

UTILISATION D'UNE METHODE MULTICRITERE D'AIDE A LA DECISION POUR LE CHOIX D'UNE STRUCTURE DE DONNEES DANS UN PROBLEME DE GESTION

Luc LUMANJI MBUNGA¹ and Patrick MUKONKI MAYEKELA²

¹Licencié en Informatique de Gestion, Section Sciences de Bases,
Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Kolwezi (ISTA/Kolwezi), RD Congo

²Ingénieur Civil des Mines, Département des Mines,
Université de Lubumbashi (UNILU), RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper addresses a problem of choosing a data structure in the context of managing information in a general ledger.

A multicriteria approach is proposed to classify structures for recording and manipulating information to general accounting. A family of criteria is proposed and a ranking approach is adopted to perform this ranking. The results obtained make it possible to obtain a certificate of aptitude for obtaining the best data structure for the management of the information at the accounting. In addition, a sensitivity study is carried out to assess the effect of the variation in weight given to each criterion on the ranking obtained.

KEYWORDS: Data structures, decision support, criteria, pseudo-criterion, weight, threshold, actors, over-ranking, soft engineering, ELECTRE.

RÉSUMÉ: Cet article aborde un problème de choix d'une structure de données dans le contexte de la gestion des informations d'une comptabilité générale.

Une approche multicritère est proposée pour classer les structures permettant d'enregistrer et de manipuler les informations liées à la comptabilité générale. Une famille de critères est proposée et une approche de sur-classement de synthèse est adoptée pour effectuer ce classement. Les résultats obtenus permettent aisément de dégager par un graphe de sur-classement pour l'obtention de la meilleure structure de données pour la gestion des informations liées à la comptabilité. Par ailleurs, une étude de sensibilité est effectuée permettant d'apprécier l'effet de la variation des poids accordés à chaque critère sur le classement obtenu.

MOTS-CLEFS: Structures de données, aide à la décision, critères, pseudo-critère, poids, seuil, acteurs, sur-classement, génie logiciel, ELECTRE.

1 INTRODUCTION

Lors de la réalisation d'un projet informatique, un professionnel du domaine passe par plusieurs étapes pour arriver à un résultat escompté.

De ce fait, se basant sur le cahier de charge du projet, un informaticien modélise le système d'information en utilisant l'une des méthodes d'analyse et de conception des systèmes d'information. Et pour matérialiser ladite modélisation, l'étape de la conception de l'application en utilisant les bases du génie logiciel est l'une des plus importantes dans une étude

informatique. Le génie logiciel nous permet non seulement de structurer et de concevoir toute l'application, mais aussi et surtout de définir le mode d'organisation des données à utiliser dans la future application.

Ayant plusieurs structures de données nous permettant d'organiser les informations, un développeur d'une application se bute très souvent à un problème de choix de la structure de données à utiliser pour l'organisation de ces dernières. La plupart de développeurs se fient à leur déclique informatique, soit à la facilité d'implémentation de la structure choisie.

Mais comment opérer un choix judicieux d'une structure de données en se basant sur les spécifications de l'algèbre formelle informatique de chacune des structures et des performances d'une structure par rapport une autre ?

D'après SEYMOUR LIPSCHUTZ, une structure de données est un modèle logique ou mathématique d'une organisation des données particulière¹.

Le choix d'un modèle de données dépend de deux types de considérations :

- Sa richesse structurelle doit être suffisamment grande pour refléter les relations effectives qui lient les données dans le monde réel,
- Il doit être suffisamment simple pour que tout un chacun puisse traiter les données en question lorsque cela lui est nécessaire.

Nous nous sommes alors résolus à intégrer une méthode d'aide à la décision pour opérer un choix sur une structure de données en tenant compte des opérations pouvant être appliquées sur la structure et la complexité d'une opération spécifique sur les différentes structures de données.

Dans cet article, nous présentons l'utilisation de l'analyse multicritère dans le choix d'une structure données dans la conception d'un programme de gestion des données comptable et l'établissement des états financiers en appliquant théoriquement une des méthodes de type **ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité)**².

ELECTRE I, nous permettra de tracer un graphe de sur-classement pour une détermination objective d'une bonne structure de données adaptée au problème de gestion et de manipulations des données de la comptabilité générale.

2 THEORIE GENERALE SUR LES STRUCTURES DE DONNEES

Les structures de données spécifient la façon de représenter les données du problème considéré ; cela est nécessaire en particulier pour un traitement par un algorithme à l'aide d'un ordinateur.

Deux préoccupations principales interviendront dans le choix d'une telle structure : la place qu'elle consomme dans la mémoire de l'ordinateur et la facilité qu'elle offre quand on cherche à accéder à une certaine donnée. Les structures de données sont définies indépendamment du langage de programmation qui interviendra dans l'écriture finale du programme qui les manipulera ; on supposera néanmoins que ce langage offre les outils nécessaires (par exemple les pointeurs) pour définir et manipuler ces structures de données.

La plupart des langages de programmation permettent d'attribuer et d'utiliser la mémoire disponible de différentes façons :

- *Sous forme de variables* isolées les unes des autres dans la mémoire de la machine ; elles peuvent être d'un type prédéfini par le langage (le type entier, le type réel, etc.) ou d'un type défini par l'utilisateur à partir des types prédéfinis précédents, par exemple des types conçus pour décrire des variables comprenant plusieurs données hétérogènes.
- *Sous forme de tableaux*, c'est-à-dire d'une suite de variables de même type associées à des « cases » contiguïté dans la mémoire ; cette « contiguïté » permet à l'ordinateur de savoir où sont rangés les éléments du tableau, ce qui permet d'avoir accès directement à une variable du tableau à partir d'un indice donné.
- *À l'aide des pointeurs* ou adresses ou références, indiquant la localisation dans la mémoire de l'objet auquel on s'intéresse.

