

---

# **Thèse**

en vue de l'obtention du grade de  
**Docteur de l'Université de Savoie**

Spécialité : **Electronique, Electrotechnique, Automatique**

Par

**Abdellah AKHARRAZ**

## **Acceptabilité de la décision et risque décisionnel : Un système explicatif de fusion d'informations par l'intégrale de Choquet**

Préparée au laboratoire LGI2P de l'Ecole des Mines d'Alès

Encadrement: M. Jacky Montmain (LGI2P EMA-CEA)

M. Gilles Mauris (LISTIC Université de Savoie)

Date de soutenance : 28 septembre 2004

devant le jury composé de :

M. Michel GRABISCH	Professeur à l'Université Paris 1 (Rapporteur)
M. Alexis TSOUKIAS	Chargé de Recherche CNRS, HDR (Rapporteur)
M. Jean-Louis ERMINE	Professeur à l'INT d'Evry (Examineur)
Mme. Sylviane GENTIL	Professeur à l'INP de Grenoble (Examineur)
M. Jacky MONTMAIN	Ingénieur de Recherche CEA, HDR
M. Gilles MAURIS	Maître de Conférences à l'Université de Savoie

---

---

---

---

## *Remerciements*

Je tiens à remercier d'abord les membres du jury :

Mme Sylviane GENTIL, Professeur à l'INP de Grenoble, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

M. Michel GRABISCH, Professeur à l'Université Paris 1, et M. Alexis TSOUKIAS, Chargé de Recherche au CNRS, qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude pour avoir accepté de rapporter ce mémoire. Je leur suis reconnaissant de l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.

Mes remerciements vont également à M. Jean-Louis ERMINE, Professeur à l'INT d'Evry, pour avoir accepté d'examiner ce travail et participer au jury.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes remerciements les plus sincères à M. Jacky MONTMAIN, ingénieur de recherche au CEA, pour avoir encadré mes travaux de recherche et m'avoir soutenu tout au long de ces années.

Je présente mes sincères remerciements à M. Gilles MAURIS, Maître de conférence à l'université de Savoie, co-directeur de thèse, pour la qualité de son encadrement et pour ses conseils pertinents.

Merci à Francois Troussel pour son aide précieuse pendant la phase de développement, ainsi que Gérard Dray et Stefan Janaqi pour leurs concours.

Merci à tous mes amis pour leurs soutiens et encouragements.

Mes derniers remerciements vont à ceux qui m'ont soutenu de loin. Je pense particulièrement à ma famille.

---

---

*A ma mère*

---

## ***Table des matières***

---

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : Proposition d'une vision cybernétique d'un processus décisionnel dynamique</b>	
<b>1. Introduction.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Décision et organisation .....</b>	<b>11</b>
2.1 Éléments épistémologiques .....	11
2.2 Typologie de situations décisionnelles .....	13
2.2.1 Situation complexe et décision.....	13
2.2.2 Contexte organisationnel et perception de la situation.....	15
2.3 Spécificités de la décision en organisation.....	17
2.3.1 Jeux d'acteurs et contraintes organisationnelles.....	18
2.3.2 Disponibilité et rôle de l'information dans le processus dynamique de la décision...	20
2.3.3 Rationalité limitée .....	22
2.3.4 Une vision multicritère.....	24
2.3.5 En conclusion .....	26
<b>3. Informations, Connaissances et Décisions .....</b>	<b>26</b>
3.1 A l'origine, le modèle S.T.I.....	26
3.2 De l'information à la connaissance .....	27
3.3 Connaissances Actionnables (CAs).....	29
3.4 Cartographie des CAs.....	30
<b>4. Une vision cybernétique de la problématique.....</b>	<b>31</b>
4.1 Évaluation et explication par les CAs .....	32
4.1.1 Grille d'évaluation datée .....	32
4.1.2 Grille de suivi .....	33
4.1.3 Grille d'explication dans le temps.....	34
4.1.4 Logique décisionnelle et rhétorique argumentaire .....	35

---

4.2 Risque décisionnel.....	36
4.2.1 Notion de risque lié au contenu en information du SGDC.....	36
4.2.2 Différents types de risque.....	36
4.2.2.1 Risque de litige.....	36
4.2.2.2 Risque de déception .....	37
4.2.2.3 Risque d'ignorance .....	37
4.3 Contrôle de la dynamique du processus décisionnel .....	37
4.4 Les éléments de la boucle de contrôle .....	38
<b>5. Conclusion.....</b>	<b>41</b>
<b>CHAPITRE II : Fonctionnalités d'explication et gestion du risque d'une décision</b>	
<b>basée sur l'intégrale de Choquet</b>	
<b>1. Introduction .....</b>	<b>45</b>
<b>2. Agrégation dans le cadre du SGDC.....</b>	<b>46</b>
2.1 Préliminaires et notations .....	46
2.2 Différents niveaux d'agrégation multicritère.....	46
2.2.1 Agrégation sur une case .....	47
2.2.2 Agrégation dans le temps .....	48
2.2.3 Agrégation sur une colonne.....	48
2.3 Limites de l'étude .....	48
2.4 Intégrale floue de Choquet .....	49
2.4.1 Intérêt pour l'agrégation sur une colonne.....	49
2.4.2 Importance relative des critères: Indices et valeur de Shapley.....	50
2.4.3 Le concept d'interaction mutuelle entre les critères .....	51
2.4.4 Le modèle 2-additif .....	52
2.5 En conclusion .....	53
<b>3. Fonctionnalités d'explication et d'argumentation d'une stratégie décisionnelle.</b>	<b>54</b>
3.1 Introduction .....	54
3.2 Objectifs .....	54
3.3 Application à une agrégation par la moyenne pondérée .....	55
3.3.1 Explication en absolu .....	55
3.3.2 Interprétation linguistique .....	56
3.3.3 Explication en relatif .....	59

---

---

3.3.4 Explication en moyenne .....	59
3.3.5 Explication dans le temps .....	62
3.3.6 Automatisation de l'extraction des CAs de la base de connaissances .....	63
3.4 Extension aux opérateurs de la famille de l'intégrale de Choquet .....	66
3.4.1 Problématique.....	66
3.4.2 Explication en absolu .....	68
3.4.3 Explication en relatif .....	69
3.4.4 Explication en moyenne .....	69
3.4.5 Explication dans le temps .....	72
3.4.6 Extraction automatique des CAs discursives .....	72
<b>4. Définition et gestion du risque décisionnel.....</b>	<b>74</b>
4.1 Introduction .....	74
4.2 Formalisation des types de risque .....	74
4.2.1 Cas de la moyenne pondérée .....	75
4.2.1.1 Risque de litige .....	75
4.2.1.2 Risque de déception .....	77
4.2.2 Extension aux opérateurs de la famille de l'intégrale de Choquet .....	78
4.3 Stratégies de contrôle du risque.....	82
4.3.1 Vision dynamique du processus de décision .....	82
4.3.2 Vision régulation .....	83
<b>5. Conclusion.....</b>	<b>85</b>
 <b>CHAPITRE III : Réalisation d'un SIAD explicatif : application à la programmation de films</b>	
<b>1. Introduction .....</b>	<b>89</b>
<b>2. Les systèmes de recommandation .....</b>	<b>90</b>
2.1 Présentation .....	90
2.2 Le besoin d'explications .....	90
2.3 Les « movies recommenders » .....	91
<b>3. Description de l'application.....</b>	<b>91</b>
3.1 Critères d'évaluation .....	92
3.2 Liste des films .....	93
<b>4. Construction et évaluation des CAs.....</b>	<b>93</b>

---

4.1 Construction d'une CA .....	93
4.2 Évaluation des films .....	95
4.3 Architecture informatique .....	95
<b>5. Simulations de stratégies décisionnelles .....</b>	<b>96</b>
5.1 Agrégation par une intégrale de Choquet 2-additive.....	96
5.1.1 Paramètres du modèle .....	96
5.1.2 Fonctionnalités de Supervision .....	98
5.1.3 Grilles de suivi dans le temps.....	101
<b>6. Fonctionnalités d'explication des stratégies décisionnelles.....</b>	<b>103</b>
6.1 Explications dans l'absolu .....	104
6.1.1 Explication par l'influence des critères .....	104
6.1.2 Argumentation en langage naturel .....	108
6.1.3 Autres exemples d'illustration .....	110
6.2 Explication en relatif .....	112
6.3 Explication en moyenne .....	115
<b>7. Gestion du risque décisionnel.....</b>	<b>117</b>
7.1 Illustration .....	117
7.2 Scénarios de pilotage du risque décisionnel .....	121
<b>8. Projet ETLD .....</b>	<b>126</b>
<b>9. Conclusion.....</b>	<b>132</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>133</b>
<b>Annexe 1 : SIAD et Systèmes à Base de Connaissances .....</b>	<b>139</b>
<b>Annexe 2 : Les explications dans les systèmes experts.....</b>	<b>143</b>
<b>Annexe 3 : Mesures k-additives et preuve de la formule (33).....</b>	<b>147</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>151</b>



---

## Liste des figures

---

Figure 1: Le processus décisionnel selon le modèle IDCR de Simon.....	22
Figure 2: Bases et échanges du SGDC.....	29
Figure 3: Cartographie des CAs .....	31
Figure 4: Grille d'évaluation et hiérarchie de critères .....	33
Figure 5: Grilles d'évaluation, d'explication et tableau de bord .....	34
Figure 6: Contrôle de l'information décisionnelle ou pilotage par le risque .....	39
Figure 7: Découpage en étiquettes symboliques des contributions partielles .....	58
Figure 8: Pilotage par le contrôle de risque .....	83
Figure 9: Exemple de "film recommander": movielens .....	91
Figure 10: Exemple de CA, critiques évaluées du film "Dancer in the Dark" .....	94
Figure 11: Tableau de bord et de supervision .....	99
Figure 12: Echelle et signification des couleurs.....	99
Figure 13: Classement au 26/04/03 à 20h .....	100
Figure 14: Grille d'évaluation au temps T=2003-04-25 à 20h .....	101
Figure 15: Explication du film "les rivières pourpres" du 25/04/03 au 28/04/03.....	102
Figure 16: Explication entre deux dates successives.....	102
Figure 17: Explication par critère entre deux dates.....	103
Figure 18: Explication globale à T=27 /04/2003 à 12h.....	103
Figure 19: Indices locaux d'importance.....	106
Figure 20: Graphe des potentiels absolus à T=27/04/03 à 12h .....	107
Figure 21: Classement à T=27/04/03 à 12h.....	108
Figure 22: Justification en "un mot" du film "Harry" à T=27/04/03 à 12h .....	109
Figure 23: Justification en "détail" du film "Harry" à T=27/04/03 à 12h .....	110
Figure 24: Classement à T=26/04/03 à 08h.....	110

---

Figure 25: Explication "en un mot " pour le film "O'brother" à T=26/04/2003 à 08h .....	111
Figure 26: Explication "détaillée" du film "O'brother" à T="26/04/2003 à 08h" .....	111
Figure 27: Graphe des potentiels relatifs à T=27/04/03 à 12h .....	113
Figure 28: Explication relative "en gros" en langage naturel à T=27/04/03 à 12h.....	114
Figure 29: Explication relative en détail à T=26/04/03 à 20h .....	115
Figure 30: Critiques expliquant en moyenne le succès de " Harry " à T=27/04/03 12h .....	116
Figure 31: Justification en moyenne de « Révélation » au 27/04/03 à 20h .....	117
Figure 32: Indices de risque de Litige à T=27/04/03 à 12h.....	118
Figure 33: Indices individuels du pouvoir d'amélioration à T=27/04/03 à 12h.....	119
Figure 34: IRL et chemins sensibles à T=27/04/03 à 12h .....	120
Figure 35: IRD à T=27/04/03 à 12h .....	121
Figure 36: Critique envers le film "Révélation" à T1=27/04/03 à 20h.....	122
Figure 37: Classement à T1=27/04/03 à 20h.....	122
Figure 38: IRL à T1=27/04/03 à 20h.....	123
Figure 39: Risques et chemins critiques à T1=27/04/03 à 20h.....	123
Figure 40: Critique négative envers le film « Harry ».....	124
Figure 41: Classement à T2=28/04/03 à 00h.....	125
Figure 42: IRL à T2= 28/04/03 à 00h.....	125
Figure 43: Le serveur de connaissances d'EtLD .....	129
Figure 44 : Cartographie hiérarchisée dans EtLD .....	129
Figure 45: Statistiques des documents scientifiques cartographiés.....	130
Figure 46: Exemple d'EC dans EtLD.....	131

---

## Liste des tableaux

---

Tableau 1: Tableau des scores partiels .....	61
Tableau 2: Tableau des potentiels absolus .....	61
Tableau 3: Tableau des potentiels relatifs .....	61
Tableau 4: Tableau des potentiels relatifs moyens .....	61
Tableau 5: Indices d'importance pour chaque couple (critère, solution) .....	71
Tableau 6: Tableau des potentiels absolus pour chaque solution .....	71
Tableau 7: Tableau des potentiels relatifs .....	71
Tableau 8: Tableau des potentiels relatifs moyens .....	72
Tableau 9: Calcul des IRL et IPA .....	78
Tableau 10: Calcul des indices $IRL_{\mu}^{Sk}$ et $IPA_{\mu}^{Sk}(j)$ .....	82
Tableau 11: Classes et intervalles d'importance .....	97
Tableau 12: Classes et intervalles d'interaction .....	97
Tableau 13: Indices de Shapley et d'interaction .....	98
Tableau 14: Indices d'interaction et contraintes associées .....	98
Tableau 15: Matrice de décision à T=27/04/03 à 12h .....	104
Tableau 16: Indices locaux d'importance (T=27/04/03 à 12h) .....	105
Tableau 17: Les potentiels absolus à T=27/04/03 à 12h .....	107
Tableau 18: Les potentiels relatifs à T= 27/04/03 à 12h .....	112
Tableau 19: Potentiels moyens à T= 27/04/03 à 12h .....	115



# *Introduction générale*

---

L'examen de la réalité des décisions montre que décider ne correspond pas à une phase précise, clairement identifiable où tombe le couperet. La langue française emploie l'expression « prendre une décision » un peu comme si la décision était un objet identifiable. Le point d'arrivée est confondu avec le processus. La langue anglaise, qui emploie l'expression de « decision making process » (la fabrication de la décision) rend mieux compte de ce fait. La décision est un cheminement : elle se construit, se négocie, suit des voies sinueuses au cours du temps [Sciences Humaines (Hors série n°2), 93 ; Doise 92; 98].

Il existe plusieurs entrées, plusieurs points de vue, plusieurs lectures des sciences de la décision. Il est légitime de distinguer quelques grands domaines qui constituent des centres d'intérêt particulier pour des études sur la décision : le domaine politique [Thoenig, 93], celui des entreprises et des organisations, celui de la vie quotidienne. Le nombre d'approches de la décision reflète la complexité du phénomène mais aussi la diversité des domaines d'application. On ne décide pas de la même façon dans un ministère ou dans une PME, dans une assemblée générale de grévistes ou dans une firme multinationale. Selon le contexte d'action, la dimension politique, psychologique, organisationnelle, le poids de l'environnement, ... seront plus ou moins prépondérants [Stratégor, 88]. Pour notre part, nous nous intéresserons plus particulièrement dans ce mémoire à la décision dans une organisation.

La recherche opérationnelle est l'une des disciplines scientifiques qui a le plus contribué en théorie et en pratique à la problématique de la décision. Elle a permis d'élaborer des modèles pour des problèmes de décision relevant de la combinatoire et/ou de l'aléatoire. Elle se fonde sur le principe de formalisation et le calcul d'optimisation.

Ce modèle théorique fait abstraction des aspects organisationnels souvent

implicites dans un processus décisionnel. Cette hypothèse est rarement valide dans un processus de décision collective. Les actions ou les mesures résultantes sont élaborées à travers un processus long et enchevêtré mobilisant de nombreux acteurs ; il n'y a pas, une décision, un décideur, mais une série de stratégies et de compromis entre les points de vue, entre des groupes qui ne partagent pas la même solution. Derrière l'image trompeuse d'une décision consciente et unifiée, il y a en fait une multiplicité de rationalités différentes qui s'imbriquent, se superposent et se confrontent [Sfez, 92].

L'aide à la décision consistait alors à proposer une formalisation mathématique des problèmes de décision dont les solutions permettaient d'optimiser une certaine fonction économique. Le caractère réducteur d'une telle approche face à la complexité grandissante des problèmes socio-techniques a permis à des notions comme la rationalité limitée, le raisonnement heuristique ou le traitement de l'information de se développer pour donner un nouvel éclairage sur le processus de la décision dans une organisation. Le décideur cherche à construire des solutions lui procurant un niveau minimal de satisfaction et non un optimum dans un environnement ouvert et complexe où les multiples acteurs impliqués n'ont pas forcément les mêmes représentations et intérêts [Simon, 47]. Ensuite, il s'est agi de prendre en compte l'aspect organisationnel du processus de décision, c'est-à-dire reconnaître la nature collective de la décision, l'impact de la structure de l'organisation, ainsi que celle de son environnement [March, 91], avant que ne soit introduit la nature politique des comportements organisationnels [Sfez, 92].

Il y a donc un incontestable aspect multidimensionnel dans la décision collective : pluralités d'acteurs, d'interprétations, d'intérêts, de critères d'évaluation, etc. Avant l'apparition des méthodes multicritères, les problèmes de décision se ramenaient le plus souvent à l'optimisation d'une fonction économique, constituant l'unique critère de sélection. Cette approche monocritère avait le mérite de déboucher sur des problèmes mathématiques bien posés mais qui n'étaient pas toujours représentatifs de la réalité. Toute la réalité humaine est « à points de vue multiples ». Sur la base de ce constat, notre approche de la décision en organisation, relève résolument d'une analyse multicritère, devant prendre en compte des relations parfois complexes entre les critères considérés.

