Alain. Comprendre, concevoir et utiliser les SIAD. Masson, 1992.
- [8] ROY, Bernard. Science de la décision ou science de l'aide à la décision?. 1992
- [9] KEENEY, R. L. Value-focused thinking: a path to creative decision analysis. 1992.
- [10] Jérôme Costa, Negar Armaghan, Jean Renaud, Michel Martinez, Article: "Connaissances industrielles et analyse multicritère", France, mars 2006, p 134.
- [11] HASSAINE-KAZI-TANI, Amal. La Modélisation des préférences du décideur dans le modèle du Goal Programming. 2013. Thèse de doctorat.
- [12] Brans J.P, "Elaboration d'instruments d'aide à la décision: méthode PROMETHEE", Colloque d'aide à la décision, Université Laval, Québec, 1982, p3.
- [13] BRANS, Jean-Pierre et MARESCHAL, Bertrand. The PROMCALC & GAIA decision

support system for multicriteria decision aid. *Decision support systems*, 1994, vol. 12, no 4-5, p. 297-310.

[14] Brans J.P, Mareschal B, VinckPh, "PROMETHEE: A new family of outranking methods in multicriteria analysis", *Proceedings of the tenth international conference on operational research*, 1984, p477

[15] Hansson B, Sahlquist H, "A proof technique for social choice with variable electorate", *Journal of economic theory*, 1986, vol 13, p193

[16] Keeney R.L, Raiffa H, "Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs", *series in probability and mathematical statistics*, 1986, p56

[17] Roubens M, VinckPh, "Preference modelling", Springer-Verlag, *Lecture notes in economics and mathematical systems*, Berlin, 1985, p94

[18] Brans J.P, Mareschal B et VinckPh, "How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method", *European Journal of Operational Research*, p 24.

[19] Roubens M, "Analyse et agrégation des préférences: modélisation, ajustement et résumé de données relationnelles", *Revue Belge de statistique, d'informatique et de R.O*, 1984, vol 20, N2, p67

[20] Roubens M, "Analyse et agrégation des préférences: modélisation, ajustement et résumé de données relationnelles", *Revue Belge de statistique, d'informatique et de R.O*, 1984, vol 20,N2,p67.

[21] Brans J.P, Mareschal B et Vinck Ph, "How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method", *Déjà cite*, p 26.

[22] DMN, O. Decision modeling notation. Technical report, OMG. <http://www.omg.org/spec/DMN/1.1/Beta1/PDF>, 2016.

[23] TAYLOR, J., FISH, A., et VINCENT, P. *Emerging Standards in Decision Modeling-An Introduction to Decision Model & Notation in iBPMS Intelligent BPM Systems: Impact and Opportunity*. Future Strategies Inc., Brampton (2013). ISBN 978-0-9849764-6-1.

[24] DA COSTA, Julien. BPMN 2.0 pour la modélisation et l'implémentation de dispositifs pédagogiques orientés processus. 2014. Thèse de doctorat. University of Geneva.

[25] BONITASOFT[en ligne] Disponible sur : <<http://fr.bonitasoft.com/>> (consulté le 25/04/2017).