¹ Seymour LIPSCHUTZ, *Les structures de données cours et problèmes*, Série Schaum, Hill inc, Paris, 1987

² <https://fr.wikipedia.org/wiki/ELECTRE>

Dans certains cas (variables isolées, tableaux statiques), la place en mémoire est attribuée par le compilateur et ne peut donc pas être modifiée au cours du programme. Dans d'autres cas (tableaux dynamiques, listes chaînées), l'attribution de la mémoire nécessaire est effectuée pendant le déroulement du programme et peut donc varier pendant celui-ci.

Les structures de données classiques appartiennent le plus souvent aux familles suivantes :

- Les structures linéaires : il s'agit essentiellement des structures représentables par des listes linéaires, c'est-à-dire des tableaux ou des listes chaînées unidimensionnelles ; on y trouve en particulier les piles, pour lesquelles les données sont ajoutées ou supprimées à partir d'une même extrémité, et les files, pour lesquelles les données sont ajoutées à une extrémité tandis qu'elles sont supprimées à l'autre ;
- Les structures arborescentes, avec la sous-famille importante des arbres binaires ;
- Les structures relationnelles : celles-ci prennent en compte des relations existant ou n'existant pas entre les entités qu'elles décrivent ; les relations binaires sont représentables sous forme de graphes orientés ou non³.

2.1 STRUCTURES LINÉAIRES ET NON LINÉAIRES

Les structures linéaires tirent leur nom du fait que les données y sont organisées sous forme d'une liste dans laquelle elles sont mises les unes derrière les autres. On peut représenter une telle liste à l'aide d'un tableau unidimensionnel ou sous la forme d'une liste chaînée. Selon la nature des opérations autorisées, on obtient différents types de **listes**, en particulier les **piles** et les **files**.

2.1.1 LISTES CHAÎNÉE

Une liste chaînée est une suite ordonnée d'éléments d'un type donné ; une liste peut contenir zéro, un ou plusieurs éléments.

La longueur d'une liste est son nombre d'éléments. Une liste vide est une liste de longueur nulle. La tête de la liste est son premier élément. La définition de la queue d'une liste n'est pas universelle ; certains la définissent comme étant le dernier élément de la liste et d'autres comme la liste obtenue en enlevant la tête⁴.

2.1.2 PILES

Une pile (stack en anglais) est une liste dans laquelle l'insertion ou la suppression d'un élément s'effectue toujours à partir de la même extrémité de la liste, extrémité appelée le début de la pile. L'action consistant à ajouter un nouvel élément au début de la pile s'appelle empiler ; celle consistant à retirer l'élément situé au début de la pile s'appelle dépiler⁵.

2.1.3 FILES D'ATTENTE

Une file est une liste dans laquelle toutes les insertions de nouveaux éléments s'effectuent d'un même côté de la liste appelé fin et toutes les suppressions d'éléments s'effectuent toujours à partir de l'autre extrémité, appelée début⁶.

2.1.4 ARBRES BINAIRES

Un arbre est un modèle de données non linéaires qui est surtout appliquée à des informations dont les éléments sont liés par des relations hiérarchiques : ensemble des valeurs des champs relatifs à une entité donnée, table des matrices, index, etc.

Un arbre est un modèle **DYNAMIQUE** et **HETEROGENE**

³ Yves GRANJON, *Informatique Algorithmiques en Pascal et en langage C*, Ed. Dunod, Paris, 1999

⁴ Gérard Swinnen. *Apprendre à programmer avec Python*. O'Reilly, 2005. *Manuel d'initiation à la programmation basé sur Python*, cité page 10

⁵ Christophe Darmangeat. *Algorithmique et programmation pour non-matheux*. Université Paris 7, Cours en ligne d'initiation à l'algorithmique. cité pages 45

⁶ Idem5

L'arbre est dynamique parce qu'on peut ajouter autant des nœuds qu'il y a d'informations. Sa taille n'est pas connue à l'avance.

L'arbre est hétérogène parce qu'un nœud peut contenir plusieurs informations de types différents⁷.

2.2 COMPLEXITÉ DES STRUCTURES DES DONNÉES

L'analyse des Algorithmes constitue un domaine fondamental dans l'étude de structures de données.

Un algorithme est une liste parfaitement définie des étapes nécessaires à la résolution d'un problème donné.

La taille des données à traiter est le critère le plus important pour pouvoir mesurer l'efficacité d'un Algorithme.

Le temps et l'espace nécessaire à un Algorithme constituent les deux objets principaux de la mesure de son efficacité.

L'évaluation de la complexité d'un Algorithme se fera généralement en précisant le cas :

- Favorable ;
- Courant ;
- Défavorable.

En général ce sera **le taux de croissance $f(n)$** que l'on devra considérer pour mieux cerner la complexité⁸.

3 AIDE A LA DECISION MULTICRITERE, INTRODUCTION AUX METHODES D'ANALYSE MULTICRITERE DE TYPES ELECTRE

3.1 INTRODUCTION

L'aide à la décision multicritère se présente comme une alternative aux méthodes d'optimisation classique basées sur la définition d'une fonction unique, souvent exprimé en terme économique (monétaire) et qui reflète la prise en compte de plusieurs critères, souvent incommensurables. L'intérêt des méthodes multicritères est de considérer un ensemble de critères de différentes natures (exprimés en unité différentes), sans nécessairement les transformer en critères économiques, ni en une fonction unique, il ne s'agit pas de rechercher un optimum, mais **une solution intermédiaire** qui peut prendre diverses formes, choix, affectation ou classement. Plusieurs méthodes existent dans la littérature, dans le cadre de cet article nous allons définir le cadre théorique et les aspects méthodologies des méthodes multicritères, de type **Electre**, spécialement **ELECTRE I**.