Le management du risque est au cœur des situations décisionnelles complexes, où incertitude, imprécision et incomplétude des connaissances s'amalgament dans l'évaluation des risques. La nature des processus décisionnels conduit à considérer différentes stratégies selon que le choix de l'action repose :

- sur la résolution d'un problème (dont la représentation formelle peut être délicate ; lorsqu'elle est analytique, la résolution devient un problème de recherche opérationnelle) ;
- ou bien sur la recherche de consensus entre différents points de vue et stratégies (la décision est alors non-programmable et le processus devient la recherche d'une procédure acceptable de traitement de l'information) ;
- ou encore sur l'interaction entre des groupes aux intérêts divergents (décision non structurée) ; le problème décisionnel se développe par un exercice d'adaptation de l'organisation. Il s'agit là de construire un processus dans lequel tous les acteurs puissent être capables de contribuer à une action collective qui fasse sens individuellement et collectivement.

L'étude de ces différents processus de décision et d'action collectives doit conduire à proposer des outils et méthodes adaptés à la nature du processus et destinés à aider l'homme à conduire son action, c'est-à-dire une ingénierie de la décision et de l'action.

Dans le cadre de la décision en organisation, le point crucial du processus de décision semble bien être la phase d'information [Simon, 76 ; 91]. L'aide à la décision consiste alors à essayer de représenter et d'améliorer la façon dont les hommes utilisent leurs capacités de raisonnement et de traitement de l'information. Une aide à la décision doit avoir pour ambition d'aider le décideur à structurer, interpréter et comprendre l'information quand la quantité ou la complexité de celle-ci dépasse sa capacité de raisonnement ou de mémoire. Elle est destinée à l'assister, l'accompagner dans sa compréhension de la situation décisionnelle en lui proposant une justification des choix retenus et en lui permettant d'évaluer les risques qu'il prend lorsqu'il adopte telle ou telle stratégie. La non-optimalité de la solution retenue, son caractère *juste satisfaisant*, la rend non unique et nécessite donc que l'on en justifie le choix, que l'on fasse valoir les savoirs sur lequel repose ce choix. Dans la plupart des cas, la solution retenue à une date donnée résulte d'un compromis entre le coût pour l'organisation à continuer la recherche d'une solution toujours plus « satisfaisante », c'est-à-dire le coût pour acquérir une meilleure connaissance de la situation, et le risque encouru à se décider à cette date compte tenu de l'état des connaissances. L'information a un coût pour l'organisation, il faut savoir le prix que l'on est prêt à payer pour ramener le risque en dessous d'un seuil d'acceptabilité prédéterminé. Il est donc essentiel de pouvoir fournir au décideur en « temps réel » une estimation du niveau de risque décisionnel (en terme de sensibilité du classement des alternatives à une date donnée) et du coût du processus d'information nécessaire pour réduire ce risque à un niveau acceptable.

Enoncée ainsi, la problématique de l'aide à la décision s'identifie à la recherche d'une procédure de traitement de l'information et de raisonnement satisfaisante. Cette analyse insiste en définitive sur les aspects cognitifs de la décision, l'acquisition et le traitement de l'information apparaissant comme plus importants pour prendre une «bonne» décision que la recherche fine illusoire d'une décision en apparence «la meilleure». Les différentes phases de la décision ne se présentent pas de façon linéaire, mais en boucles. De nombreuses itérations sont nécessaires, au vu de la faible capacité cognitive des hommes et de la complexité des problèmes de décision, avant qu'un terme puisse être apporté au processus de décision.

La complexité d'une situation décisionnelle est fonction de l'état de la connaissance que l'on a de cette situation à l'instant de la sélection. La quantité, la qualité ou la complétude des connaissances utiles à la décision à un instant donné détermine le niveau de risque que l'on prend à devoir agir à cet instant. A l'ère des réseaux numériques, trouver la donnée utile et pertinente au bon moment devient un enjeu crucial de la décision. Les systèmes d'information dynamiques et intelligents deviennent ainsi les outils privilégiés de la décision collective. C'est dans cette perspective que nous abordons l'approche exposée dans ce manuscrit. Nous proposons donc une procédure d'aide à la décision axée sur le traitement de l'information qui met en œuvre sur le plan *outil informatique*, un système de gestion dynamique des connaissances (SGDC) et un système interactif d'aide à la décision de groupe (SIADG).

Ce mémoire de thèse se compose de trois chapitres (Figure 0).

Le premier propose un modèle conceptuel du processus de décision dans une organisation. Nous listons, dans un premier temps, les spécificités de la décision dans une organisation. Puis, nous montrons en quoi le couplage d'un système d'aide à la décision multicritère et d'un système de gestion dynamique des connaissances offre une solution pertinente au traitement de l'information utile à la décision. L'intérêt de considérer des capacités explicatives et de définir un risque décisionnel pour un SIADG est alors discuté. Ce chapitre conclut sur une interprétation cybernétique (au sens de l'Automatique) du processus dynamique de la décision. Ce modèle propose une analogie entre les boucles de contrôle de l'automatique classique et les boucles cognitives de l'approche de Simon.

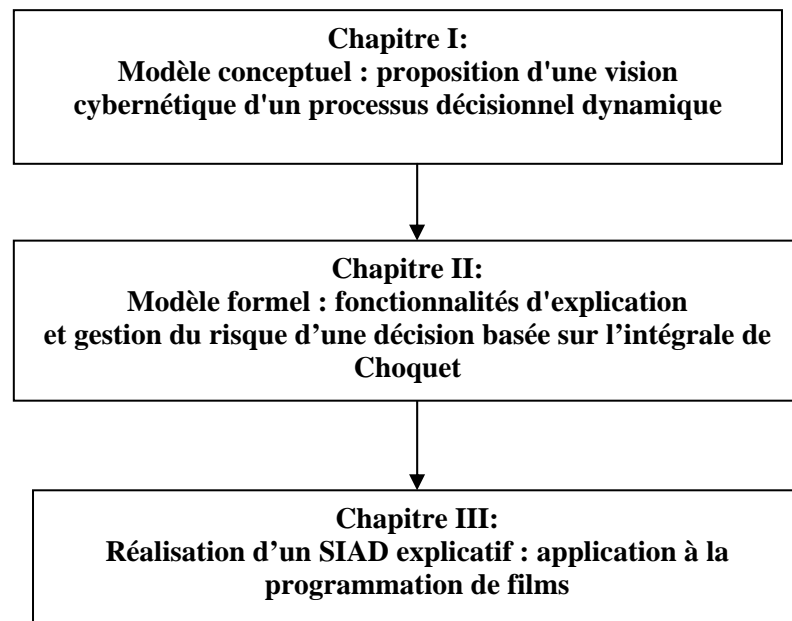
Le deuxième chapitre de ce mémoire traite des aspects mathématiques mis en exergue par le modèle conceptuel dans le chapitre précédent. Il a pour objectif de formaliser les concepts introduits dans la première partie du mémoire. Une première section est dédiée à la problématique de *l'agrégation* dans les systèmes d'aide à la décision. Une description des différents niveaux d'agrégation et la justification de l'intérêt d'utiliser des opérateurs de la famille de l'intégrale de Choquet pour prendre en compte les interactions entre les critères de sélection sont exposées.

Plus les problèmes à traiter deviennent difficiles à résoudre, plus la pertinence des explications devient importante. L'objectif de ce chapitre est ainsi de concevoir les fonctionnalités d'*explication* et d'*argumentation* dont un SIADG doit être doté pour améliorer la confiance de l'utilisateur en ses recommandations. Plusieurs techniques d'explication basées sur la notion de contribution marginale sont illustrées et formalisées pour des décisions basées sur une agrégation par une intégrale de Choquet

Les concepts de *risque décisionnel* et d'*acceptabilité de la décision* sont ensuite introduits. Plusieurs types de risques sont définis et formalisés. Nous montrons comment il est possible, à travers la notion de risque décisionnel, d'introduire une boucle de rétroaction dans la chaîne de traitement de la décision dynamique suivant une vision cybernétique. Enfin, quelques stratégies de contrôle du risque décisionnel sont proposées.

Le troisième chapitre est dédié à l'implantation informatique des fonctionnalités de notre SIADG. Les concepts du chapitre 1 et la formalisation du chapitre 2 sont illustrés sur une application. Une attention particulière est accordée à l'interface homme/machine (IHM) du SIADG qui facilite la présentation des résultats et le dialogue avec les utilisateurs potentiels. Nous traitons une application qui montre en pratique l'utilité des fonctionnalités conçues pour un problème de programmation de films dans un vidéo-club. L'analogie avec les problèmes posés dans le projet EDLT (*Entreposage de Très Longue Durée*) du CEA, à l'origine de nos travaux, est alors discutée.





*Figure 0: Conceptualisation, formalisation et implémentation informatique du processus de décision dans une organisation*



## **Chapitre 1**

---

# ***Proposition d'une vision cybernétique d'un processus décisionnel dynamique***

---



## **1. Introduction**

Ce chapitre propose un modèle conceptuel du processus de décision dans une organisation. La perspective d'analyse retenue relève d'une interprétation cybernétique du modèle cognitif de l'économiste et prix Nobel, H.A. Simon, qui montre que l'acquisition et le traitement de l'information apparaissent comme plus importants pour prendre une « bonne » décision dans une organisation que la recherche fine illusoire et trop simplificatrice d'une décision en apparence la meilleure.

Dans *Administration et processus de décision* traduit de *Administrative Behavior* (1947), H.A.Simon, explique pourquoi l'« homme administratif » n'est pas un « homo economicus » aux objectifs clairs et explicites, stables dans le temps, mutuellement indépendants. Une bonne partie de la littérature sur les sciences de l'organisation se borne à le constater.

Pour qu'un Système Interactif d'Aide à la Décision de Groupe (SIADG) soit accepté par ses utilisateurs, il faut non seulement qu'il soit capable de gérer toutes les informations disponibles utiles à la décision mais aussi qu'il propose la trace de la logique décisionnelle utilisée à des fins argumentatives. En effet, pour un collectif (organisation, équipe projet...), il est possible d'associer un grand nombre d'interprétations et de stratégies décisionnelles satisfaisantes à une même situation, la notion de solution optimale n'a pas nécessairement de sens. La décision de groupe nécessite donc de parvenir à un consensus, aussi est-il fondamental de doter un SIADG de fonctionnalités d'argumentation des choix proposés. Outre la légitimation de la logique décisionnelle, un autre point essentiel pour favoriser l'acceptabilité de la décision de groupe est l'évaluation des risques associés à cette décision. Le SIAD doit donc également évaluer la fiabilité de ses décisions et identifier les points précis sur lesquels l'utilisateur devrait acquérir davantage de connaissances pour garantir cette fiabilité ultérieurement.

Ce chapitre propose une alternative cybernétique au modèle du processus de décision vu par les sciences de l'organisation : il s'agit là d'une interprétation conceptuelle, l'instrumentation mathématique et informatique sera développée dans les chapitres 2 et 3 de ce rapport.

Nous commençons par rappeler quelques éléments épistémologiques quant au processus de décision dans le cadre d'une organisation. Ensuite, nous abordons la notion de situations complexes dans le cadre de la décision collective. Le contexte organisationnel est mis en lumière, et à ce propos, nous concluons cette partie par une tentative de typologie des situations décisionnelles. Nous nous intéressons ensuite, aux spécificités qui caractérisent la décision en organisation : les jeux d'acteurs, les contraintes organisationnelles, le rôle joué par l'information dans un processus

dynamique décisionnel. Nous présentons ensuite, les phases nécessaires au processus de décision en organisation suivant le modèle de H.A. Simon. Ce principe est basé sur la notion de rationalité limitée qui sous-entend que tout individu a ses propres limites cognitives et de traitement de l'information. Face à la complexité des problèmes de décision, les décideurs se contentent de construire des solutions satisfaisant un niveau minimal de satisfaction et non pas réputées optimales. Toujours selon le modèle de rationalité limitée, une vision multicritère est nécessaire pour modéliser de façon réaliste tout problème de décision complexe.

La troisième partie de ce chapitre est consacrée aux liens entre information, connaissance et décision. Ainsi, nous exposons les avantages de l'approche retenue au LGI2P ((Laboratoire de Génie Informatique et Ingénierie de la Production) qui consiste à intégrer les outils de gestion des connaissances dans les systèmes d'aide à la décision [Penalva *et al.*, 02b]. En effet, le couplage de ces deux systèmes permet de s'orienter vers des systèmes explicatifs automatisés. Fournir des explications à propos des choix proposés par un système d'aide à la décision permet d'accroître la confiance des utilisateurs vis-à-vis de tels systèmes.

Nous proposons, dans une quatrième partie de ce chapitre, notre vision cybernétique (au sens de l'Automatique) d'un processus décisionnel dynamique. La notion de risque décisionnel est introduite. Liée à la sensibilité d'une décision, elle-même fonction des connaissances dont on dispose à un instant donné, elle permet de jouer sur la dynamique du processus d'évaluation. Elle induit une boucle de réaction sur la gestion du contenu de la base de connaissances.

## 2. *Décision et organisation*

### 2.1 *Éléments épistémologiques*

L'émergence de la décision comme domaine d'étude scientifique remonte aux années 1943 et 1948, moment où se créent trois courants de recherche parallèles.

- Les théories mathématiques de la décision centrées autour de la théorie des jeux, des théories normatives avec J.von Neumann, O.Morgensten et Savage. Cette approche est surtout développée en économie mathématique [Neumann *et al.*, 44 ][Savage, 72][Yager, 79] ;
- La cybernétique comme science de la communication et de la commande dans les systèmes naturels et artificiels créée par N.Wiener en 1948 [Wiener, 48] et vite associée aux problématiques de la recherche opérationnelle ;
- L'approche organisationnelle proposée par H.A. Simon à travers sa thèse publiée en 1947 [Simon, 47] "*A study of the decision making process in administrative organization*".

Revenons plus en détails sur l'évolution historique de ces courants<sup>1</sup>. La Recherche Opérationnelle (ROP) est née aux Etats Unis dans le cadre des recherches de stratégie militaire. Elle a pris son essor après la seconde Guerre mondiale dans le domaine de l'économie et de la gestion. Elle se fonde sur le principe de formalisation des choix et le calcul d'optimisation. Pour choisir dans l'incertain, trancher entre diverses formules, il faut un critère de choix qui corresponde à une attitude face au risque. La décision reste dans cette perspective un processus de planification où le principe directeur est la raison (la déduction) « La logique est une valeur universelle, un outil de compréhension du monde autant qu'un moyen de le transformer » [Sakarovitch, 84a ; 84b].

S'il va de soi que toute stratégie repose nécessairement sur un ensemble d'informations sur la situation décisionnelle (« les ressources nécessaires au décideur »), l'obtention, la disponibilité, la gestion, l'organisation, le partage, l'échange, le traitement, la fiabilité, la pertinence, la complétude et l'interprétation de cette information sont autant de dimensions qui, dans nombre de « situations complexes » remettent largement en cause les modèles théoriques « linéaires » du processus de la décision de la ROP. Le schéma causal de la décision qui y est imposé considère les aspects suivants : formulation d'un désir et conception d'un projet y répondant, prise d'information, délibération, décision proprement dite et exécution, rencontre les limites de toute linéarité : l'impossibilité de considérer des causalités enchevêtrées. L'exécution, par exemple, ne va-t-elle pas changer la conception même du projet, le but recherché ? D'une manière générale, chacune des phases modifie l'objectif initial. La délibération conduit à rechercher de nouvelles informations, etc.

L'étude du processus de la décision doit donc inclure un véritable processus de traitement de l'information lorsque la situation n'est pas complètement « mathématisable », ce qui est généralement le cas lorsque la décision relève d'une

---

<sup>1</sup> Ce paragraphe est largement issu d'une présentation effectuée par J. Montmain au LGI2P en Septembre 2003.

organisation ou d'un quelconque collectif. H.A. Simon [Simon, 47], qui a élaboré la théorie économique de la rationalité limitée présentée en 1947 dans *Administration et processus de décision*, précise à cet effet que la difficulté consiste à traiter l'information entre autre parce qu'elle est trop abondante. Pour cela, il met en avant les outils informatiques, qu'il appelle des « prothèses de l'homme » au sens où ils aident ce dernier à poser plus rationnellement les problèmes, filtrer les informations, simuler et planifier l'action qui devra suivre. Il édicte alors quelques principes pour la conception de ces outils et précise que l'essentiel est de comprendre la manière dont les décisions sont prises dans l'organisation [Cyert *et al.*, 70], soulever les questions auxquelles l'information va répondre et adopter une approche arborescente et modulaire des problèmes. Dans le cadre de la décision organisationnelle, le vocable « système de traitement de l'information » (S.T.I) permet de désigner commodément la lignée des modèles issus de la pensée de H.A.Simon [Simon, 83 ].

Prise au pied de la lettre, cette approche des systèmes d'information comme prothèses de l'homme conduit aujourd'hui à la naissance d'une « informatique décisionnelle », dont le mot d'ordre principal est : "fournir à tout utilisateur reconnu et autorisé, les informations nécessaires à son travail" [Simon, 83]. Ce slogan fait naître une nouvelle informatique, intégrante, orientée vers les utilisateurs et les centres de décision des organisations [Le Moigne, 74]. Tout utilisateur de l'organisation ayant à prendre des décisions doit pouvoir accéder en temps réel aux données de l'organisation, doit pouvoir traiter ces données et extraire l'information pertinente de ces données pour prendre les "meilleures" décisions.

De l'entrepôt de données qui définit un support aux systèmes d'information décisionnels, aux outils de fouille de données permettant d'extraire de nouvelles connaissances, de nombreux moyens informatiques sont aujourd'hui mis en œuvre pour aider la prise de décision.

Un objectif majeur de ces dix dernières années a été le passage de l'information à la connaissance. Dans les approches mathématiques, objectifs et contraintes ont généralement été modélisés par le biais de modèles logico-mathématiques et la recherche de la décision optimale est une « simple » question de « problem solving » où l'aspect cognitif du processus n'a que bien peu de place. La modélisation mathématique des objectifs et autres contraintes rend l'objectivité du modèle implicite, puisque sa formulation formelle a été établie. Dans une approche plus cognitive de la décision, celle-ci repose sur une hypothèse d'équivocité : pour une situation décisionnelle donnée, plusieurs interprétations de cette même situation sont possibles selon le point de vue, la fonction, les intérêts de l'acteur en jeu... La délibération se trouve ainsi être une étape majeure de la décision. L'information interprétée devient connaissance.