3.2 L'AIDE À LA DÉCISION ET LES MÉTHODES MULTICRITÈRES

L'aide à la décision est l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicites mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans le processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire ou simplement 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 au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part⁹. L'aide à la décision est donc un processus qui utilise un ensemble d'informations disponibles à un instant donné, afin de formuler un problème et aboutir à une décision sur un objet précis. Dans le cadre de la décision multicritère, l'objet de la décision est formé par un ensemble d'actions ou alternatives.

Selon Roy et Bouyssou, les problèmes réels peuvent être formulés à l'aide des méthodes d'analyse multicritère, selon les formulations de bases décrites dans le tableau1 : problématique de choix, noté $p\alpha$, la problématique de tri ou d'affectation noté $p\beta$ et la problématique de rangement noté $p\gamma$ ¹⁰

⁷ *Ibidem*5

⁸ *Ibidem*5

⁹ Roy B., Bouyssou, D., (1993) "Aide multicritère à la décision : méthodes et cas", *Economica, Collection Gestion, Paris*

¹⁰ Roy B., Bouyssou D., (1992) *Aide multicritère à la décision, Méthodes et cas, Economica, Paris, 695 pages.*

Tableau 1 : Problématique de choix

| Problématique | Objectif | Résultat |
|---------------|---|---|
| $\rho\alpha$ | Eclairer la décision par le choix d'un sous-ensemble aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action. (optimums et satisfecums). | Un choix ou une procédure de sélection. |
| $\rho\beta$ | Eclairer la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie, les catégories étant définies a priori en fonction des normes ayant trait à la suite à donner aux actions qu'elles sont destinées à recevoir. | Un tri ou une procédure d'affectation |
| $\rho\gamma$ | Eclairer la décision par un rangement obtenu en regroupant tout ou partie (les « plus satisfaisantes ») des actions en classes d'équivalence, ces classes étant ordonnées, de façon complète ou partielle, conformément aux préférences. | Un rangement ou procédure de classement. |
| $\rho\delta$ | Eclairer la décision par une description, dans un langage approprié, des actions et de leurs conséquences. | Une description ou une procédure cognitive. |

3.2.1 DÉFINITION DU PROBLÈME ET L'OBJET DE LA DÉCISION, L'ACTION

La définition du problème requiert une compréhension de la situation étudiée, du contexte et des acteurs impliqués dans la prise de décision. L'interaction avec les différents acteurs permet de comprendre le processus de décision, les enjeux, l'objet de la décision et la nature de la décision à prendre. Il s'agit donc de définir la nature du problème posé en le formulant soit en une problématique de choix, de tri ou de rangement.

La détermination de l'objet de la décision consiste à identifier l'ensemble des actions ou alternatives sur lesquelles va porter la décision¹¹.

« Une action α est la représentation d'une éventuelle contribution à la décision globale susceptible, eu égard à l'état d'avancement du processus de décision, d'être envisagé de façon autonome et de servir de point d'application à l'aide à la décision ». C'est l'objet de la décision.

Une action est dite globale, si, dans sa mise en exécution, elle est exclusive de toute action introduite dans le modèle ; dans le cas contraire, elle est dite fragmentaire. Une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugée réaliste par un acteur au moins. On note A est l'ensemble des actions potentielles.

3.2.2 L'ANALYSE DES CONSÉQUENCES ET DÉTERMINATION DES CRITÈRES

Il s'agit en effet d'identifier et mesurer les conséquences des actions sur lesquelles va la décision. Les critères découlent des conséquences des actions souvent, une action a plusieurs conséquences, ainsi la conséquence d'une action selon un critère donné est évalué par une fonction g (à valeurs réelles) définies sur l'ensemble A des actions potentielles de telle sorte qu'il soit possible de raisonner ou de décrire le résultat de la comparaison de deux actions a et b relativement à partir des nombres $g(a)$ et $g(b)$. L'évaluation de l'action sera donc effectuée sur un ensemble de critères. On distingue le vrai-critère et le pseudo-critère.¹²

Pour le vrai critère, en considérant deux actions a et b à comparer, deux situations sont possibles :

$$g(b) = g(a) \Leftrightarrow b \text{ I}g a \text{ (indifférence)}$$

$$g(b) > g(a) \Leftrightarrow b \text{ P}g a \text{ (préférence strict)}$$

C'est une vision peu réaliste car une simple différence $g(b) - g(a)$ n'est pas significative d'une préférence stricte.

¹¹ Saaty, T.L., 1977, "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", *Journal of Mathematical Psychology* 15, 234-281.

¹² Idem9

Pour le pseudo-critère on associe à la fonction critère g deux fonctions seuils q $g(g(a))$ exprimant un seuil d'indifférence et P $g(g(a))$ exprimant un seuil de préférence. (Tableau 2)

$g(b) \geq g(a) \Rightarrow b S_b a S_b$: « aussi bon que » ou, S est une relation de sur-classement, c'est-à-dire que b est au moins aussi bon que a sur une majorité de critères sans être vraiment plus mauvais relativement sur les autres critères. On dira dans ce cas que b surclasse a , on notera $b S_b a$ (figure 1). On introduit des seuils (constants ou fonction de g) tels que :

$$g(b)-g(a) \leq q_g(g(a)) \Leftrightarrow b I_g a$$

$$p_g(g(a)) < g(b)-g(a) \Leftrightarrow b P_g a$$

Où q_g est un seuil dit d'indifférence et P_g un seuil dit de préférence.

La situation non couverte par ces deux éventualités, à savoir :

$$q_g(g(a)) < g(b)-g(a) \leq q_g(g(a))$$

Correspond à une situation d'hésitation (Indétermination) entre l'indifférence et la préférence stricte appelée préférence faible et noté Q_g .

Ce qui peut se traduire ainsi :

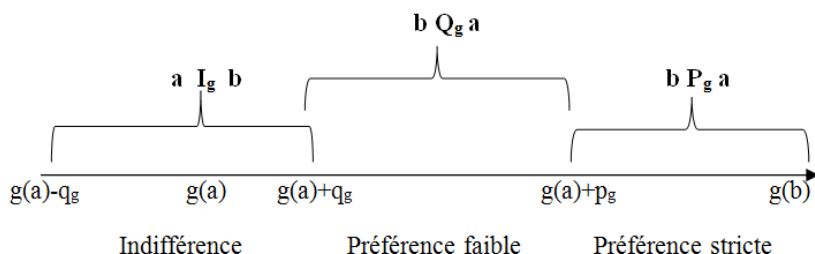


Figure.1

Tableau 2 : Situations possibles lors de la comparaison de deux actions

| Situation | Définition | Relation binaire (propriétés) |
|--------------------|--|-------------------------------------|
| Indifférence | Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui justifient une équivalence entre deux actions. | I : relation symétrique réflexive. |
| Préférence stricte | Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui justifient une préférence significative en faveur de l'une (identifiée) des deux actions. | P : relation asymétrique réflexive) |
| Préférence faible | Elle correspond à l'existence de raisons claires et positives qui infirment une préférence stricte en faveur de l'autre, soit une indifférence entre ces deux actions. | Q : relation asymétrique réflexive |
| Incomparabilité | Elle correspond à l'absence de raisons claires et positives justifiant l'une des trois situations précédentes | R : relation symétrique réflexive |

La construction des critères est une étape délicate et qui nécessite une compréhension du problème posé et une interaction avec les acteurs impliqués dans la prise de décision. Il s'agit d'identifier les enjeux et la nature des conséquences possibles sur l'objet de la décision, c'est-à-dire les actions considérées. La définition des critères dans la décision finale. Ceci se traduit par des pondérations qui sont définies par les acteurs impliqués ou bien obtenus par un processus itératif suite à l'interaction avec les concernés¹³.

¹³ (Vincke Ph. (1989), L'Aide Multicritère à la Décision, Editions de l'Université de Bruxelles-Editions Ellipses, Bruxelles. Chapitre 5)

Les critères à retenir pour juger quelle est l'action préférée, doivent présenter les conditions suivantes :

- L'aide multicritère à la décision doit permettre de juger de l'intérêt des différentes actions entre elles. Il s'agit donc de construire une famille de critères qui puissent représenter, d'une façon aussi proche que possible, les coûts et les avantages des actions, bénéfiques.
- Les critères doivent être d'une part, suffisamment nombreux et précis pour bien discriminer entre elles les différentes actions, d'autre part, ne pas être redondant pour éviter de majorer l'importance attribuée à une dimension d'analyse.
- Les critères peuvent être de nature différente, on définit des familles de critères : économiques, sociaux, environnementaux, techniques. Chaque famille de critères peut contenir un ou plusieurs critères.¹⁴

Les critères doivent également vérifier des axiomes :

Axiome d'exhaustivité : si deux actions ont les mêmes vecteurs performances (mêmes conséquences pour tous les critères) alors il faut être sûr que les acteurs sont bien indifférents entre les deux actions. (Roy, B., Bouyssou, D., 1993. Aide multicritère à la décision : méthodes et cas. *Édition Economica, Paris*)

Axiome de cohésion : en partant de deux actions qui sont jugées équivalentes, si l'on accroît la performance de la première sur un critère quelconque, alors elle apparaît « comme au moins aussi bonne » que la seconde action inchangée. (Roy, B., Bouyssou, D., 1993. Aide multicritère à la décision : méthodes et cas. *Édition Economica, Paris*)

Axiome de non-redondance : un critère est redondant si son retrait de la famille laisse une nouvelle famille vérifiant les deux axiomes précédents.

3.2.3 CHOIX D'UNE MÉTHODE D'AIDE À LA DÉCISION MULTICRITÈRE

Cette étape dépend de la nature du problème posé. Plusieurs méthodes ont été développées, le tableau 3 identifie certaines méthodes en fonction de la nature du problème étudié.

Tableau 3 : Critères

| Critères | Nature du problème | | |
|----------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | α (sélection) | β (affectation) | γ (classement) |
| Vrai critère | I | - | LI |
| Pseudo-critère | IS | TRI | III, IV |

3.2.4 PERFORMANCE DES ACTIONS

Lorsque l'analyse des actions a conduit à la construction d'un seul critère, on peut réaliser une optimisation sur ce critère, ce qui peut être simple lorsque le nombre d'action est faible, sinon il faut avoir recours à des outils plus ou moins compliqués.

Dans le cas fréquent, où l'analyse des conséquences des actions potentielles a conduit à construire plusieurs critères, c'est l'analyse multicritère qui permet de donner des réponses au problème posé. Pour chaque action considérée, et pour chaque critère un seuil de préférence **p**, d'indifférence **q** et un seuil de veto **v** sont estimés¹⁵.