Les techniques de gestion des connaissances apportent alors de nouvelles perspectives d'évolution aux modèles S.T.I. La dualité action/décision et le recours aux connaissances se rejoignent dans le concept de connaissances utiles à l'action ou connaissances actionnables [Argyris *et al.*, 78]. Le couplage de systèmes de gestion des connaissances et de systèmes d'aide à la décision ouvre la voie des « elucidative systems » [Dasarathy, 00] ou systèmes automatiques d'argumentation, où l'acceptabilité (la légitimité) de la décision devient l'enjeu prioritaire [Montmain *et al.*, 02a ; Akharraz *et al.*, 03b]).

Pour nuancer ces approches encore « trop mécanistes », J.G. March insiste sur les conditions pratiques de la prise de décision et de l'élaboration de systèmes d'information [March, 88]. Il montre qu'en particulier les problèmes, les solutions et les



actions se présentent rarement de façon séquentielle comme H.A. Simon le laisse entendre. Les décisions se développent d'elles-mêmes au fur et à mesure que les actions prennent sens pour les acteurs de la situation. Les managers ne sont pas des décideurs tout puissants mais jouent un rôle pour aider leurs employés à donner du sens à leur expérience. L'information prend la forme d'histoires pour interpréter l'action.

Enfin, L. Suchman [Suchman, 87] s'est opposée à H.A. Simon sur le modèle de la planification (ou de la programmation de l'information) où l'action est supposée être résolue par le plan et ne servirait éventuellement qu'à le raffiner. Elle montre au contraire que l'action est située, c'est-à-dire inscrite dans le contexte de circonstances concrètes et particulières. Le plan n'est alors qu'une ressource pour l'action : il est un construit social fortement dépendant de l'histoire et de l'expérience des individus qui l'élaborent. Le but du plan est de préparer à l'action pour mobiliser au mieux son savoir incorporé.

Ces réflexions nous laissent penser que si les modèles de la décision donnés par la ROP relèvent de mathématiques compliquées et ont eu d'incontestables résultats en particulier en gestion ou en économie, il n'en reste pas moins que le niveau de formalisation du problème qu'ils exigent n'est généralement pas celui de la modélisation de processus décisionnels d'une organisation engagée dans une dynamique d'action en environnement ouvert, où l'incertitude, l'imprécision et l'incomplétude des données décisionnelles s'amalgament dans l'évaluation des risques... En d'autres termes, la complexité des mathématiques n'est pas toujours la solution utile ou suffisante pour résoudre une situation décisionnelle complexe, l'apport des Sciences Humaines (SH) ouvre d'autres horizons sur la décision. Ces modèles descriptifs ont un objectif purement cognitif ou normatif au sens de Waliser [Waliser, 77]. Pour les rendre opérationnels au regard d'un décideur en quête d'un système interactif d'aide à la décision (SIAD), nous proposons ici un modèle conceptuel sous l'angle cybernétique des modèles issus de la pensée de H.A. Simon (Chapitre 1) ainsi que leur instrumentation mathématique (Chapitre 2) et informatique (Chapitre 3).

## **2.2 Typologie de situations décisionnelles**

Une situation décisionnelle est définie par la confrontation d'une organisation avec un projet d'intervention sur un système évolutif et réactif dans un environnement imparfaitement perçu.

### **2.2.1 Situation complexe et décision**

La notion de complexité ne bénéficie pas d'une définition précise : « interrelations nombreuses, incertitudes et indéterminations, phénomènes aléatoires, imbrication des niveaux d'organisation et des niveaux de représentation, recours aux modélisations, hétérogénéité des connaissances et des savoir-faire », tels sont les ingrédients de la complexité [Penalva, 97].

La notion de situation est donc prise ici comme « un état du monde, au sein duquel existe un collectif humain (à la limite, un individu) animé de l'intention de rendre cette situation intelligible, de se préparer à d'éventuelles évolutions et d'acquérir un certain degré de maîtrise dans la transformation délibérée de cette situation ».

Qualifier une situation de complexe revient donc à s'intéresser à la relation entre l'homme et le système (la partie de l'environnement sur lequel un niveau de maîtrise est attendu) auquel il est confronté dans un contexte opérationnel.

Nous précisons donc l'objet de notre étude comme « les situations dans lesquelles la relation homme-système est complexe » [Penalva, 97]. Dans une perspective centrée sur la relation entre la société et la technologie, on désigne par « système », un système technique<sup>2</sup> (par réduction une technologie) ou un système socio-technique<sup>3</sup> (par extension, un système sociétal). Dans une perspective plus générale, on ne fait pas d'hypothèse sur le caractère naturel ou artificiel du système, le terme désignant alors un objet d'étude identifié dans un environnement, auquel on attribue un ensemble de propriétés (totalité, finalité, autonomie, organisation).

Par « homme », on désigne dans le cas général un collectif engagé dans une action commune, le collectif intégrant des artefacts techniques et symboliques (on parlera alors d'agencements organisationnels pour les dispositifs constitués de ressources composites, matérielles, humaines et symboliques qui s'agencent mais ne peuvent se regrouper en une seule entité). Un cas singulier est celui où le collectif est assimilé à un « sujet collectif » doté de capacités cognitives analogues à celle d'un individu (mémoire, apprentissage...), et un cas limite est celui d'un collectif étendu (son identité ne repose pas seulement sur l'action commune, par exemple la société prise dans son ensemble).

Par « relation complexe », on insiste sur le fait que la situation à laquelle est confronté l'homme sollicite fortement ses capacités cognitives lors de son action sur celle-ci, i.e. pour réagir avec souplesse, tirer profit des circonstances, discerner le sens d'informations ambiguës ou contradictoires, attribuer une importance relative aux différents éléments, trouver des similitudes entre les situations malgré les différences qui les séparent, établir des distinctions entre les situations malgré les similitudes qui les rapprochent, synthétiser de nouveaux concepts, trouver des idées nouvelles, etc. [Liu, 93].

Bien entendu, la nature de telles situations peut être très diverse. Parmi toutes les situations envisageables, il s'agit ici de s'intéresser en priorité aux situations où l'action et la décision impliquent des stratégies complexes : action dynamique (le système évolue sous l'action de l'homme et de l'environnement) et décision en univers incertain (appréhender le système est problématique, les conséquences ultimes de l'action de l'homme ne sont pas calculables) [Penalva *et al.*, 02a, 02b]. La « complexité » de la relation homme – système repose alors sur trois caractéristiques :

- Emergence de phénomènes non entièrement prévisibles (dans les agencements organisationnels ou dans le système), car partiellement modélisables : boucles de régulation, boucles de causalité circulaire, effets non-linéaires, effets combinatoires, effets de seuil, etc;
- Dynamique d'évolution : la relation se transforme au cours du temps, puisque le système évolue, comme d'ailleurs les agencements organisationnels, et donc l'action collective;
- Incertitude : le caractère incertain de la situation est dû soit à la méconnaissance (manque d'information ou coût prohibitif de l'information ou coût prohibitif du

---

<sup>2</sup> Systèmes de production, de transport, d'énergie, de communication, d'information...

<sup>3</sup> Couplage fort entre les dimensions sociales et techniques ; recours à la synergie entre les compétences individuelles et collectives, poids des normes et des enjeux organisationnels.

traitement de l'information), soit à l'impossibilité d'appréhender directement les phénomènes déterminants (on ne peut les observer directement ni les mesurer), l'homme est obligé de recourir à des représentations difficilement validables (leur correspondance avec la réalité des phénomènes n'est qu'analogique ou métaphorique), voire même à plusieurs niveaux de représentations.

La combinaison de ces trois caractéristiques de la relation homme – système induit la notion de « risque » inhérente à toute décision en situation complexe.

Enfin, il n'est pas nécessaire que le système soit complexe pour que la situation le devienne. Un agencement organisationnel ou un projet (une action intentionnelle) complexe<sup>4</sup> suffit à introduire dans la situation une part d'incertain et d'imprévisibilité. L'augmentation des contraintes environnementales sur le système (pression sociétale notamment) ou du niveau d'exigence relatif à l'homme (réactivité, adaptabilité, inventivité) suffisent également à créer une dynamique d'évolution conduisant à la complexité [Penalva, 97].

L'épistémologie de la complexité [et du risque] doit permettre de fonder une véritable méthodologie de la complexité et contribuer à une science du risque, traitant de l'interaction entre sciences, techniques et sociétés. La complexité offre en effet de la nature, de la société et des activités humaines une image nouvelle : à la vision d'un univers conçu comme une mécanique d'horlogerie s'oppose l'image d'un système vivant<sup>5</sup>, à la fois plus instable et imprévisible mais aussi plus ouvert et créateur.

Ainsi, peut-on encore s'interroger sur le « bien fondé » d'une décision. Il est en effet nécessaire de distinguer l'évidence et la pertinence de celle-ci. L'évidence relève d'une cohérence interne, d'une compatibilité avec une structure logique ; la pertinence relève d'une cohérence externe, d'une compatibilité avec une situation extérieure. Il y a les solutions logiques (évidence) et les solutions efficaces (pertinence). Dans la mesure où l'on peut regarder le monde avec différentes logiques, les solutions logiques et les solutions efficaces ne sont pas toujours les mêmes. La décision est un processus d'interactions entre le décideur et le monde. Il faut donc qu'elle soit en accord avec le monde plutôt qu'avec sa logique interne. Elle doit être pertinente plutôt qu'évidente. Dans l'idée de pertinence apparaît la notion de contexte. Une action est pertinente par rapport à un contexte, qu'elle soit logique ou pas, évidente ou pas. La décision évidente est raisonnée, la décision pertinente est raisonnable [Jarrosso, 94].

### 2.2.2 Contexte organisationnel et perception de la situation

Si les objectifs et les contraintes de la décision ne donnent pas lieu à un débat au sein même de l'organisation, le problème peut être objectivement défini et on peut espérer en établir une représentation formelle. On dira que la situation décisionnelle est *structurée*. L'exercice consiste alors à élaborer cette représentation formelle qui, si elle aboutit à une description mathématique, se ramène à un problème de recherche opérationnelle. Un problème n'a de sens en recherche opérationnelle que si l'on connaît au préalable la fonction à optimiser, l'attitude à tenir face au risque : il s'agit ensuite de formaliser mathématiquement la fonction à optimiser, la stratégie à suivre, les objectifs à atteindre,

---

<sup>4</sup> Par exemple intégrant des prescriptions paradoxales, des doubles contraintes et des objectifs antagonistes

<sup>5</sup> il s'agit là d'une métaphore pour exprimer un système dynamique complexe

les contraintes à respecter et l'attitude souhaitée face au risque. La complexité du problème réside donc, dans ce premier cas, dans sa formulation mathématique et dans la résolution du modèle établi. Cette configuration donne de l'organisation une vision idéale où le collectif peut purement et simplement se ramener à un acteur unique, à un décideur monolithique.

Cette hypothèse est rarement valide dans un processus de décision collective [Simon, 77]. Les actions ou les mesures résultantes sont élaborées à travers un processus long et enchevêtré mobilisant de nombreux acteurs [Lagreze, 81]. Il n'y a pas de décision, ni un décideur, mais une série de stratégies et de compromis entre les points de vue, entre des groupes qui ne partagent pas la même solution. Dès lors que des ensembles humains sont concernés, les décisions sont de l'ordre du «non-programmable». Gommer les phases d'intelligence et de conception du processus de décision constitue une réduction inacceptable. La décision optimale apparaît dénuée de sens dans une évaluation multipoints de vue et multi-acteurs. L'incapacité (en tout cas la capacité limitée) de l'homme à traiter l'ensemble des flux d'informations imprécises, incertaines, incomplètes et contradictoires nécessaires à la décision semble montrer que la solution pour une aide à la décision efficace relève, dans ce cas, des systèmes de traitements de l'information. La rationalité «limitée» ou «procédurale» vient se substituer à la rationalité optimisante et «substantive» [Simon, 97].

Cette analyse insiste en définitive sur les aspects cognitifs de la décision, l'acquisition et le traitement de l'information apparaissant comme plus importants pour prendre une «bonne» décision que la recherche fine illusoire d'une décision en apparence «la meilleure». Les différentes phases de la décision ne se présentent pas de façon linéaire, mais en boucles. De nombreuses itérations sont nécessaires, au vu de la faible capacité cognitive des hommes et de la complexité des problèmes de décision, avant qu'un terme ne puisse être apporté au processus de décision. Phases d'intelligence, de conception, de sélection et de bilan [Simon, 77] se succèdent sans logique chronologique préétablie possible. Les phases sont ainsi des «engrenages d'engrenages» (H.A.Simon). Si le schéma linéaire du processus de décision est ici rejeté, il n'en reste pas moins que dans cette seconde vision de la décision la planification conserve encore une place privilégiée. Nous dirons de ces situations décisionnelles qu'elles sont *semi-structurées*.

Enfin, des chercheurs américains définissent à la fin des années 60 (Cohen, March et Olsen) [Cohen *et al.*, 72], deux nouvelles notions. La première est celle d'anarchies organisées dont les universités sont selon, eux, un parfait exemple. Cette expression désigne les organisations :

- Sans objectifs cohérents et partagés par tous ;
- Où le processus de production relève d'une technologie complexe, peu matérialisable ;
- Dont les membres participent de façon active aux prises de décision.

Dans les anarchies organisées, des choix sont à la recherche de problèmes, des questions cherchent des opportunités pour décider, des solutions cherchent des questions auxquelles elles pourraient être une réponse et des décideurs cherchent du travail [Cohen *et al.*, 72].

La seconde notion est le « modèle de la poubelle » [Weil *et al.*, 93]. Ce modèle remet en cause les théories où les décisions résultent d'une confrontation entre des objectifs identifiés, des solutions disponibles et leurs conséquences, et les théories où les décisions sont le résultat d'une négociation entre des groupes aux intérêts divergents.

Des décisions se produisent quand les flux de problèmes, de solutions, de participants et d'opportunités de choix se rencontrent. Toute prise de décision est ainsi assimilable à une poubelle où des types de problèmes et de solutions sont déchargés par les participants dès qu'ils sont générés et qui, se rencontrant, font émerger un choix. La simulation informatique de ce modèle, a priori chaotique, ne fait pourtant apparaître que trois styles de choix possibles : les décisions par inattention, par déplacement des problèmes et par résolution des problèmes, les deux premiers étant plus fréquents que le dernier. Cette émergence d'ordre dans les processus de décision anarchique a inspiré des travaux sur la capacité d'apprentissage des anarchies organisées. Cette dernière configuration où il s'agit de faire du « sense-making » dynamique définit ce que l'on appellera les situations décisionnelles *non structurées* [Levine *et al.*, 89].

<b>Les situations décisionnelles</b>
<b>Structurée (<i>problem solving</i>)</b> : le plan est le fondement de la décision qui est vue comme un processus linéaire. <i>Les outils sont ceux de la Recherche Opérationnelle.</i>
<b>Semi-structurée (<i>decision making</i>)</b> : le plan prend la forme d'une procédure de traitement de l'information avec de nombreuses itérations ( <i>intelligence, design, choice</i> ). <i>Les outils sont ceux du traitement de l'information</i>
<b>Non structurée (<i>sense making</i>)</b> : le plan est une ressource de l'action, les décisions se développent « d'elles-mêmes » au fur et à mesure que les actions prennent sens pour les acteurs. <i>Les outils sont ceux de la gestion et du management</i>

Cette thèse, qui propose une interprétation cybernétique des boucles enchevêtrées des modèles S.T.I pour la décision en organisation, traite donc d'outils mathématiques et informatiques pour la prise de décision en situation semi-structurée. Le plan défini en termes d'objectifs reste l'élément central du processus avec néanmoins l'idée qu'une décision raisonnable (au sens de justifiable) dans un environnement ouvert et complexe peut-être plus réaliste pour l'organisation qu'une décision raisonnée dans un univers volontairement clos et limité. Autrement dit la décision peut privilégier la stabilité et l'intégrité de l'organisation plutôt que sa performance, en recherchant une solution « simplement » satisfaisante mais qui laisse une large marge de manœuvre dans le futur, plutôt qu'une solution illusoirement optimale qui ne laisse aucune place à une solution de repli si un aléa venait ultérieurement à perturber le plan optimal.

### 2.3 Spécificités de la décision en organisation

La gestion des organisations est reconnue comme un domaine autonome susceptible d'investigation de caractère scientifique où le thème de la décision a retenu l'attention de nombreux chercheurs et praticiens. Parmi ceux ci, un certain nombre s'est intéressé à l'aide à la décision dans le but de prescrire techniques, approches et méthodes facilitant le déroulement des processus de prise de décision de « l'homme administratif ».

Différentes écoles se sont affrontées [Pomerol, 02]. Les théories microéconomiques, puis la recherche opérationnelle à ses débuts ont considéré le gestionnaire comme un décideur rationnel—*l'homo economicus*. L'aide à la décision consistait alors à proposer une formalisation mathématique des problèmes de décision au sein des modèles dont les solutions permettaient d'optimiser une certaine fonction économique.

Le caractère réducteur d'une telle approche face à la complexité grandissante des problèmes socio-techniques (émergence, incertitude et dynamique en situation complexe) a permis à des notions comme la rationalité limitée, le raisonnement heuristique, le traitement de l'information d'émerger pour apporter un éclairage nouveau de la décision. *L'homo economicus* s'éteint pour laisser place à *l'homme administratif* : le manager sait se contenter de solutions lui procurant un niveau minimal de satisfaction et non un optimum en situation complexe [Simon, 47]. Ensuite, il s'est agi de prendre en compte l'aspect organisationnel du processus de décision, c'est-à-dire reconnaître la nature collective de la décision, l'impact de la structure de l'organisation, ainsi que celle de son environnement [March, 91], avant que ne soit introduit la nature politique des comportements organisationnels [Sfez, 92].