Chaque critère se voit attribué un poids **k** traduisant sa contribution dans la décision finale. Le résultat de l'analyse des conséquences est présenté dans un tableau de performances.

¹⁴ (Schärling, Alain, *Décider sur plusieurs critères*, Presses Polytechniques Romandes, 1985, 304 pages).

¹⁵ *Idem*¹⁰

3.3 L'AGRÉGATION DES CRITÈRES ET L'ANALYSE MULTICRITÈRE

Dans le cadre de cet article, on distingue entre l'approche d'agrégation classique et les approches dites de sur-classements proposés par les méthodes ELECTRE. L'approche classique se base sur l'agrégation des critères de décision en un critère unique. Elle consiste à bâtir un critère unique de synthèse en utilisant une fonction d'agrégation V en posant : $g(a) = V(g_1(a), g_2(a), g_3(a), \dots, g_n(a))$.

Deux actions quelconques deviennent ainsi comparables grâce à l'utilisation des différents critères présents plus haut. Une fois obtenu le critère de synthèse, on peut simplement élaborer une prescription dans une des trois problématiques : δ, β, γ . La fonction d'agrégation V prend généralement une des deux formes :

1. Agrégation par somme pondérée : $g(a) = \sum_{j=1}^n k_j \cdot g_j(a)$
2. Aggregation additive: $g(a) = \sum_{j=1}^n k_j \cdot v_j [g_j(a)]^{16}$.

Les poids k_j sont des coefficients strictement positifs et les v_j des fonctions monotones strictement croissantes. Il n'est pas restrictif d'imposer $\sum_{j=1}^n k_j = 1$ et $0 \leq v_j \leq 1$.

Par opposition à l'approche classique, l'approche dite de sur-classement vise à construire sur l'ensemble **A (ensembles des actions)**, une relation de sur-classement globale **S** enrichissant la relation de dominance.

Elle vise à modéliser la part des préférences globales que l'on est en mesure d'asseoir de façon suffisamment probante

La relation **S** est généralement construite à l'aide d'un test de sur-classement appliqué à toutes les paires d'actions de **A**. Les méthodes ELECTRE utilisent une relation de sur-classement pour l'agrégation des critères de décision.

3.4 LA MÉTHODE ELECTRE I

Cette méthode, permet de résoudre les problèmes multicritères de choix, cette méthode permet d'identifier le sous-ensemble d'actions offrant le meilleur compromis possible. Souvent utilisée dans le choix de projets concurrents, afin d'identifier le sous-ensemble de projets le plus performant sur la base des critères considérés. Dans le cas de la méthode Electre I, on définit de vrai-critères, on retrouve également une notion de concours dans cette méthode, retenir les meilleurs¹⁷.

On considère un ensemble **A** de **m** actions, qui représentent l'objet de la décision, dont le but est d'identifier un sous-ensemble d'actions offrant un meilleur compromis parmi l'ensemble de départ. On définit pour chaque critère une fonction d'évaluation g_j (ou $j=1$ à n , n est le nombre de critères), pour chaque critère, on évalue un poids k_j qui augmente avec l'importance du critère.

L'indice de concordance pour deux actions a et b est noté par $C(a, b)$, compris entre 1 et 0, il mesure la pertinence de l'assertion « a surclasse b », comme suit :

$$C(a, b) = \frac{\sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} k_j}{K} \text{ avec } K = \sum_{j=1}^n k_j$$

Parmi les critères en faveur de l'action b , il peut y en avoir pour lesquels la préférence de b sur a est telle qu'elle met en cause l'affirmation préférence.

Un indice de discordance $D_{(a,b)}$ est défini :

$$D(a, b) = 0 \text{ si } \forall j, g_j(a) \geq g_j(b)$$

Sinon

$D(a, b) = \frac{1}{\delta} \max_j [g_j(b) - g_j(a)]$ avec δ est la différence maximale entre le même critère pour deux actions données. Cet indice, compris entre 0 et 1 est d'autant plus grand que la préférence de b sur a est forte sur au moins un critère. Enfin, un

¹⁶ Ibidem9

¹⁷ Ibidem9

seuil de concordance "c" (relativement grand) et un seuil de discordance "d" (relativement petit) sont définis et permettent de définir la relation de sur-classement S.

$$a \text{ S } b \text{ si et seulement si } = \left\{ \begin{array}{l} C(a,b) \geq c \\ D(a,b) \leq d \end{array} \right\}$$

4 UTILISATION DE L'APPROCHE MULTICRITERES DANS LE CHOIX D'UNE STRUCTURE DE DONNEES PAR LA METHODE ELECTRE I

4.1 PRÉSENTATION DU SCHÉMA LOGIQUE COMPTABLE

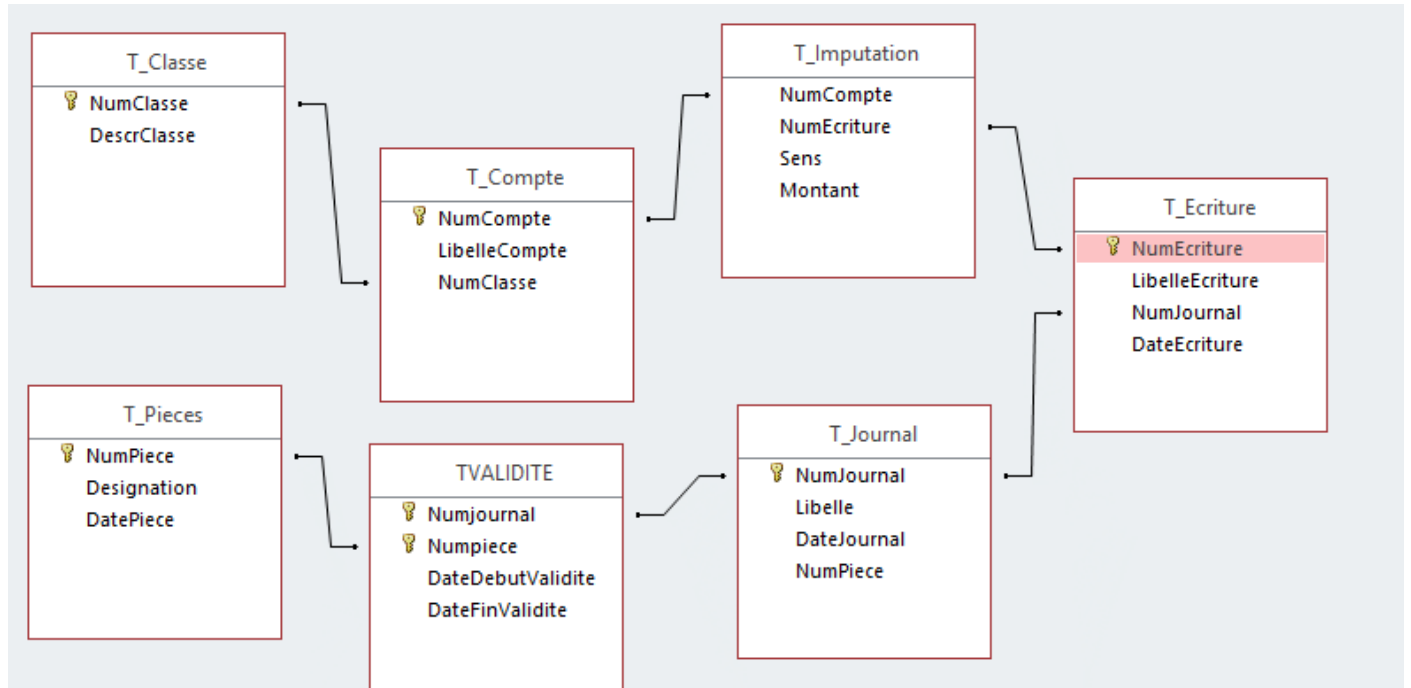


Figure.2

4.2 APPROCHE MULTICRITÈRE

Une approche multicritère a comme principale caractéristique qu'elle formalise (ou modélise) la préparation des décisions. Tout d'abord, elle améliore la transparence du processus de décision. Ensuite, elle définit, précise et met en évidence la responsabilité du décideur. Bernard Roy caractérise le paradigme multicritère comme un « nouveau schéma de pensée pour comprendre ou agir sur un système », en considérant que :

- Plusieurs critères sont à l'œuvre pour conduire le système ou guider son évolution,
- Ces critères sont, moins localement conflictuels,
- Les compromis ou arbitrages ont pour objet de conférer aux critères des valeurs compatibles avec une certaine forme d'équilibre et, s'il y a succession, cela tient au caractère transitoire de l'équilibre atteint.

Pour l'intérêt que suscite l'approche multicritère, nous avons choisi d'utiliser la méthode Electre comme méthode de choix d'une meilleure structure de données

Le but de la méthode Electre I est d'obtenir un ensemble N, le plus petit possible, tel que toute action ou solution qui n'est pas dans N est surclassé par au moins une action ou une solution de N. Un poids P_k est attribué à chaque critère k. Puis, à chaque couple d'action (a,b), on compare les actions entre elles et on calcule l'indice de concordance $C(a,b)$ compris entre 0 et 1. Cet indice mesure l'affirmation de « a surclasse b », a S b.

4.3 DESCRIPTION DU PROBLÈME PAR CRITÈRE ET POIDS PAR CRITÈRE

Nous procéderons à la détermination des critères pouvant nous amener au choix d'une structure de données. A chaque critère sera associé une valeur k_j qui déterminera le poids du critère.

Pour le présent article, nos structures de données sont évaluées sur la base de 6 critères qui sont :

- Cr_1 : Insertion d'une écriture comptable dans une structure de données,
- Cr_2 : Suppression d'une écriture comptable dans une structure de données,
- Cr_3 : Recherche d'une écriture comptable dans une structure de données,
- Cr_4 : Tri des écritures comptables dans une structure de données,
- Cr_5 : Complexité de la structure de données,
- Cr_6 : Allocation mémoire d'une structure de données,
- Cr_7 : Manipulation de la structure de données,

L'importance de chaque critère dans la prise de décision est traduite par un poids k_j tel que repris dans le tableau 4.

Tableau 4 : Critères et Poids

| CRITERE | Cr_1 | Cr_2 | Cr_3 | Cr_4 | Cr_5 | Cr_6 | Cr_7 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| POIDS (K_j) | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 |

4.4 MATRICE D'ÉVALUATION DES SOLUTIONS POTENTIELLES PAR CRITÈRE

Pour déterminer l'échelle de notation des valeurs, nous avons mené une enquête auprès plusieurs informaticiens, nous avons ensuite calculé la moyenne arithmétique pour chaque valeur pondérée.

Chaque structure de données est évaluée en fonction des critères retenus à l'aide d'une échelle qualitative et des scores présentés dans le tableau 5. Plus le score est élevé, plus la structure de données est performante.