### 2.3.1 Jeux d'acteurs et contraintes organisationnelles

Selon un premier modèle rationnel, la décision prise doit être le résultat d'un choix comparatif entre les diverses solutions possibles. Le décideur et ses conseillers doivent mesurer avec soin les risques et les issues probables de chaque formule, peser leurs avantages et inconvénients pour retenir finalement celle qui représente le meilleur rapport « coût/efficacité ». Cette analyse, en terme de calcul rationnel, postule l'existence d'un acteur unique qui agirait en vertu de préférences hiérarchisées en fonction de la meilleure utilité.

Ce séduisant modèle théorique fait abstraction des aspects organisationnels [Simon, 91] souvent implicites dans un processus décisionnel. En effet, la panoplie des solutions théoriquement possibles est plus large que celles réellement envisagées par une approche purement rationnelle. Les propositions émanent de scénarios préétablis par des membres bien identifiés de l'organisation. De plus les informations disponibles sont généralement incomplètes, imprécises ou contradictoires ! Par conséquent il paraît bien difficile de pouvoir gérer simultanément dans le temps et partout dans l'organisation l'ensemble des flux d'informations nécessaires à la décision. L'idée de l'approche organisationnelle est que le décideur ne possède pas en fait une connaissance totale de la situation, d'où le terme de « rationalité limitée » cher à H.A. Simon et que ses limitations dans la connaissance des faits et hypothèses proviennent principalement des contraintes de l'organisation qui sélectionne ou favorise tel ou tel scénario en fonction de ses intérêts.

Une approche dite politique de la décision consiste à mener une analyse qui privilégie le jeu des acteurs, leur capacité à manœuvrer, à produire des coalitions. Le choix fait l'objet de jeux de pouvoirs entre les parties concernées. Une solution de compromis entre les positions radicales est généralement adoptée. Le décideur n'est pas monolithique : les actions ou mesures résultantes sont élaborées à travers un processus long et enchevêtré mobilisant de nombreux acteurs ; il n'y a pas, une décision, un décideur, mais une série de stratégies et de compromis entre les points de vue, entre des groupes qui ne partagent pas la même solution. Dans sa théorie du surcode, L. Sfez montre que derrière l'image trompeuse d'une décision consciente et unifiée, il y a en fait une multiplicité de rationalités différentes qui s'imbriquent, se superposent, se confrontent [Sfez, 92].

Les études de psychosociologie soulignent comment les interactions entre acteurs d'une décision collective vont contribuer à polariser la décision soit dans le sens d'une radicalisation, soit dans le sens du conformisme. Sur le plan de la psychologie sociale, un premier constat est que lors d'une prise de décision, les groupes peuvent adopter des

choix plus risqués que les individus ; le groupe est alors supposé favoriser la dilution des responsabilités, la réduction de l'engagement des individus. On peut penser au contraire, que dans certaines circonstances, les individus s'engagent plus au sein d'un groupe : il a été en effet observé que la décision en groupe provoque un renforcement des options initiales quelles qu'elles soient, on parle de processus de polarisation.

Un autre point de la décision de groupe concerne la nécessité de parvenir à un consensus [Doise, 92 ; 98] : l'engagement des individus s'en trouve augmenté car, s'il n'y a pas nécessité d'aboutir à une décision commune, les membres d'un groupe débattent de leur opinions personnelles, mais sans chercher à retravailler de manière cognitive les opinions exprimées par les autres. L'objectif d'un consensus ne doit pas être de supprimer les conflits, mais de les tolérer. Plus les options individuelles sont variées, plus la confrontation est importante et plus la re-formulation du problème peut devenir explicite. La recherche d'un compromis par le groupe incite les individus à reconsidérer leurs positions sur le problème. Lorsque les membres du groupe se sont mis d'accord sur une conclusion, on constate qu'ils la maintiennent ensuite lorsqu'on les interroge individuellement. La possibilité de laisser s'exprimer les opinions divergentes favorise donc la cohésion du groupe. Par ailleurs, il faut noter que l'innovation vient souvent des points de vue minoritaires dissidents : ainsi, pour être véritablement efficaces, les mécanismes de décision doivent favoriser la contradiction.

Compte tenu des remarques précédentes, on peut affirmer qu'aujourd'hui l'action d'un dirigeant ne correspond pas à l'image mythique du grand patron, clairvoyant et omniprésent [Strategor, 88]. Sa connaissance de l'environnement est limitée, il se heurte à une organisation souvent rétive à ses choix. Si on considère que les moyens humains et organisationnels qui composent l'organisation sont censés servir les desseins stratégiques élaborés par le dirigeant, la formulation de la stratégie serait l'apanage du dirigeant, et sa mise en œuvre serait la mission de l'ensemble de l'organisation. Cette distinction si naturelle occulte le rôle considérable de l'organisation dans la réalisation de la stratégie ... [Koenig, 90]. L'organisation se montre bien souvent rétive et cela de plusieurs manières. Soulignons en particulier que les grandes organisations sont dotées de structures et de systèmes de gestion qui déterminent largement leur fonctionnement. Ces dispositifs constituent souvent une force d'inertie non négligeable. Pour nombre de grands groupes, il a fallu des années pour cesser de mesurer la performance de l'organisation en quantité produite et en coût par unité produite et centrer leur comportement sur d'autres critères, tels que l'adaptation des produits aux demandes du marché, la qualité des produits et du service, la diversification de l'offre, etc. Les structures produisent leur propre dynamique, mais les acteurs, individus et groupes, qui peuplent ces structures, s'en servent également pour satisfaire leurs propres intérêts. Les décisions stratégiques, par essence, désignent des enjeux importants. Notamment, elles répartissent les ressources humaines et financières au sein de l'organisation. Les actions stratégiques de la direction générale sont décodées en ces termes par les acteurs, qui de plus nourrissent souvent des projets spécifiques. Des processus politiques (luttons, conflits, négociations, alliances, ruses, etc.) s'engagent autour de la formulation, de la sélection, et de la réalisation de ces actions et de ces projets. Il n'est pas toujours facile de distinguer clairement les intérêts particuliers et l'intérêt de l'organisation [March, 91].

A titre d'exemple, la conception d'une automobile dans une grande firme implique une myriade de micro-décisions prises au niveau des services techniques. Les choix sont fondés sur le compromis, l'autorégulation, l'ajustement spontané. Les conflits potentiels sont tranchés par le sommet à des dates clés qui scandent les phases de la réalisation.

### 2.3.2 Disponibilité et rôle de l'information dans le processus dynamique de la décision

Revenons sur les limites de la pensée stratégique du dirigeant. Le décideur ne domine ni l'environnement auquel il est confronté ni l'organisation qu'il dirige. Il n'est pas non plus, ainsi que le mythe le dépeint, idéalement lucide et rationnel parce que confronté à des flux d'informations incertaines, imprécises et incomplètes. La liste est longue des biais cognitifs auxquels les dirigeants sont exposés [Caverni *et al.*, 91]. Il faut convenir que les problèmes stratégiques, par leur importance, leur ambiguïté, leur singularité, favorisent les erreurs et les désillusions.

Le modèle de base, implicite, de la décision stratégique en organisation, devrait comporter trois temps successifs :

- L'anticipation : les décisions procèdent de l'état futur de l'environnement ;
- Le choix : le décideur est le dirigeant qui exprime sa volonté, fruit de son analyse ;
- La mise en œuvre : le choix arrêté par le dirigeant est réalisé par l'organisation conformément à sa volonté.

De nombreuses études empiriques ont montré que les processus de décision stratégiques dans les organisations s'écartent sensiblement de ce modèle rationnel et chronologiquement linéaire. Tout d'abord l'environnement décourage les anticipations. Ensuite, l'organisation, comme nous l'avons souligné dans le paragraphe précédent, est bien moins docile qu'on ne le croit, pour exécuter les décisions du dirigeant. Enfin, les capacités du dirigeant lui-même pour traiter des flux d'information nombreux, biaisés, incertains, peu fiables sont limitées.

C'est d'un environnement incertain que naissent et disparaissent les menaces qui peuvent affecter la stratégie de l'organisation. La stratégie implique donc de mettre l'organisation en adéquation avec son environnement, et tout d'abord avec le ou les marchés visés. Dans ce domaine, la fiabilité des prévisions est plus que douteuse et certaines organisations estiment que des prévisions fausses sont plus nuisibles que l'absence de prévisions, car elles produisent de fausses certitudes, qui limitent les capacités d'intelligence et de réaction des managers. L'environnement stratégique d'une organisation est aussi un univers d'acteurs—concurrents, fournisseurs, distributeurs—parties prenantes de toutes sortes. Les alliances de plus en plus nombreuses que les firmes passent entre elles sont souvent décrites comme des moyens de réduire l'incertitude informationnelle générée par la multiplicité des acteurs, en stabilisant leurs relations [Pomerol, 01].

Le dirigeant est confronté à un dilemme : en privilégiant les approches méthodiques, traitant des données objectives et autant que possible quantifiées, il perd les informations qualitatives, impalpables mais essentielles, car un problème stratégique est toujours une configuration complexe de faits et d'interprétations ; mais en faisant confiance à l'expérience, aux analogies, à sa perception, à l'intuition, il risque d'être victime de sa subjectivité. Le dirigeant n'aborde pas les situations d'un œil vierge. Il a notamment des représentations de ce qui est important ou non, de ce qu'il convient de faire ou non. Il s'appuie sur des règles et principes qui sont pour lui des évidences, mais qui pour l'observateur apparaissent comme des croyances, c'est-à-dire des manières de penser dont la validité n'est pas démontrée.



Souligner que les processus qui fabriquent la stratégie s'écartent souvent de la rationalité mise en scène par les mythes du dirigeant décideur ne signifie pas que les dirigeants soient impuissants. Ils peuvent développer des moyens indirects de contrôle et d'influence. Ainsi, par la mise en place de structures et de systèmes de gestion, plus généralement d'information, ils définissent des règles du jeu qui peuvent induire une dynamique allant dans le sens souhaité. Le dirigeant ne manque pas d'atouts du fait de sa position privilégiée à l'interface entre les unités de l'organisation et en contact avec l'environnement. Il peut se poser en arbitre régulateur des conflits internes et favoriser les projets et les acteurs qui sont compatibles avec ses propres préférences et ses propres ambitions [Weil *et al.*, 93].

La plupart des organisations disposent actuellement de systèmes d'information dont la fonction minimale est de stocker des informations, de gérer les flux d'informations entre des bases de données et d'organiser l'accès à celles-ci, ... Ces informations peuvent être des données relatives à des clients, des données de gestion d'un service, des données sur les stocks ou autres. Toute décision nécessite au moins la recherche et l'accès à des informations relatives au problème à résoudre et un traitement plus ou moins complexe de celles-ci.

H.A.Simon [Simon, 77] distingue quatre phases dans le processus de décision [Lévine *et al.*, 89], [Turban, 93] : la recherche d'information, la conception, le choix et la révision.

– *l'information ou le renseignement (intelligence en anglais)*

Il s'agit d'identifier les objectifs ou buts du décideur, c'est-à-dire de définir le problème à résoudre. Pour cela, il est nécessaire de rechercher les informations pertinentes en fonction des questions que se pose le décideur. L'acquisition d'informations pertinentes pendant cette phase peut se poser elle-même en terme de décision. En effet, ces informations pertinentes sont à l'origine du processus de décision et leur choix est crucial. Elles influencent fortement les autres phases puisque tous les choix suivants en découlent.

– *La conception (design)*

Cette phase comprend la génération, le développement et l'analyse des différentes suites possibles d'actions. Le décideur construit des solutions, imagine des scénarios, ce qui peut l'amener à rechercher de l'information supplémentaire. Pour cela, il va être nécessaire de choisir un ou plusieurs modèles de décision en fonction de la complexité du problème à traiter. Pour le ou les modèles choisis, il faut déterminer les variables de décision, la sélection des principes de choix (critère d'évaluation), ainsi que les relations mathématiques ou symboliques ou qualitatives entre ces variables et construire les différentes alternatives.

– *Le choix (choice)*

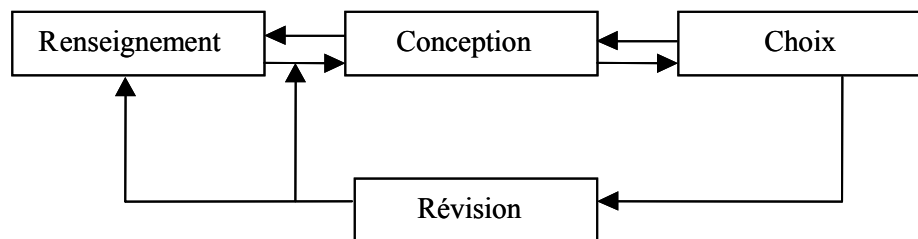
Pendant cette phase, le décideur choisit entre les différentes suites d'actions (solutions) qu'il a été capable de construire et d'identifier pendant la phase précédente. Il faut déterminer les critères d'évaluation des différentes solutions envisageables et étudier ou mesurer les conséquences de chaque alternative. L'évaluation des alternatives et le choix final dépendent du type de critères utilisés. Par exemple, trouver la meilleure solution, une solution assez bonne ou satisfaisante, prendre des risques ou non, minimiser des regrets ou un manque à gagner ou maximiser des gains, etc. Cette phase

inclut la recherche, l'évaluation et la recommandation d'une solution appropriée au modèle.

– *La révision (review)*

Cette phase est souvent négligée, bien qu'elle nous semble extrêmement importante, en particulier dans le cas où la décision s'intégrerait dans un processus dynamique. De nouvelles informations pertinentes peuvent influencer tel ou tel choix, voir le modifier complètement.

Ce processus de décision IDCR (Intelligence-Design-Choice-Review) est rarement séquentiel, il peut y avoir des « retours en arrière » ou boucles, c'est-à-dire, que pendant la seconde ou la troisième phase, on peut être amené par exemple à générer une nouvelle alternative ou encore à rechercher de nouvelles informations, puis ensuite modifier le ou les modèles choisis, etc (Figure 1). La présence de ces boucles pendant les processus de décision dépend du niveau de *structuration* du problème de décision (contraintes). H.A. Simon parle de causalités enchevêtrées.



**Figure 1: Le processus décisionnel selon le modèle IDCR de Simon**

Le fait qu'on se place dans le cadre d'une organisation comportant évidemment des services, des départements, etc., parfois non totalement intégrés introduit une contradiction avec la nécessité, pour optimiser de façon significative, de traiter simultanément dans le temps et partout dans l'organisation l'ensemble des informations disponibles. Les problèmes de délégation et de coordination se heurtent, là encore, à de multiples difficultés.

Parmi les hypothèses de la rationalité limitée, on retrouve ainsi l'aspect informationnel. L'abondance de l'information dans une société de consommation effrénée a changé le paradigme de la décision : on pouvait autrefois énoncer « Le pouvoir, c'est le savoir ». Seul un petit nombre d'élus qui « gouvernaient » savaient et pouvaient donc décider. Aujourd'hui, « tout le monde » est censé avoir accès à l'information, le paradigme tombe. Le véritable problème devient plutôt la capacité à gérer et traiter ce flux informationnel pour en tirer les connaissances pertinentes et utiles au bon moment.

### 2.3.3 Rationalité limitée

Nombre des modèles de la recherche opérationnelle, qui ont représenté jusqu'ici la base de la majorité des méthodes de la prise de décision, reposent sur les hypothèses suivantes:

- Toutes les actions possibles sont identifiées avant le traitement ;

- Il y a un préordre total sur les actions qui est représentable par une fonction d'utilité explicite dont on peut donner l'expression analytique ;
- Les entrées (paramètres, données) sont numériques, et contiennent toute l'information utile ;
- La meilleure décision est celle qui maximise la fonction d'utilité.

Bien souvent, ces hypothèses ne sont pas réalistes, en particulier la seconde, surtout lorsque l'individu est confronté à des objectifs contradictoires (cadre de la modélisation multicritère, voir section 2.3.4 de ce chapitre). Pour une critique complète de ces hypothèses, on se reportera à [Simon, 77 ; 83].

La vision proposée par H.A. Simon, s'inspire du comportement humain et explique qu'il faut raisonner dans le cadre d'un modèle qui prend en compte les éléments suivants :

Les décisions humaines, qu'elles soient indépendantes ou non, sont prises une par une, dans des domaines limités suivant un processus temporel ;

- Il n'est pas facile d'obtenir l'ensemble de toutes les actions possibles à envisager car chaque entité de l'organisation participant à l'objectif a ses propres intérêts à défendre, ce qui généralement conduit à ne faire émerger que les solutions en adéquation avec les intérêts de l'identité identifiée (service, équipe au sein de l'organisation) ;
- L'appréciation du futur est limitée et il est difficile d'évaluer tous les scénarios possibles ;
- Il n'existe pas de fonction d'utilité globale et il n'est pas nécessaire d'en construire ;
- A l'intérieur du processus de décision, c'est la phase d'information qui est la plus longue, car elle conditionne l'ensemble du processus ;
- La décision est un processus d'interactions entre le décideur et le monde. Il faut donc qu'elle soit en accord avec le monde plutôt qu'avec sa logique interne (décision raisonnable plutôt que raisonnée). La décision doit être induite dans un environnement ouvert et non pas déduite dans un environnement fermé.

Concernant plus spécifiquement l'idée qu'il est impossible d'analyser l'ensemble de toutes les actions possibles, il faut remettre en cause l'idée selon laquelle la décision est une réponse précise à un problème donné, prédéfini. La décision est un processus, où problème et réponse se construisent en même temps. H.A. Simon ne parle pas de la décision mais de "*decision making process*". Un second point concerne la conception et l'évaluation des solutions alternatives possibles.

Il est souvent impossible à un cerveau humain, ni même à un ordinateur d'envisager toutes les combinaisons possibles. Souvent, les responsables n'étudient qu'un nombre limité de solutions, par manque de temps, d'informations. Il faut avoir recours à des heuristiques, des stratégies habiles, raisonnées, et non pas à une procédure algorithmique qui consisterait à passer en revue la liste complète des solutions. Pour la plupart des problèmes de la vie quotidienne, nous mettons en œuvre de telles heuristiques, c'est-à-dire des raisonnements plausibles mais non certains, des inférences plutôt que des déductions.

Parfois même, il arrive qu'une démarche de la pensée viole les principes de la logique déductive formelle et soit pourtant efficace. Dans le cas des problèmes semi-structurés et complexes, on a rarement la capacité cognitive de traiter les masses d'informations et

de solutions possibles, et explorer l'ensemble des actions possibles n'est pas toujours une tâche facile.

Sur la base de ce constat, H.A. Simon a longtemps médité sur le concept de rationalité avant de proposer un diagnostic. Il a pendant très longtemps utilisé le concept de "Bounded rationality" [Simon, 97] traduit habituellement par rationalité limitée et qui renvoie à l'idée d'une connaissance imparfaite ou bornée que le sujet a de son environnement. Dans les années 70, il a préféré opposer le concept de rationalité substantive, qui est le raisonnement formel, analytique et déductif, à la rationalité procédurale qui correspond à la façon dont l'être humain conduit fort correctement sa raison en reliant sans cesse ses intentions et ses perceptions au contexte dans lequel il raisonne. Il y a une sorte de renversement. Ce n'est pas la rationalité procédurale qui est limitée mais plutôt la rationalité déductive. La rationalité déductive ou substantive ne correspond qu'à une petite partie des formes possibles du raisonnement humain.

Il s'agit d'élargir l'éventail des formes de raisonnement possibles sans se limiter au seul raisonnement déductif. L'étude de la rationalité procédurale ouvre un important champ d'études. Il est expliqué aujourd'hui par les théories de l'argumentation, la nouvelle rhétorique ou encore certains courants de la psychologie cognitive. On n'est plus dans le cadre de la déduction formelle mais dans celui de la capacité de l'esprit à produire des solutions rusées, malicieuses pour résoudre les problèmes [Simon, 91].

#### 2.3.4 Une vision multicritère

Toujours selon le modèle de rationalité limitée de Simon, le décideur est naturellement tenté de s'orienter vers une approche monocritère, occultant la prise en compte de la complexité de la réalité et aboutissant au choix d'une solution satisfaisante mais non optimale. Lorsque l'évaluation globale d'un objectif est complexe, il est nécessaire de décomposer l'objectif à atteindre en structurant l'ensemble de critères d'évaluation. L'approche multicritère de l'aide à la décision permet de pallier cette restriction en augmentant le niveau de réalisme et de lisibilité donné au décideur. Construire un modèle prenant explicitement appui sur plusieurs critères, traduit et formalise, un mode de raisonnement intuitif et naturel face à un problème de décision qui consiste à analyser séparément chaque conséquence [Roy, 85].

La remise en cause de l'approche monocritère (i.e. l'optimisation d'une fonction économique d'utilité globale), pour traiter les problèmes de choix est due principalement au fait que cette approche manque de réalisme. A ce propos, B. Roy observe que " ... dans de nombreuses situations, cette quête de l'optimum était illusoire et, plus important, la démarche qui la sous-tendait était loin d'être la mieux adaptée pour éclairer les décisions" [Roy, 00].

Avant l'apparition des méthodes multicritères, les problèmes de décision se ramenaient le plus souvent à l'optimisation d'une fonction économique, constituant l'unique critère de sélection. Cette approche monocritère avait le mérite de déboucher sur des problèmes mathématiques bien posés mais qui n'étaient pas toujours représentatifs de la réalité car:

- La comparaison de plusieurs actions possibles se fait rarement selon un seul critère;
- Les préférences sur un critère sont, dans bien des cas, difficilement modélisables par une fonction ; et lorsqu'il y a plusieurs objectifs, il est impossible de les atteindre tous à la fois.

Ainsi, on peut dire que le domaine de réussite de la recherche opérationnelle est constitué de tous les problèmes qu'il est possible d'isoler du contexte de gestion du système (comme, par exemple, le choix du mélange optimal de rations alimentaires destinées au bétail). Par complément, le domaine d'échec de la recherche opérationnelle comprend toutes les décisions de gestion qu'on ne peut isoler de leur contexte (comme, par exemple, le tracé d'une autoroute). Ainsi, la recherche opérationnelle n'a pas donné complète satisfaction car on lui avait fixé un objectif (trop) ambitieux : désigner, en toutes circonstances, la meilleure décision (un optimum), même quand cette notion pouvait être vide de sens [Schärli, 85]. En effet, choisir d'optimiser, c'est implicitement se situer dans une approche à critère unique. Dès que l'on prend plusieurs points de vue pour juger des conséquences de plusieurs actions, on risque de désigner comme optimale une action différente pour chaque point de vue et, en fin de compte, de ne dégager aucun optimum des calculs. Or, toute la réalité humaine est « à points de vue multiples ».

Prenons un exemple concret : si, pour acheter une voiture, un individu ne considérait que l'aspect financier, tout le monde roulerait en Twingo. C'est évidemment loin d'être le cas. Et cela ne concerne qu'un individu à la fois. Mais dans un service public ou dans la gestion d'un État, les intervenants sont multiples. Multiplicité des critères, multiplicité des intervenants : les deux phénomènes ne se superposent pas uniquement, ils se multiplient. Cela devrait déjà suffire pour envisager de nouvelles méthodes par rapport à l'optimisation.

Outre le postulat de l'existence d'un optimum, on notera que la recherche opérationnelle repose encore sur deux autres postulats, tout aussi contestables, qui portent l'un sur la décision, l'autre sur le modèle. La conception classique de l'optimum sous-entend que l'étude conduit à une décision nette, indiscutée, prise une fois pour toutes, à un moment précis et par une personne responsable. En fait, une décision est souvent un processus chaotique, fruit de nombreuses confrontations entre les systèmes de préférences de plusieurs personnes et, de toutes sortes d'interactions et de synergies. Quant au modèle, il est censé représenter le problème sous une certaine forme mathématique, pour pouvoir ensuite lui appliquer des règles et des procédés mathématiques et en dégager la solution optimale. Encore faut-il être certain que le modèle retenu représente bien la réalité.

On peut encore ajouter au réquisitoire le côté non commensurable de certains critères et le fait qu'ils puissent être contradictoires. Reprenons l'exemple de la voiture. Le futur conducteur désire que sa voiture soit confortable, mais aussi sportive et sûre... Ces différents aspects n'ont pas de transcription en coûts car ils n'ont pas de « cours » ni dans l'économie ni dans la tête de l'individu ! Il faut donc utiliser des méthodes qui permettent de tenir compte de plusieurs critères parfois contradictoires, subjectifs, interactifs... sans les réduire à un seul.

En résumé, le décideur est naturellement tenté de s'orienter vers une approche monocritère, occultant la prise en compte de la complexité de la réalité et aboutissant au choix d'une solution satisfaisante mais non optimale. L'approche d'analyse multicritère de l'aide à la décision permet de pallier cette restriction. Entre autres, les références [Roy, 85] ; [Keeney *et al.*, 76 ] ; [Vincke, 89] ; [Schärli, 85] ; [Roy *et al.*, 93 ] ; [Maystre *et al.*, 94] ; [Saaty, 80] offrent une description détaillée des approches et méthodes d'aide multicritère à la décision.

### 2.3.5 En conclusion

Le processus d'aide à la décision peut être défini comme un processus de construction d'une décision satisfaisante et non pas comme la découverte d'une solution existante reflétant une décision optimale objective. Si une décision optimale existe (encore faut-il avoir défini des critères d'optimalité), il est la plupart du temps illusoire, voire impossible, de pouvoir prouver ou montrer le caractère optimal de celle-ci. L'objectif en aide à la décision va donc être de construire une décision satisfaisante que le décideur va être capable de justifier, c'est-à-dire de lui donner des raisons suffisamment fortes et objectives pour l'argumenter. Une manière de faire retenue par le LGI2P est le couplage des systèmes d'aide à la décision avec des systèmes de gestion des connaissances [Penalva *et al.*, 02a].

## 3. Informations, Connaissances et Décisions

### 3.1 A l'origine, le modèle S.T.I

Le terme S.T.I désigne le contexte général du traitement de l'information et de la résolution de problème selon Newell et Simon [Newell *et al.*, 57 ; 72] [Simon, 82]. Ce paradigme, né en 1947, est qualifié de comportemental (la dimension d'expérience, d'apprentissage est essentielle)—*The behavioral alternative* [Simon, 83].

Le grand décideur mythique devient une aberration : aucun dirigeant ne peut tout calculer et tout prévoir dans une organisation un tant soit peu complexe aujourd'hui. Plus vraisemblablement, il examine les solutions séquentiellement et arrête sa réflexion quand il trouve la solution lui procurant un niveau minimal de satisfaction et non un optimum. Ceci provient de ses limites physiques et intellectuelles, des capacités partielles et différentes en termes de conceptualisation, de mémoire, etc [Rojot, 03].

Deux notions importantes se dégagent alors pour notre modèle. Premièrement, l'idée d'*apprentissage* impose la caractéristique *dynamique* de notre modèle. Deuxièmement, il faut noter qu'une solution juste satisfaisante n'est pas a priori unique, sa *justification* devient donc l'enjeu prioritaire de la sélection. Sous cette hypothèse d'équivocité : pour une situation décisionnelle donnée, plusieurs interprétations de la même situation sont possibles selon le point de vue, la fonction, les intérêts de l'acteur en jeu, etc., la *délibération* et l'*argumentation* se trouvent ainsi être des étapes majeures de la décision.

Cette approche S.T.I est conforme à la vision constructiviste de B. Roy [Roy, 85] : "*[...] Une démarche constructiviste dans laquelle on considère que les préférences des intervenants sont souvent conflictuelles, peu structurées, appelées à évoluer au sein du processus de décision et influencées du fait même de la mise en œuvre du modèle. Le modèle d'aide à la décision est alors élaborer en cherchant à tirer parti de ce qui semble être la partie stable de la perception du problème qu'ont les acteurs. Sur cette base, le modèle vise à fournir des concepts, des modes de représentation et de raisonnement leur permettant d'enrichir leur perception. C'est à la suite de ce travail qu'est conçue la recommandation [ ... ]*".

Un raisonnement peut être défini comme un enchaînement d'énoncés ou de représentations symboliques conduit en fonction d'un but, ce but pouvant prendre des formes variées : démontrer, convaincre, élucider, interpréter, décider, justifier, expliquer, etc. Cet enchaînement est en général non linéaire et nécessite des boucles que l'on retrouve dans la quasi-totalité des processus cognitifs humains. Cette idée de

processus bouclé devra constituer la troisième grande caractéristique de notre représentation.

L'idée de *boucles de rétroaction* constitue ainsi la troisième grande caractéristique de notre représentation. Néanmoins, le modèle que nous proposons ne se place pas dans l'optique descriptive et cognitive du modèle S.T.I.. Il s'agit de montrer que ce dernier et ses causalités enchevêtrées peuvent trouver une *interprétation cybernétique opérationnelle* qui relève davantage de la commande de processus que de progrès techniques ou technologiques informatiques comme le modèle des Sciences Humaines (SH) le laisse entendre (voir Annexe sur les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision).

### 3.2 De l'information à la connaissance

Toute décision qui se veut rationnelle repose donc d'abord sur un processus d'information plus ou moins élaboré selon la situation. L'information doit être interprétée en termes de finalité, d'objectifs et de missions. Les techniques de gestion de connaissances apportent alors de nouvelles perspectives d'évolution aux modèles S.T.I.. La dualité action/décision et le recours aux connaissances se rejoignent dans le concept de connaissances utiles à l'action ou *connaissances actionnables* [Argyris *et al.*, 78] .

Le couplage de systèmes de gestion des connaissances (SGC) et de systèmes d'aide à la décision ouvre la voie des *elucidative systems* ou systèmes automatiques d'argumentation, où l'acceptabilité de la décision (on peut parler également de légitimité [Landry *et al.*, 96 ; Damart, 03]) devient un enjeu essentiel, perpétuant ainsi la vocation *explicative* des systèmes intelligents, systèmes experts et autres systèmes à base de connaissances à coloration Intelligence Artificielle (IA) des années 80 (voir Annexe Systèmes Experts et Systèmes à Base de Connaissances). Cette notion de *elucidative systems* fait son chemin par ailleurs dans la communauté « Fusion d'Informations » [Dasarathy, 00].

On a assisté ces dernières années, au passage de l'aire de l'information à la connaissance. La connaissance à l'inverse de l'information repose sur un engagement, des systèmes de valeurs et de croyances, sur l'intention.

Dans le laboratoire LGI2P, une grande partie des travaux est centrée sur les systèmes de gestion de connaissances, en particulier les connaissances à caractère stratégique et d'action [Penalva *et al.*, 02a] . Cette connaissance est bâtie à partir de l'information pour *faire quelque chose, pour agir*.

La gestion des connaissances [Ermine, 96] a été définie comme la mise en place d'un système de gestion de flux cognitifs qui permet à tous les composants de l'organisation à la fois d'utiliser et d'enrichir le patrimoine de connaissances de cette dernière. La gestion des connaissances se propose ainsi de repérer, formaliser, partager et valoriser les connaissances de l'organisation et en particulier celles qui revêtent un caractère stratégique et décisionnel [Penalva *et al.*, 02a]. Parmi toutes les démarches envisageables en gestion des connaissances, on constate deux tendances [Penalva *et al.*, 02b]:

- La *capitalisation des savoirs et du savoir-faire*, dont l'objectif principal est de consigner les connaissances stratégiques, et qui porte donc l'effort sur la sélection et la structuration des connaissances ;
- Le *partage dynamique des connaissances* qui ne préjuge pas de leur utilisation future et n'élimine pas des connaissances dont l'intérêt pourrait être révélé plus tard.

C'est l'IA qui a développé la première voie avec une ingénierie des connaissances fondée sur la constitution de structures de données exploitables et validables dans les domaines techniques où une expertise stable peut être dégagée. La mise en forme de cette expertise est conditionnée par la finalité : l'implémentation en *machine à traiter l'information*. L'utilisation massive des réseaux d'information et de communication a relancé récemment l'intérêt de constituer des corpus d'éléments de connaissances dynamiques partageables entre acteurs humains. Les systèmes de gestion dynamique des connaissances (SGDC) explorent en priorité cette seconde voie. Un corpus de connaissances y est vu comme recouvrant un domaine de connaissances qui est aussi un domaine d'action et de décision. Les objectifs assignés à un SGDC doivent être les suivants :

- Transformer les *échanges* d'informations en argumentation utile à l'action (aide à la décision) ;
- Organiser le *partage* des connaissances (corpus dynamique d'éléments de connaissances) ;
- Catalyser l'émergence d'une intelligence collective et l'amplifier.

Si l'on s'en réfère à la phase de perception du modèle S.T.I, il s'agit, en premier lieu, de doter le collectif d'une mémoire commune [Andreewski, 98]. Cette fonction doit être assurée par le (SGDC) qui permet de gérer et de contrôler l'évolution du corpus de connaissances produit par le collectif sur le problème à résoudre. Sur le plan technique, un outil intranet peut être utilisé : un serveur WEB s'interfaçant à des bases de données SQL et documentaires (Figure 2). Sur le plan organisationnel, il est suggéré une administration centralisée, sachant que l'alimentation du système peut être distribuée sur les agents qui sont habilités à le faire [Penalva *et al.*, 02b].

L'apprentissage d'un savoir et d'une mémoire collectifs est le premier des processus cognitifs pour lequel le SGDC apporte des éléments de solution [Penalva *et al.*, 02b]. Dans ce qui suit, il est montré en quoi il constitue également un support naturel pour les processus cognitifs relevant d'une intelligence collective que sont l'évaluation et l'argumentation collectives. L'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) donne une certaine transparence à la décision : en proposant un cadre et une instrumentation explicites pour les processus d'apprentissage puis de choix, d'argumentation et de sélection. Elle permet (tant dans l'aspect gestion des connaissances que dans la décision elle-même) de favoriser l'échange hiérarchique et transversal de données, d'informations, de connaissances et de décisions à travers une modélisation systémique et mathématique des liens de subordination et de coordination qui lient les acteurs d'un processus de décision organisationnel [Montmain *et al.*, 02a]. Conformément au modèle S.T.I, instrumenter la délibération doit favoriser le consensus.



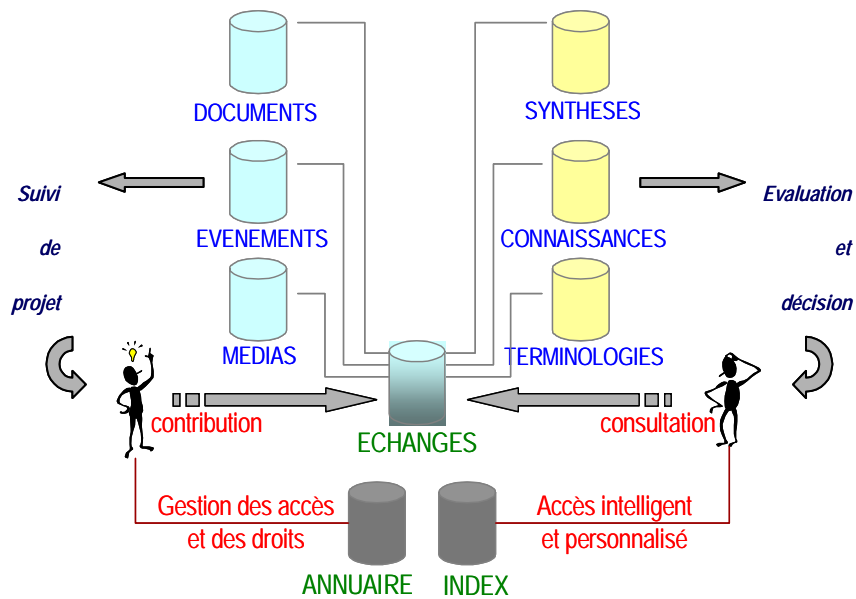


Figure 2: Bases et échanges du SGDC

### 3.3 Connaissances Actionnables (CAs)

Il s'agit d'un savoir élémentaire qui se distingue d'une simple information par le fait qu'il comporte une part d'interprétation liée à la personne qui l'énonce. Si cette interprétation tend à rendre l'information utile à l'action, on peut parler de connaissance actionnable élémentaire, *actionable knowledge*, notée **CA** [Argyris *et al.*, 78 ; Penalva, 00; Le Moigne, 98].