La problématique à résoudre est de choisir le sous-ensemble de structure de données avec la plus performante mise en œuvre. Electre I nous permettra de par l'utilisation de la matrice de concordance et cette discordance à dégager la structure de données qui surclasse les autres

Tableau 5 : Performance

| STRUCTURE DE DONNEES | Cr_1 | Cr_2 | Cr_3 | Cr_4 | Cr_5 | Cr_6 | Cr_7 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| LISTE CHAINEES(SD1) | 20 | 20 | 17 | 18 | 15 | 20 | 17 |
| PILE (SD2) | 5 | 5 | 10 | 0 | 10 | 16 | 15 |
| FILE (SD3) | 5 | 5 | 10 | 0 | 12 | 18 | 16 |
| ARBRE BINAIRE (SD4) | 20 | 20 | 20 | 20 | 16 | 15 | 10 |

a. Détermination de l'indice de concordance

Utilisant la formule de la concordance définie par ROY¹⁸ repris ici :

$$C(a, b) = \frac{\sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} k_j}{K} \text{ avec } K = \sum_{j=1}^n k_j,$$

¹⁸ Ibidem9

Ainsi nous aurons :

$$\begin{aligned}
 C(SD_1,SD_2) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 1}{10} = 1,0 ; & C(SD_2,SD_3) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 0}{10} = 0,5 \\
 C(SD_2,SD_1) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 2 + 0}{10} = 0,4 ; & C(SD_3,SD_2) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 1}{10} = 1,0 \\
 C(SD_1,SD_3) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2 + 1}{10} = 1,0 ; & C(SD_2,SD_4) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1}{10} = 0,3 \\
 C(SD_3,SD_1) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 2 + 0}{10} = 0,4 ; & C(SD_4,SD_2) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 0 + 1}{10} = 0,8 \\
 C(SD_1,SD_4) &: \frac{1 + 1 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1}{10} = 0,5 ; & C(SD_3,SD_4) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1}{10} = 0,3 \\
 C(SD_4,SD_1) &: \frac{1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 0 + 0}{10} = 0,7 ; & C(SD_4,SD_3) &: \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 1}{10} = 0,3
 \end{aligned}$$

Nous combinerons les différents indices de concordance sous forme de matrice dans le tableau 6.

Tableau 6 : MATRICE DE CONCORDANCE

| | SD ₁ | SD ₂ | SD ₃ | SD ₄ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| SD ₁ | - | 1,0 | 1,0 | 0,5 |
| SD ₂ | 0,4 | - | 0,9 | 0,3 |
| SD ₃ | 0,4 | 0,1 | - | 0,3 |
| SD ₄ | 0,7 | 0,8 | 0,3 | - |

b. Détermination De L'indice De Discordance

Utilisant la formule de la discordance défini par ROY (Roy, B., Bouyssou, D., 1993. *Aide multicritère à la décision : méthodes et cas*. Édition Economica, Paris). repris ici :

$$D(a, b) = 0 \text{ si } \forall j, g_j(a) \geq g_j(b)$$

Sinon

$$D(a, b) = \frac{1}{\delta} \max_j [g_j(b) - g_j(a)]$$

Ainsi pour déterminer, nous allons calculer la différence maximale :

$$\delta = 20 - 5 = 15, \text{ puis déterminer les indices de discordance,}$$

$$\begin{aligned}
 C(SD_1,SD_2) &: \frac{0}{15} = 0,00 ; & C(SD_2,SD_3) &: \frac{18 - 16}{15} = 0,13 \\
 C(SD_2,SD_1) &: \frac{20 - 16}{15} = 0,27 ; & C(SD_3,SD_2) &: \frac{0}{15} = 0,00 \\
 C(SD_1,SD_3) &: \frac{0}{15} = 0,00 ; & C(SD_2,SD_4) &: \frac{20 - 10}{15} = 0,67 \\
 C(SD_3,SD_1) &: \frac{20 - 18}{15} = 0,13 ; & C(SD_4,SD_2) &: \frac{0}{15} = 0,00 \\
 C(SD_1,SD_4) &: \frac{0}{15} = 0,00 ; & C(SD_3,SD_4) &: \frac{20 - 10}{15} = 0,67 \\
 C(SD_4,SD_1) &: \frac{0}{15} = 0,00 ; & C(SD_4,SD_3) &: \frac{0}{15} = 0,00
 \end{aligned}$$

Nous allons construire la matrice de discordance sur base des valeurs reprises ci haut dans le tableau 7.

Tableau 7 : MATRICE DE DISCORDANCE

| | SD ₁ | SD ₂ | SD ₃ | SD ₄ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| SD ₁ | - | 0 | 0 | 0 |
| SD ₂ | 0,27 | - | 0,13 | 0,67 |
| SD ₃ | 0,13 | 0,0 | - | 0,67 |
| SD ₄ | 0 | 0 | 0 | - |

c. Seuil de Concordance « c » Et Seuil de Discordance « d »

Pour la détermination du seuil de concordance et du seuil de discordance, la valeur sensiblement en dessous du plus grand indice de concordance et la valeur légèrement au-dessus du plus petit indice de discordance. De cette façon nous trouverons une solution non optimale, mais plus une solution compromis. Ainsi nous optons pour $c = 0.9$, $d = 0.13$

d. Graphe de Sur-classement

A l'issue du calcul des indices de concordance et de discordance, un graphe est établi où les actions sont représentées par les sommets et les représentant les sur-classements. Si une action (a_i) surclasse une action (a_k), une flèche partant de a_i et aboutissement à a_k unit les deux sommets. Cela permet de définir le noyau comme l'ensemble des actions auxquelles n'aboutit aucune flèche du noyau lui-même. La méthode Electre relevé de la problématique α : sélection de « bonnes » actions à partir de vrai critères.

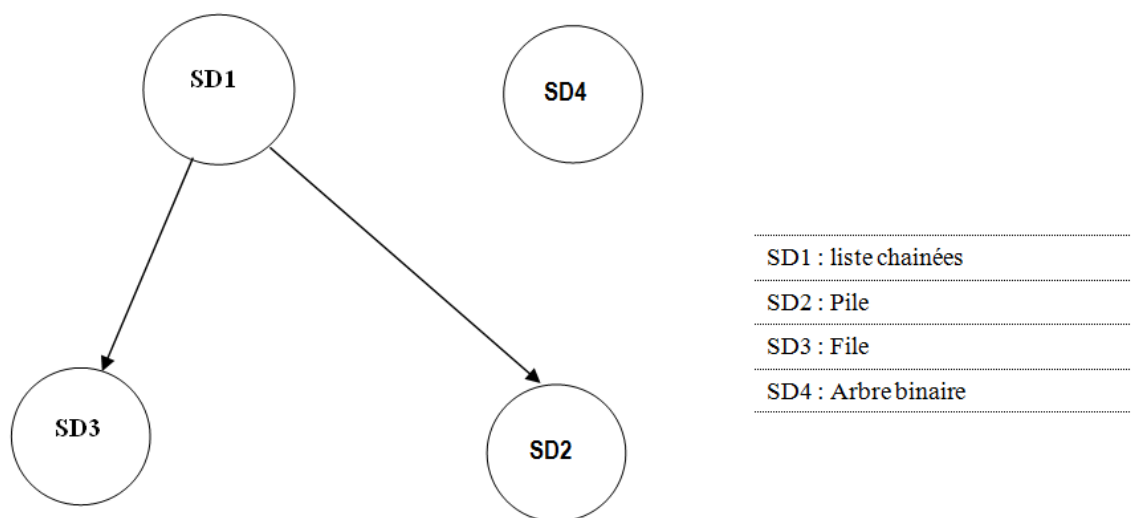
$$a \text{ S } b \text{ si et seulement si } = \left\{ \begin{array}{l} C(a,b) \geq c \\ D(a,b) \leq d \end{array} \right.$$

SD₁ et SD₄ sont Indifférentes, nous disons qu'il existe des raisons claires et positives qui justifient une équivalence entre deux structures de données : SD₁ I SD₄.

Par contre SD₁ S SD₂, SD₁ S SD₃, qu'il existe des raisons claires et positives qui justifient un sur-classement significatif en faveur de la structure de données SD₁ sur SD₂ et SD₃.

Et enfin SD₄ R SD₂, SD₄ R SD₃, SD₂ R SD₃ et qu'il y a absence de raisons claires et positives justifiant l'indifférence ou le sur-classement de SD₄ sur SD₂ et SD₃

Ainsi nous obtiendrons un graphe de sur-classement :



Les structures de données à retenir sont les structures SD1 et SD4, c'est-à-dire la liste chaînée pour SD1 et l'arbre binaire pour SD2.

5 CONCLUSION

La confrontation que nous avons effectuée a permis d'étudier en détail 4 structures de données de leur classe en fonction de notre besoin relatif aux systèmes de gestion avec les techniques multicritère d'aide à la décision de type Electre I, et ceci selon 7 critères : Insertion des données, Suppression des données, Recherche des données, Tri des données, Complexité de la structure, Allocation mémoire et Manipulation de la structure.

Ainsi la méthode utilisée de choix de la structure de données informatique nous a permis d'opter pour la liste chaînée et l'arbre binaire. La pile et la file, les deux structures sont surclassées par la liste chaînée, mais pour ce qui est de l'arbre binaire, il y a incomparabilité entre la pile et la file.

Le graphe tracé est l'expression du choix de la structure performante.

Cependant, il est clair cette confrontation a été influencée par notre perception du domaine d'application, de plus, pour certains critères, l'avis n'est pas toujours en réalité aussi binaire que le remplissage des tableaux le suggère. D'autres auteurs auraient pu remplir certaines cases de manière sensiblement différente.

REFERENCES

- [1] SEYMOUR LIPSCHUTZ, Les structures de données cours et problèmes, Série Schaum, Hill inc, Paris, 1987.
- [2] B. MUYER, Méthodes de programmation, Ed. Eyrolles, Paris, 2008.
- [3] N. Wirth, Algorithmes et structures de données, Eyrolles, Paris, 1987.
- [4] Aho, J. Hopcroft, J. Ullman, Structures de données et algorithmes, Inter Editions, Paris, 1987.
- [5] Roy B., Bouyssou, D., (1993) "Aide multicritère à la décision : méthodes et cas", Economica, Collection Gestion, Paris.
- [6] Yves GRANJON, *Informatique Algorithmiques en Pascal et en langage C*, Ed. Dunod, Paris, 1999.
- [7] Vincke Ph., 1989. L'aide multicritère à la décision, Editions de l'Université de Bruxelles – Editions Ellipses, Bruxelles.
- [8] Roy B., Bouyssou, D. (1992). Aide à la décision, Encyclopédie du management, Vuibert, pp. 447-457.
- [9] Saaty, T.L., 1977, "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", Journal of Mathematical Psychology 15, 234-281.
- [10] Caillet, R., Analyse multicritère : Étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie, CIRANO, Montréal, août 2003.
- [11] Schärting, Alain, Décider sur plusieurs critères, Presses Polytechniques Romandes, 1985, 304 pages.
- [12] Jean-Paul Delahaye. Complexités : aux limites des mathématiques et de l'informatique. Belin, 2006.
- [13] Christophe Darmangeat. Algorithmique et programmation pour non-matheux. Université, Paris 7.
- [14] <https://fr.wikipedia.org/wiki/ELECTRE>