Nous donnons maintenant notre interprétation de la CA dans le cadre de la phase de perception du processus de décision. Une connaissance actionnable est définie tout à la fois comme :

- Une donnée informative jugée utile et qui prend du sens dans un contexte;
- Un savoir élémentaire interprété par la personne qui l'énonce ;
- Une trace des raisonnements menés par les acteurs du processus décisionnel;
- Une entité minimale intelligible, de sens partageable et réutilisable dans le contexte.

En résumé, une CA est l'interprétation en termes de finalité par son rédacteur d'une information dans le cadre de son projet : elle sera un élément d'*argumentation* et de *rhétorique* pour une justification de la décision. Le SGDC utilisé pour la phase de perception du processus de décision permet la gestion et le partage des CAs dans l'organisation.

Pour notre modèle, précisons la forme opérationnelle de la connaissance actionnable dans laquelle la notion de connaissance interprétée permet de distinguer la valeur informative et l'utilité d'une connaissance dans le contexte du projet de l'organisation.

Elle est caractérisée par :

- Un *objet* qui est la valeur informative de la CA. Il précise la source d'information, le sujet abordé, les références, hypothèses, etc. Il est en langage naturel.
- Le *commentaire* qui est l'expression d'un jugement de valeur. Il correspond à l'appréciation de la CA par le rédacteur : il transcrit l'utilité de l'information délivrée dans l'objet de la CA pour le projet d'action. Il est en langage naturel et constitue un élément de rhétorique pour le projet.
- Une *date* qui permet de repérer dans le temps la perception de la valeur informative. L'interprétation de cette dernière peut évoluer dans le temps, un historique de sa perception dans le projet peut ainsi être construit.

### 3.4 Cartographie des CAs

En amont de toute opération de gestion des connaissances, la cartographie des connaissances a pour but de mettre en valeur les connaissances critiques de l'organisation [Peil *et al.*, 01], et de fournir une structuration des ressources cognitives de l'organisation. Une cartographie est une identification du patrimoine de connaissances. Les organisations désireuses de gérer ce patrimoine doivent donc en faire une analyse fine afin de déterminer, dans leur stratégie, quelles sont les connaissances qu'elles doivent développer, faire émerger, abandonner, etc. La cartographie devient elle-même un outil d'aide à la décision. L'approche la plus courante de la cartographie consiste en une classification conceptuelle (ou par domaines) qui organise l'information autour de sujets, objets, concepts ou finalités.

La représentation graphique de la cartographie des connaissances se base sur le principe de la visualisation qui permet de faciliter la navigation et donner une vue globale de la production des connaissances. Pour faciliter la lisibilité, il est toujours préférable de représenter la cartographie sur plusieurs supports (cartes, tableaux, diagrammes, ...).

Précisons maintenant ce que devient cette procédure de cartographie dans le cadre de la phase de perception du processus décisionnel.

Un projet complexe met généralement en jeu plusieurs problématiques (économie, durabilité, sûreté, acceptabilité d'une solution technologique, etc). Les décisions se prennent selon un certain nombre d'objectifs et de contraintes. En terme d'objectifs, il y a, en premier lieu, une stratégie de politique générale de l'organisation. Lorsque le problème est complexe, ces objectifs sont hiérarchisés [Zimmerm. *et al.*, 83]. Les objectifs les plus élémentaires (les « feuilles » de la hiérarchie) sont finalement déclinés en critères d'évaluation. Les critères doivent être suffisamment explicites pour donner lieu à une description exploitable des solutions ou actions envisagées dans le processus de décision.

La détermination de ces critères peut passer par une approche « terrain » qui nécessite dans un premier temps une fiche de description structurée de la solution proposée (ex : problématique de rattachement, objectifs, résultats escomptés, partenaires, état de l'art sur le domaine, niveau d'innovation, découpage en tâches et jalons, risque technique et risque projet...). Sur la base de ces descripteurs, des critères peuvent être établis (ex : des macro-critères : les enjeux, le coût, le gain, le délai d'application, le risque projet, le risque technique... que l'on peut décliner en critères élémentaires).

L'autre possibilité pour l'identification des critères est de repartir d'une analyse systémique : définir dans un premier temps les problématiques générales relatives au pilotage du plan de l'organisation puis de les projeter dans une matrice multi-points de vue comme proposée dans la méthode d'analyse Sagace pour déterminer les problématiques spécifiques [Penalva, 97]. De façon très résumée, il s'agit de considérer le système selon trois perspectives d'analyse, performances, stabilité et intégrité, croisées avec trois visions, fonctionnelles, structurelles et comportementales. Ensuite ce sont ces problématiques spécifiques qui sont déclinées en critères d'évaluation.

Parce que la CA est une donnée informative jugée utile et un savoir élémentaire interprété par son rédacteur, la CA doit correspondre à l'expression d'un jugement de valeur sur une solution vis-à-vis d'un critère dans le cadre du processus décisionnel. Ainsi, cartographier les CAs, consiste à intégrer les CAs dans un tableau ou grille à deux dimensions (Figure 3) dont les lignes représentent les critères d'évaluation, les colonnes les solutions ou actions en concurrence dans le processus décisionnel. Cela permet de représenter graphiquement et globalement la dispersion de la production des CAs se rapportant à chaque case (critère j, solution k).

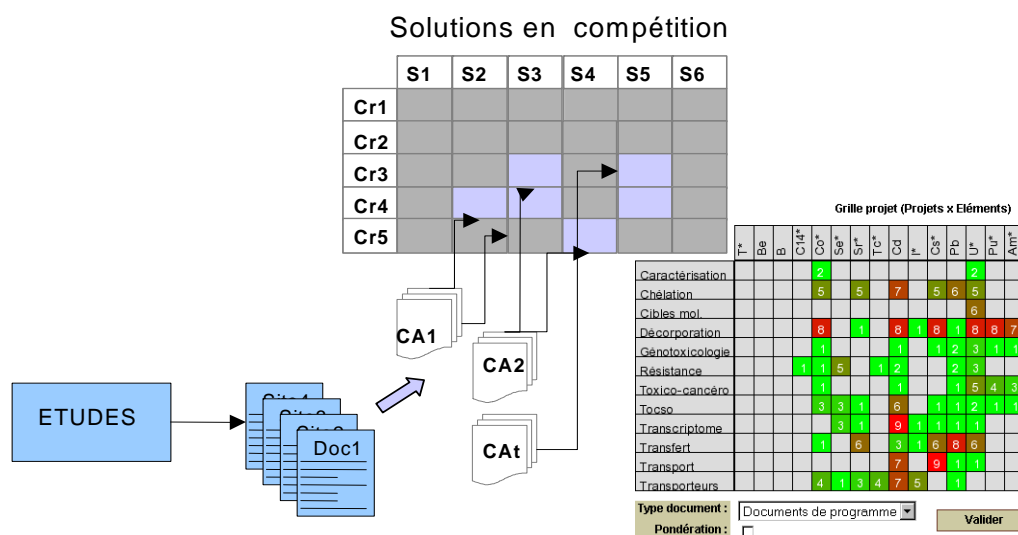


Figure 3: Cartographie des CAs

En ce qui concerne les caractéristiques de la CA, cela revient simplement à ajouter les coordonnées de la CA dans la grille d'évaluation (Figure 3, critères en ligne, solutions en colonne, nombre de CA indiqué dans chaque case).

#### 4. Une vision cybernétique de la problématique

Pour concevoir un système d'aide à la décision basé sur l'évaluation des connaissances collectives, de fonctionnalités d'aide à l'évaluation des actions potentielles dans le cadre multicritère, nous proposons une approche cybernétique du processus dynamique décisionnel associé. Un système cybernétique [Wiener, 48] peut être défini comme un ensemble d'éléments en interaction, les interactions entre les éléments peuvent consister en des échanges d'informations. Lorsque des éléments sont organisés en un système, les interactions entre les éléments donnent à l'ensemble des propriétés que ne possèdent pas les éléments pris séparément. Ces échanges constituent une communication, à laquelle

les éléments réagissent en changeant d'état ou en modifiant leur action. La communication, et la rétroaction sont des notions centrales de la cybernétique et de tous les systèmes d'informations. L'approche cybernétique d'un "système" consiste en une analyse globale des éléments en présence et surtout de leurs interactions. Les éléments d'un système sont en interaction réciproque. L'action d'un élément sur un autre entraîne en retour une réponse (rétroaction ou "feedback") du second élément vers le premier. Ces deux éléments sont reliés par une boucle de rétroaction.

La cybernétique peut être considérée comme particulièrement déterminante à l'ère de l'information et des systèmes complexes, et en particulier par rapport à tout système dynamique d'aide à la décision. Les notions de boucles caractérisant la cybernétique correspondent aux phases « d'aller-retour » suggérées dans l'approche de IDCR de H.A. Simon. La cybernétique est ainsi une science du contrôle et de l'information, visant le pilotage des systèmes.

Dans les sections qui suivent nous détaillons notre vision cybernétique du processus de décision en présentant les éléments de la boucle considérée et son contrôle par le risque.

#### 4.1 Évaluation et explication par les CAs

Le SGDC doit être muni d'observateurs qui en permettent une exploitation à des fins d'évaluation et de contrôle dynamique du processus décisionnel. De façon pratique, pour passer d'une simple image à un observateur quantitatif du processus de décision, on définit un espace de mesures sur celui-ci : la *grille d'évaluation* des solutions selon un ensemble de critères en est l'élément de base.

##### 4.1.1 Grille d'évaluation datée

L'idée de base de l'évaluation des solutions potentielles est de se référer à la décision multicritère, nous détaillerons cet aspect d'un point de vue mathématique dans le chapitre suivant. Les jugements de valeurs ou scores attribués dans la grille d'évaluation permettent de prendre en compte les intensités de préférence des critères : chaque score associé à la case (*critère j, solution k*) est une combinaison des jugements de valeurs portés par les CAs de la case, c'est l'évaluation partielle d'une *solution k* selon le *critère j*.

L'évaluation globale d'une action —son *score global*— correspond à l'agrégation des appréciations partielles qu'il a obtenues selon chaque critère et son obtention est donc assimilée à une *procédure d'évaluation* par les critères.

Parce qu'un système de notation numérique dans l'évaluation d'une solution *i* selon un *critère j* nous est apparu difficile à interpréter, nous avons opté pour une palette de couleurs plutôt qu'une notation purement quantitative : un rouge vif indique l'incompatibilité du *candidat i* avec le *critère j* alors qu'un vert prononcé exprime une adéquation parfaite. La palette de couleurs dépend bien sûr de la granularité de l'échelle d'appréciation que l'on souhaite ou que l'on est capable d'exprimer. La figure 4 propose un exemple issu du logiciel de l'application ETLD.

Une grille de ce type permet donc d'évaluer quantitativement à chaque *instant* chaque solution *k* selon un critère *j*. Chaque case de cette grille correspond à l'évaluation globale de chaque action suivant chaque critère ou sous-critère.

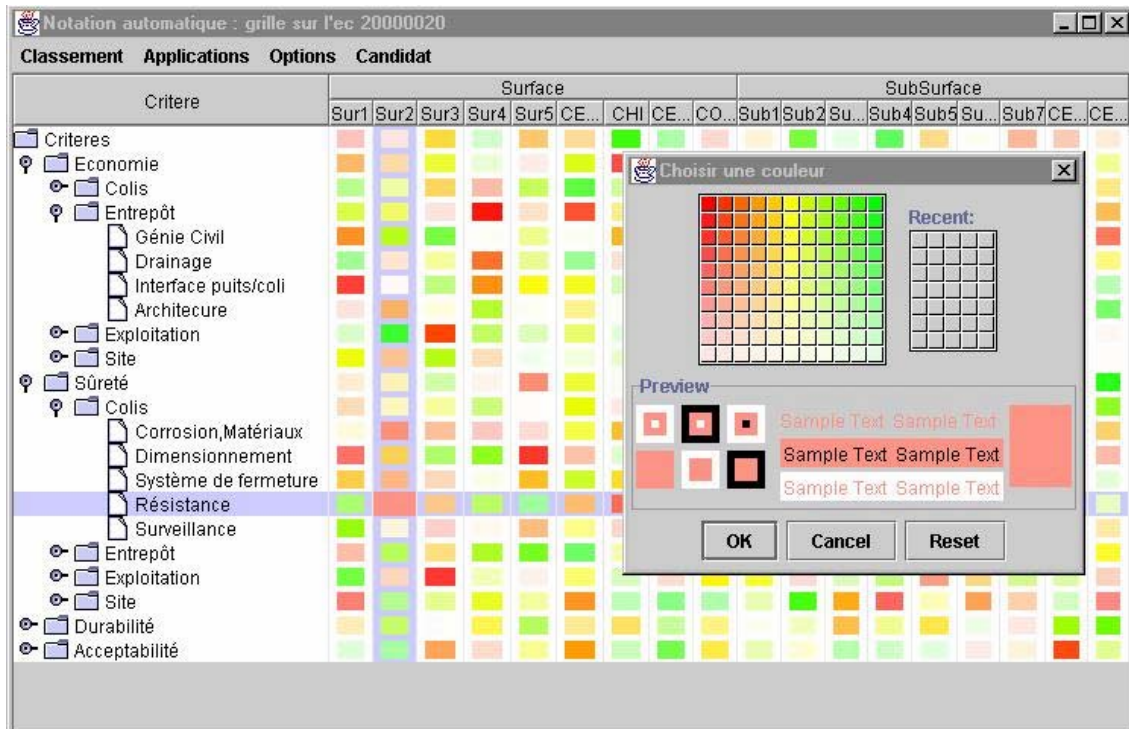


Figure 4: Grille d'évaluation et hiérarchie de critères

Chaque CA est cartographiée et le score qu'elle porte représente sa compatibilité vis-à-vis du couple (critère  $j$  ; candidat  $k$ ) pointé. Cette compatibilité est mesurée par le degré de satisfaction du critère  $j$  par le candidat  $k$ . La CA cartographiée, participe, par le jugement de valeur qui lui est associé, à l'évaluation des solutions candidates dès lors qu'elle est incorporée dans la base de connaissances du SGDC.

En pratique, cela revient à ajouter une dernière caractéristique à la CA : le score partiel qu'elle porte. Notons que ce score partiel doit en toute logique être cohérent avec le commentaire de la CA, lui-même étant une appréciation en langage naturel de l'objet de la CA.

En pratique, le rédacteur d'une CA semble être l'autorité légitime pour désigner quelles sont les cases (critère  $j$  ; candidat  $k$ ) de la grille d'évaluation concernées par sa CA et pour estimer dans quelle mesure sa CA est un élément favorable ou non à la solution  $k$  vis-à-vis du critère  $j$ . Ainsi, en pratique, le rédacteur doit apprécier la valeur de sa CA pour les cases ( $j$  ;  $k$ ) qu'il aura désignées au préalable.

#### 4.1.2 Grille de suivi

La grille d'évaluation doit être complétée par d'autres observateurs de l'évolution de la perception du projet. Le processus de décision étant un système organisationnel dynamique, son état à  $t_i$  s'explique en fonction de ses états précédents et des entrées de CAs entre  $t_{i-1}$  et  $t_i$ . Ainsi, peut-on construire un *tableau de bord* ou *grille de suivi* qui correspond à une table dont les lignes sont les solutions proposées, les colonnes symbolisent les dates d'observation et les éléments rapportent l'évaluation globale d'une solution à une date  $t_i$  donnée, cette évaluation globale étant le résultat de l'agrégation des évaluations partielles de la solution dans la grille d'évaluation à  $t_i$  (Figure 5).

Chaque colonne de cette grille, constitue donc une photographie de l'évaluation globale de toutes les solutions à  $t_i$ . A cette dernière on peut associer une décision instantanée dont on peut imaginer quantifier le risque associé par une fonction des évaluations agrégées à  $t_i$  (voir section 4).

On peut donc voir la grille d'évaluation à  $t_i$  comme *un niveau d'explication* de la colonne  $i$  du tableau de bord c'est-à-dire de la décision qui aurait été prise—quel candidat aurait été retenu— si le processus avait dû s'achever à cette date (Figure 5).

Ce tableau de bord donne l'évolution de la perception de chaque solution au fil du processus décisionnel. L'interprétation graphique de cette grille de suivi est déjà intéressante en soi : elle permet d'observer, par exemple, que la première solution (notée Cp 1 dans la figure 5, les critères sont notés Cr), initialement mal perçue, finit par être largement acceptée, l'évolution de cette évaluation se fait de façon continue et laisse penser qu'elle peut s'expliquer par une progression elle-même continue.

Pour les candidats 2 ou 4, il n'en va pas de même : il y a rupture dans le suivi de leur perception, cette discontinuité laisse penser qu'un événement significatif a soudainement fait basculer l'image qu'on se faisait du concept.

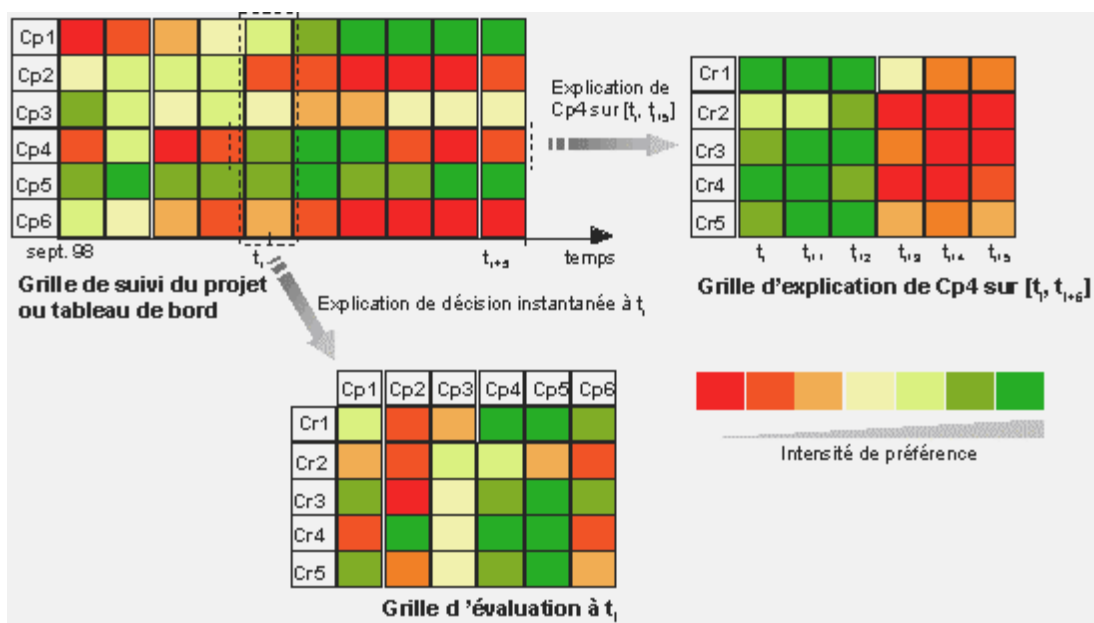


Figure 5 : Grilles d'évaluation, d'explication et tableau de bord

#### 4.1.3 Grille d'explication dans le temps

Un dernier type de grille—*grille d'explication*—sur un intervalle de temps permet de suivre les évaluations partielles d'une solution particulière dans le temps. Si l'on prend l'exemple de Cp4 de la figure 5, pour expliquer la discontinuité qui a marqué sa perception entre  $t_{i+2}$  et  $t_{i+3}$ , on peut générer la grille d'explication de Cp4 sur l'intervalle  $[t_i ; t_{i+5}]$ . Cette dernière permet d'expliquer le brusque discrédit de Cp4 principalement par les critères 2 et 4, dimensions selon lesquelles apparaissent les plus significatives variations de perception entre  $t_{i+2}$  et  $t_{i+3}$  (Figure 5).

#### 4.1.4 Logique décisionnelle et rhétorique argumentaire

Le processus d'évaluation repose sur la cartographie des CAs. Autrement dit, si l'on est capable d'identifier les critères qui ont joué un rôle particulièrement discriminant dans la décision, qui expliquent tel ou tel changement de perception d'une solution d'une date à l'autre, etc., alors cela revient à identifier des cases de la cartographie des CAs. Il est alors possible d'imaginer l'extraction automatique des CAs correspondant à ces critères ou plus précisément les commentaires de ces CAs, pour construire un argumentaire de la logique décisionnelle qui sous-tend le processus d'évaluation (dans l'hypothèse où commentaires et scores ont été déterminés de façon cohérente).

Par exemple, pour la perception de la catastrophe de Tchernobyl, le SGDC gère une base de presse électronique, le SIAD extrait de manière automatique entre mars et avril 1996, tous les articles qui traitent de l'accident et qui expliquent comment l'opinion publique a pu basculer du jour au lendemain concernant le nucléaire, et plus précisément relativement à la sûreté et la sécurité dans le nucléaire.

La légitimation d'une décision repose donc sur l'argumentation de celle-ci à partir de la base de connaissances du SGDC. Une solution a un niveau de *satisfaction minimale* s'il existe dans la base de connaissances suffisamment d'éléments de rhétorique (des CAs) pour soutenir la logique décisionnelle qui a conduit à ce choix.

Dans le déroulement du processus de décision, une dynamique interne se met en œuvre : le processus de décision est en évolution permanente au fur et à mesure que les CAs viennent alimenter la base de connaissances du SGDC. La perception des solutions candidates est susceptible de varier à chaque acquisition de CAs. Le classement des solutions candidates à un instant  $t$  dépend du classement antérieur à  $(t-1)$  et du flux de CAs entre  $t-1$  et  $t$ . Ainsi, le processus de décision est assimilé à un *système dynamique* dont les entrées sont les CAs et la sortie le classement des alternatives possibles.

## 4.2 Risque décisionnel

### 4.2.1 Notion de risque lié au contenu en information du SGDC

La dynamique du vecteur d'évaluation, critère par critère, d'un candidat  $x_i$  est liée au mécanisme de révision du score présent dans la base avant l'entrée des nouvelles CAs et des scores associés.

Ainsi, plus la quantité d'informations nouvelles entre  $t-1$  et  $t$  est grande (plus le flux de CAs entre  $t-1$  et  $t$  est important), plus l'évaluation peut s'en trouver modifiée et le classement à  $t$  changé. Cette *quantité d'information* additionnelle fait varier l'*entropie*<sup>6</sup> de la base de connaissances du SGDC, or cette entropie détermine précisément l'état du processus de décision.

Une modification significative de l'entropie de la base risque d'entraîner un changement dans le classement des alternatives : les variations d'entropie dues au flux entrant de CAs remettent en cause la stabilité du classement. La sensibilité du classement à toute nouvelle entrée dans la base du SGDC conduit à définir ce que l'on appellera le *risque décisionnel*. Le risque décisionnel peut être vu comme un observateur de l'entropie de la base de décision où les CAs sont les « quantités d'informations » élémentaires.

La notion de risque est donc ici assez éloignée de la définition probabiliste classique et relève plutôt de la sensibilité de l'ordre établi à toute perturbation externe. Pour définir le risque décisionnel, nous proposons donc de nous baser sur une notion de distance entre différents candidats, ce qui conduit à différents types de risque.

### 4.2.2 Différents types de risque

Le risque de sélectionner une solution peut se définir de différentes manières en fonction de la distance définie entre la solution retenue et les solutions concurrentes, l'idéal et l'inconnu.

#### 4.2.2.1 Risque de litige

Ce type de risque a pour objectif de répondre à la question:

Quel est le risque de choisir la solution  $X$ , la mieux classée, plutôt que la solution  $X'$ , classée au rang  $n$  ?

---

<sup>6</sup> Le terme d'entropie est ici choisi par analogie avec la théorie de l'information, mais on peut lui donner une définition plus psychologique: mesure de la richesse en information qu'un message contient pour le décideur (le récepteur). « L'entropie est fonction du rapport des réponses possibles et connues avant et après que l'on a reçu l'information » (Richaudeau). Elle correspond au degré d'indétermination dans la communication. Plus un récepteur connaît l'information à l'avance, moins il a de doute sur sa signification, ou moins il a d'entropie.



L'écart des scores globaux entre  $X$  et  $X'$  à une date  $t$  peut donner une idée globale sur cette notion de risque de litige. En effet, il existe un risque plus ou moins grand, si l'écart est petit dans le sens où à une date ultérieure  $t'$ , le classement peut changer. Donc, cette notion de risque, dépend des valeurs prises par les critères (scores partiels) à  $t$ , donc par conséquent dépend aussi des valeurs des notes portées par les CAs. Ainsi, agir sur le corpus de connaissances peut modifier sensiblement le classement et les indicateurs de risque.

#### 4.2.2.2 Risque de déception

Ce type de risque répond à la question:

Quel est le risque de choisir une solution  $X$  (classée première), alors qu'elle ne correspond pas vraiment au résultat espéré ou résultat de référence?

Cette situation correspond à l'idée de l'existence parmi toutes les alternatives possibles d'une solution qui présente pour un décideur une référence idéale réelle ou fictive. Ainsi, le risque de déception (frustration), peut être défini, de façon analogue à celle de risque de litige. Mais cette fois ci, le score global à atteindre pour chaque solution ( $y$  compris pour la meilleure choisie suivant une stratégie  $H$ ), est le score global idéal.

#### 4.2.2.3 Risque d'ignorance

Il consiste quant à lui à répondre à la question:

Quel est le risque de choisir la solution  $X$ , classée 1<sup>ère</sup> mais qui a été sélectionnée sur des connaissances actionnables très peu nombreuses ou douteuses ?

Cette situation correspond au fait que le nombre de connaissances actionnables se trouvant dans la base de connaissances parlant de la solution choisie  $X$ , est très petit au moment où on décide de clôturer le projet de sélection des solutions. Forcément, on n'aura peu d'éléments de rhétoriques utiles à l'argumentation d'un tel choix. Ceci correspond au problème de crédibilité lié à l'incertitude des informations fournies par les acteurs de la décision.

D'un autre côté, il se peut que dans certaines situations, il existe des connaissances actionnables qui soient "douteuses" dans le sens où les informations entrées par certains acteurs manquent d'objectivité, de pertinence ou d'utilité (perturbations) ; ou encore que certains auteurs cherchent à favoriser ou défavoriser volontairement une solution particulière.

### 4.3 Contrôle de la dynamique du processus décisionnel

Plus la distance entre le candidat recommandé et ses principaux rivaux est faible, plus la sélection de  $X$  est risquée : il suffirait d'« une faible quantité d'informations nouvelles et pertinentes » pour que le classement s'en trouve modifié. En effet, le classement peut être très sensible à toute nouvelle connaissance modifiant les scores partiels. On considère que l'on peut prendre une décision lorsque le risque décisionnel est au dessous d'un seuil fixé  $C_r$ . Ce seuil définit la notion d'*acceptabilité* de la décision ou de *situation décidable*.

Dans cette approche, la notion de contrôlabilité du risque décisionnel est reliée à la recherche du moindre effort à fournir pour que l'évaluation de  $X_i$  soit au moins égale à celle de l'élu  $X$ . Le calcul de cet effort minimal (basée sur une distance particulière comme nous le verrons dans le chapitre suivant) permet d'identifier les dimensions sur

lesquelles  $X'$  doit concentrer son « effort » pour atteindre le meilleur score global. Autrement dit le calcul de l'effort fournit les critères selon lesquels  $X'$  devra nécessairement progresser pour rejoindre  $X_1$  avec un effort minimal.

A travers les notions de risque et d'acceptabilité de la décision, on a défini une boucle de réaction sur le contenu de la base de connaissances utilisée pour l'évaluation des solutions. En indiquant simplement les solutions et les critères sur lesquels il est le plus pertinent de s'informer pour notre processus de décision, on modifie la dynamique de ce processus sans pour autant la contrôler. En effet, l'ajout de nouvelles informations peut indifféremment faire augmenter ou diminuer la fiabilité de la recommandation. Par contre, si en plus des coordonnées des cases de la grille d'évaluation (critère  $k$ , candidat  $X$ , par exemple), on indique la nature de l'évaluation portée par l'information à acquérir (*positive* si elle fait augmenter le score ou *negative* si elle fait diminuer le score), alors on induit un contrôle qualitatif de la dynamique du processus de décision (à condition que l'on fasse l'hypothèse que l'information existe nécessairement et que le problème est seulement de la trouver).

En tout état de cause, cette boucle de rétroaction est un problème de commande *multivariable*. En fait, il s'agit davantage de fournir une recommandation qualitative au manager de l'organisation plutôt que d'établir une loi de commande globale. Aussi, dans le chapitre 2, qui fournit la mathématique de ces propos, nous ramènerons le problème localement à un système mono-variable pour ne pas perdre de vue l'idée que la sortie de notre système de décision est destinée à un être humain et non pas à un système numérique de contrôle commande !

Choisir des informations correspondantes à ce contrôle qualitatif accentuera au temps suivant la différence d'évaluation entre les candidats  $X$  et  $X'$ , on "creusera" ainsi volontairement l'écart entre les scores globaux des deux candidats : les chances que  $X'$  revienne sur  $X$  diminueront encore, la distance entre les deux candidats augmentera et le risque décisionnel relatif encouru à recommander  $X$  diminuera. Cette attitude correspond au comportement d'un décideur qui cherche à se conforter dans son choix ou à légitimer sa position (mais ce mode de fonctionnement n'est pas obligatoire, voir chapitre 3).

Dans une optique plus objective, la recherche de toute nouvelle information, positive ou négative, peut être intéressante pour augmenter la fiabilité des scores partiels, même si celle-ci ne fait pas évoluer la distance entre les scores globaux. La dynamique du processus de décision reste alors libre, on s'intéresse simplement à la fiabilité de l'évaluation.

#### 4.4 Les éléments de la boucle de contrôle

Nous avons ainsi défini une boucle de contrôle (Figure 6).

Le *processus à contrôler* est le processus d'évaluation assimilé à un système dynamique dont les entrées sont les CAs et la sortie le classement des alternatives possibles.

Dans cette interprétation, le risque décisionnel peut être vu comme une *variable régulée*. Compte tenu des remarques précédentes, remarquons que contrôler le risque décisionnel, n'est rien d'autre que contrôler l'entropie de la base de connaissance utilisée pour la décision.

Le SGDC est l'*actionneur* de ce schéma de contrôle : le SGDC est l'organe d'action qui « ouvre ou ferme la vanne d'informations utiles à la décision ». Le calcul du risque et des critères sensibles du classement constitue le *régulateur* du système.

L'acceptabilité de la décision prend une interprétation bien particulière dans ce cadre : c'est la *consigne* fixée sur le risque décisionnel. Si l'on est en dessous de ce seuil, la situation est décidable, aucune étude supplémentaire n'est requise pour proposer un choix qui ne pourra être « stratégiquement » désavoué (arrêt ou ralentissement des études devenues inutiles compte tenu de l'état des connaissances suffisant). Par contre, si l'on ne parvient pas à ramener le risque décisionnel en dessous de la consigne fixée, indépendamment de nouveaux flux d'informations, la stratégie d'agrégation doit être révisée (les paramètres la déterminant peuvent être réajustés, les critères d'évaluation réexaminés) : aucun consensus ne pourra être trouvé avec cette stratégie.

Toute information que l'on rentre dans le SGDC sans que la dimension à laquelle elle se réfère soit une sortie du régulateur est une perturbation : ainsi, l'inertie psychologique ou la controverse sont typiquement deux comportements organisationnels identifiables à des perturbations de la dynamique d'évolution du processus de décision (ce sont des perturbations sur l'actionneur ; l'incertitude sur la stratégie appliquée pourrait constituer une perturbation en sortie).

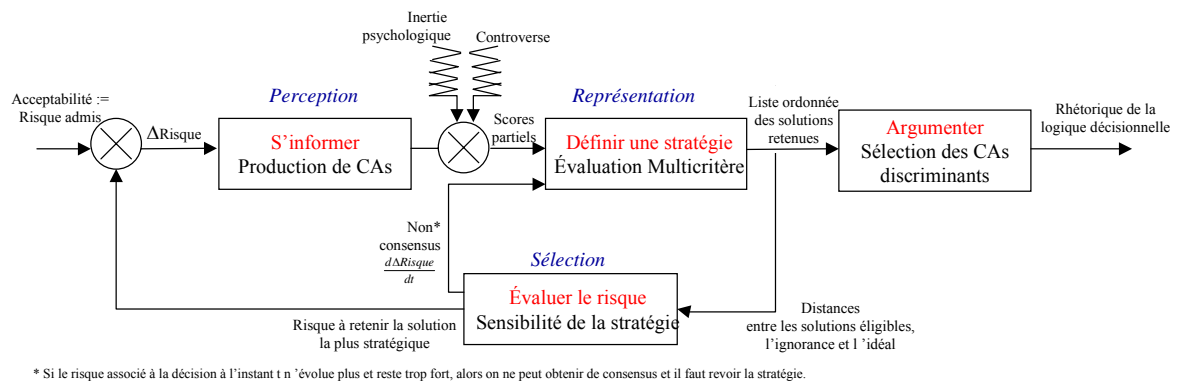


Figure 6 : Contrôle de l'information décisionnelle ou pilotage par le risque

Revenons au modèle S.T.I de H.A.Simon. Les causalités enchevêtrées mises en exergue dans le modèle de l'économiste trouvent ici une interprétation en terme de boucle de contrôle. La phase d'information ou de perception est à associer à l'actionneur de notre schéma, la phase de représentation (le processus d'évaluation multicritère ici) est le système à contrôler, la phase de sélection (définition de la logique de choix) est le régulateur.

Notons enfin que la sortie du processus d'évaluation est le classement des alternatives sur la base des scores qui leur ont été attribués au cours de l'évaluation. Ce classement n'est qu'un artifice mathématique pour rendre compte de la combinaison des intensités de préférence des alternatives en fonction des critères à un instant donné. Les scores sont assimilables à des *variables d'état* dont le décideur n'a « que faire » pour justifier ses actions. Comme nous l'avons expliqué dans la section précédente, une dimension essentielle de notre système d'aide à la décision est sa capacité à justifier ses évaluations et par conséquent un classement résultant des CAs du SGDC. La fonctionnalité de légitimation joue le rôle d'une *matrice d'observation* : elle transforme le « vecteur d'état », les scores, le classement, en un « observable », la rhétorique de la logique décisionnelle appliquée pour obtenir ce classement. Cette rhétorique de logique décisionnelle, qui prendra la forme de rapports d'argumentation remis par le décideur à

ses administrés, aux pouvoirs publics, constitue l'observable du processus d'évaluation par les CAs.

## 5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons montré que la décision d'un collectif organisé nécessite une rationalité cognitive fondée sur l'adéquation entre les informations possédées et les représentations adoptées. C'est l'objectif de notre approche qui repose sur le couplage d'un SGDC, qui favorise les processus cognitifs d'apprentissage du savoir et des connaissances, avec un système interactif d'aide à la décision de groupe (SIADG) : tout choix proposé par le système trouve sa justification dans le corpus des connaissances développé par l'organisation dans le cadre du processus décisionnel en jeu.

Les spécificités caractérisant toute décision en organisation ont été exposées. En particulier, l'approche IDCR proposée par Simon a été adoptée. La reconnaissance de la complexité des processus de décision, des rationalités multiples qui s'y côtoient, des conflits qui s'y déroulent et des transformations qui s'y opèrent ne peut que faire douter de la possibilité de toujours prouver qu'une décision est ou non, la meilleure : meilleure pour qui (dans un processus multi-acteurs) ? Selon quels critères ? A quel moment dans le temps ? etc. Aucune démarche objective fondée sur la seule raison ne peut démontrer "l'optimalité" ni même le bien-fondé d'un système de valeurs ou d'un mode d'anticipation de l'avenir [Roy, 00].

C'est pourquoi, on s'intéresse davantage ici à la capacité du SIADG à justifier une stratégie simplement satisfaisante dans le sens où elle s'appuie sur des connaissances partagées et délibérées par le collectif.

Le risque décisionnel nous a paru être une grandeur à sémantique simple pour observer l'entropie de la base de connaissance du processus décisionnel. Il nous a permis par ailleurs de réinterpréter le modèle S.T.I, non causal, sous la forme d'un schéma de contrôle ce qui donne une dimension opérationnelle à la représentation cognitive de H.A. Simon.

Notre modèle conceptuel de SIADG sous la forme d'une boucle cybernétique, dont le SGDC serait l'organe d'action, semble bien rendre compte des différentes exigences d'une « bonne aide à la décision » au sens de H.A. Simon : évaluation multicritère, processus dynamique non séquentiel, légitimation de la décision et apprentissage du décideur.

Enfin, nous concluons que pour qu'un SIADG soit accepté par ses utilisateurs, il faut :

- Qu'il soit capable de gérer toutes les informations disponibles utiles à la décision ;
- Qu'il propose la trace de sa logique décisionnelle à des fins argumentatives ;
- Qu'il évalue la sensibilité de ses décisions et identifie les points précis sur lesquels le décideur doit acquérir davantage d'informations pour garantir la fiabilité ultérieurement.

Dans le chapitre suivant, nous proposons un modèle formel qui rend opérationnel les concepts que nous avons introduits dans ce chapitre.



## **Chapitre 2**

---

***Fonctionnalités explicatives et gestion  
du risque d'une décision basée sur  
l'intégrale de Choquet***

---





## **1. Introduction**

L'objectif de ce chapitre est de donner une représentation formelle des concepts d'explication et de risque introduits dans le chapitre précédent pour des décisions basées sur une agrégation des satisfactions de critères par des opérateurs de la famille de l'intégrale de Choquet.

Dans un premier temps en section 2, dans le cadre de SGDC, nous examinons les différents niveaux d'agrégation qu'il faut traiter dans le contexte décrit au chapitre 1, en effet, les différentes sources à agréger pour chaque situation nécessitent des outils et des traitements différents. Nous justifions alors l'usage d'opérateurs d'agrégation de la famille de l'intégrale de Choquet pour l'agrégation des scores partiels sur chaque critère issus des jugements fournis par un collectif à une date donnée.

La section 3 est consacrée aux fonctionnalités d'explication d'une stratégie décisionnelle. En effet, le nombre de décideurs concernés (décision du groupe), le grand nombre d'actions potentielles et la complexité des critères de sélection ne permettent pas au décideur d'expliquer facilement ses décisions. Ainsi, instrumenter un outil informatique du type SIADG basé sur le couplage d'un SGDC et de méthodes d'aide multicritère à la décision (MAMD) permet d'apporter des éléments de réponse au besoin d'argumentation, un aspect souvent négligé par les concepteurs des MAMD. Nous présentons différents indices pour apporter des explications quantitatives et symboliques quant à l'excellence d'une solution en terme d'influence des scores des critères de sélection dans le cadre d'une agrégation par une intégrale de Choquet. Ensuite nous verrons comment il est possible de se servir de la base de connaissance pour légitimer le choix pris en sélectionnant les connaissances actionnables favorables au choix retenu.

Nous introduisons dans la section 4, le concept de risque décisionnel qui permet de mesurer la sensibilité des recommandations du système. Plusieurs façons de le mesurer sont proposées. Ensuite, nous décrivons quelques stratégies de contrôle du risque suivant plusieurs scénarios possibles.

## 2. Agrégation dans le cadre du SGDC

### 2.1 Préliminaires et notations

A ce stade du processus décisionnel, nous supposons que nous avons identifié le problème, défini un ensemble de solutions potentielles et un ensemble de critères de sélection. Ces solutions sont à évaluer par un groupe de personnes impliquées dans le processus de décision. La multiplicité des solutions, critères et des décideurs, accroît la complexité de notre problématique. Une modélisation par l'approche multicritère pour la phase de choix est adoptée.

Dans cette partie, nous présenterons les notations que nous utiliserons dans la suite, quelques rappels sur l'agrégation multicritère, les différentes situations que nous avons à résoudre pour notre problématique, ainsi que les solutions formelles que nous proposons. Il s'agit de formaliser la phase de choix du processus décisionnel.

Nous utiliserons les notations suivantes:

$S : \{X^1, X^2, \dots, X^p\}$  l'ensemble des alternatives potentielles (solutions, candidats, objets, actions, options, ... etc.) parmi lesquelles, il faut choisir. Nous parlerons alors indifféremment de solution, alternative, candidat ...

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  : ensemble des critères permettant d'évaluer les solutions, on utilisera la notation  $\{1, 2, \dots, n\}$  lorsqu'il ne peut y avoir confusion ;  $P(C)$  désignera l'ensemble des parties de  $C$ .

A chaque alternative  $X^k \in S$  est associé un profil  $(x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k) \in E^n$  avec  $x_i^k$  le score partiel de  $X^k$  selon le critère  $i$  et  $E$  un intervalle de  $\mathfrak{R}$  éventuellement non borné sur lequel le score est défini (dans ce travail on prendra  $E=[0,1]$ ). Ainsi, on construit la *matrice de décision* pour l'ensemble des alternatives:

$$MD = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \dots & x_n^1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^p & x_2^p & \dots & x_n^p \end{bmatrix}$$

Il s'agit en fait, d'une représentation numérique de la grille d'évaluation à une date donnée que nous avons introduite au Ch1. (section 4.4.4).

L'un des problèmes d'aide multicritère à la décision est d'aboutir à un classement des solutions de la meilleure à la moins bonne, en tenant compte de tous les jugements, de tous les critères et de leurs importances relatives, ce qui dans notre approche de cartographie des CAs passe par différents niveaux d'agrégation sur lesquels nous revenons ci-après.

### 2.2 Différents niveaux d'agrégation multicritère

Nous présentons dans cette section la problématique des différents niveaux d'agrégation impliqués dans la construction du tableau de bord d'aide à la décision. Néanmoins, tous

les aspects soulevés ne seront pas étudiés dans ce travail comme nous le précisons dans la section sur les limites de notre étude.

### 2.2.1 Agrégation sur une case

Il s'agit d'une agrégation des notes attribuées à une case donnée de la grille d'évaluation pour évaluer un candidat vis-à-vis d'un critère. Rappelons qu'une CA exprime entre autre un degré de satisfaction du critère  $j$  par la solution  $k$ , il s'agit d'un avis, jugement de valeur exprimé par le rédacteur de la CA.

Ainsi chaque case (critère  $j$ , candidat  $k$ ) notée  $(j, k)$ , de la grille d'évaluation à une date  $t$ , représente une combinaison de tous les jugements de valeurs portés par les  $CA_\theta$  ( $\theta \leq t$ ) du couple  $(j, k)$  entrées dans la base de connaissances jusqu'à cette date  $t$ .

La note (jugement de valeur) de la solution  $k$  vis-à-vis du critère  $j$  associée à une  $CA_\theta$  ( $\theta \leq t$ ) donnée sera notée :

$$x_j^k(CA_\theta) = \text{compatibilité}(\text{critère } j, \text{solution } k) / CA_\theta \quad (1)$$

Nous emploierons l'appellation score partiel pour désigner la satisfaction issue de l'ensemble de l'ensemble des jugements d'une solution vis à vis d'un critère. Ainsi, à une date donnée  $t$ , il faut considérer l'ensemble des notes  $x_j^k(CA_\theta) / \theta \leq t$  pour obtenir le score partiel  $x_j^k(t)$  de la solution  $X^k$ , selon le critère  $j$  à  $t$ .

Il s'agit d'un problème multi-acteurs et assez compliqué, parce que dans certaines situations, il faut tenir compte de plusieurs paramètres. Par exemple les évaluateurs, ont-ils la même importance? Forment t-ils des coalitions du pouvoir? Les unes sont-elles plus importantes que les autres? A-t-il des pouvoirs de type veto? Faut-il prendre en compte un degré de pertinence d'une CA ? etc.

Un autre point important qu'il faut prendre en considération est le nombre des CAs qui pointent sur chaque case  $(j, k)$ . En effet, il est plus crédible de dire qu'une solution est bonne suivant un critère donné si une majorité d'avis approuve cette information, que si seulement un seul ou une minorité d'avis l'approuve. La cartographie des CAs peut être utile justement pour mesurer un indice de crédibilité puisque grâce à elle, on connaît d'un côté le nombre des CAs qui pointent sur la case  $(j, k)$  et d'un autre côté le nombre total des CAs contenues dans la base.

Dans tous les cas, il faut choisir une fonction adéquate  $g$  qui agrège les jugements  $x_j^k(CA_\theta) / \theta \leq t$ . La valeur obtenue est le score partiel noté  $x_j^k(t)$  de la solution  $k$  vis à vis du critère  $j$  à  $t$  et donné par <sup>1</sup>:

$$x_j^k(t) = g(x_j^k(CA_\theta)), \theta \leq t \quad (2)$$

Rappelons que ces scores partiels permettent de construire la grille d'évaluation à l'instant  $t$ .

---

<sup>1</sup> Nous ne tenons pas compte ici ni de la fiabilité des  $CA_\theta$  ni de leur nombre.

### 2.2.2 Agrégation dans le temps

Il s'agit d'agréger les notes portées par les CAs dans le temps en respectant la dynamique du processus décisionnel. Cette agrégation sert à réévaluer les scores partiels attribués aux CAs à une date  $t'$  ultérieure à  $t$  ( $t < t'$ ). En fait, l'objectif est de calculer de façon récursive le score partiel à  $t'$  pour un candidat  $k$  vis à vis d'un critère  $j$  en combinant le score partiel  $x_j^k(t)$  déjà calculé à  $t$  et les nouvelles  $CA_\theta / t < \theta \leq t'$  entrées dans la base entre  $t$  et  $t'$ .

Alors, la dynamique de nouveau score partiel  $x_j^k(t')$  de  $k$  à  $t'$  peut s'écrire:

$$x_j^k(t') = h(x_j^k(t), g(x_j^k(CA_\theta)_{t < \theta \leq t'})) \quad (3)$$

où  $h$  est une fonction qui effectue une révision du score présent dans la base avant l'entrée de nouvelles CAs (ce peut être un simple filtre oubli).

### 2.2.3 Agrégation sur une colonne

Il s'agit d'une agrégation sur l'ensemble des scores partiels sur une colonne de la grille d'évaluation à une date fixée  $t$ , il s'agit d'un problème multicritère. Le but est d'obtenir un classement global des solutions de la meilleure à la moins bonne, à une date donnée  $t$ . Ceci est possible, en calculant le score global de chacune des solutions par un opérateur d'agrégation  $H$  :

$$\begin{aligned} H : E^n &\rightarrow E \\ H(X^k) &= H(x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k) \end{aligned} \quad (4)$$

prenant en compte tous les critères d'évaluation (lignes de la grille d'évaluation), leur importance et les interactions éventuelles entre eux.

Ainsi la stratégie décisionnelle est identifiée à l'opérateur d'agrégation  $H$  qu'il faut déterminer de manière à aboutir à un consensus entre les acteurs de la décision sur la sélection d'une ou plusieurs solutions en concurrence dans le processus de décision.

## 2.3 Limites de l'étude

Notre objectif principal étant de déterminer des fonctionnalités explicatives et de gestion du risque de la décision finale nous ne nous intéresserons pas spécifiquement dans ce travail à l'identification précise des opérateurs d'agrégation  $g$ ,  $H$ ,  $h$ .

Pour l'agrégation sur une case nous retenons pour  $g$  dans un souci de simplicité une simple moyenne qui est bien adaptée quand on dispose de nombreuses notes issues d'évaluateurs d'égale importance (nous avons envisagé également les majorités et unanimités restreintes sans compensation).

Dans le cas de notes moins nombreuses et d'évaluateurs ayant des importances différentes, des opérateurs plus évolués, tels les uni-normes [Yager, 02] ; [Montero, 88] sont à envisager.

Pour l'agrégation dans le temps, nous retenons également pour  $h$  une simple moyenne, là aussi des mécanismes de révision plus évolués seront à considérer dans un deuxième temps.

Pour l'agrégation sur une colonne, nous retenons pour  $H$  la famille de l'intégrale de Choquet dont nous justifions l'intérêt ci-après.

Le problème de la détermination de scores commensurables se pose également. Nous supposons que tous les scores partiels sont donnés sur une échelle d'intervalle (définie sur  $[0,1]$ ) pour laquelle les opérateurs de la famille de l'intégrale de Choquet (qui contient la moyenne) sont significatifs. Les problèmes d'incertitude, d'imprécision liés aux valeurs des scores partiels, bien que présent dans notre contexte, ne seront pas traités dans ce travail.

## 2.4 Intégrale floue de Choquet

### 2.4.1 Intérêt pour l'agrégation sur une colonne

Un des aspects significatifs dans les problèmes d'agrégation est la prise en compte de l'importance des attributs ou critères considérés, laquelle est habituellement modélisée par l'utilisation de poids, et jusqu'à récemment, les fonctions les plus utilisées étaient les moyennes pondérées. Cependant, ces fonctions présentent certaines faiblesses, puisqu'aucune d'elles n'est capable de modéliser une quelconque interaction entre attributs ou critères. En effet, il est bien connu en théorie de l'utilité multi-attribut (MAUT) que ces fonctions conduisent à l'*indépendance préférentielle mutuelle* [Keeney *et al.*, 76] parmi les critères, qui exprime, dans un certain sens l'indépendance des critères. Comme ces fonctions ne sont pas appropriées en présence de critères interdépendants, la tendance a été de construire des critères censés être indépendants, ce qui entraînait souvent des erreurs dans les évaluations.

Dans le but d'obtenir une représentation flexible des phénomènes complexes d'interaction parmi les critères, il est utile de substituer le vecteur poids (dans le cas additif) par une fonction d'ensemble non additive, appelée mesure floue, un concept introduit en aide à la décision en 1974 par Sugeno [Sugeno, 74].

Ces mesures permettent ainsi de définir une importance relative non seulement pour chaque critère, mais aussi sur chaque sous-ensemble de critères.

**Définition 1.** On appelle mesure floue (mesure non-additive, capacité) sur  $C$ , une application  $\mu : P(C) \rightarrow [0,1]$  satisfaisant les axiomes :

- i)  $\mu(\emptyset) = 0$  ;  $\mu(C) = 1$  ;
- ii)  $\forall S, T \subset C, S \subset T \Rightarrow \mu(S) \leq \mu(T)$  (Monotonie)

Dans le contexte d'analyse multicritère, le coefficient  $\mu(K)$ , pour  $K \subseteq C$ , est interprété comme le poids ou l'importance de la coalition des critères de  $K$ . Ainsi, en plus des poids usuels sur les critères pris individuellement, des poids sur toute combinaison de critères sont également définis. La monotonie signifie alors simplement que le fait d'ajouter un critère à une combinaison ne peut faire décroître l'importance de celle-ci.

Les intégrales floues sont des intégrales d'une fonction par rapport à une mesure non-additive, et donc permettant d'intégrer les évaluations introduites ci-dessus. Parmi celles-ci, outre les propriétés usuelles des opérateurs d'agrégation, et la modélisation de l'importance relative des critères, la famille de l'intégrale de Choquet a la distinction de permettre la représentation de phénomènes d'interaction mutuelle qui peuvent exister

entre certains critères. Les interactions s'étendent de la synergie négative (interaction négative) à la synergie positive (interaction positive).

On trouve une littérature assez abondante sur les mesures et intégrales floues, ainsi que sur leurs applications, voir par exemple [Sugeno *et al.*, 77] ; [Grabisch *et al.*, 95 ; 98 ; 00], [Marichal, 98] ; [Murofushi *et al.*, 91]. Nous donnons ci-après les principales définitions et propriétés utiles à notre travail.

**Définition 2.** Soit  $\mu$  une mesure floue sur  $C$ . L'expression de l'intégrale de Choquet (discrète pour un vecteur  $x \in [0,1]^n$ ) est :

$$C_{\mu}(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n (x_{\sigma(i)} - x_{\sigma(i-1)}) \cdot \mu(A_{\sigma(i)}) \quad (5)$$

avec  $\sigma(i)$  indiquant que les indices sont permutés de telle façon que :  $0 = x_{\sigma(0)} \leq x_{\sigma(1)} \leq \dots \leq x_{\sigma(n)}$  et  $A_{\sigma(i)} = \{c_{\sigma(i)}, \dots, c_{\sigma(n)}\}$ .

Par exemple, si  $x = (0.9, 0.8, 0.5)$ , on a :  $0 \leq x_{\sigma(1)} = 0.5 \leq x_{\sigma(2)} = 0.8 \leq x_{\sigma(3)} = 0.9$ , et

$$A_{\sigma(1)} = \{c_{\sigma(1)}, c_{\sigma(2)}, c_{\sigma(3)}\} = \{c_3, c_2, c_1\}; A_{\sigma(2)} = \{c_{\sigma(2)}, c_{\sigma(3)}\} = \{c_2, c_1\}; A_{\sigma(3)} = \{c_{\sigma(3)}\} = \{c_1\}.$$

alors :  $C_{\mu}(0.9, 0.8, 0.5) = 0.5 \cdot \mu(1, 2, 3) + (0.8 - 0.5) \cdot \mu(1, 2) + (0.9 - 0.8) \cdot \mu(1)$ .

L'intégrale de Choquet est une fonction idempotente, continue et monotone croissante, c'est un opérateur de compromis, stable pour les transformations linéaires positives. Les opérateurs connus : min, max, médiane, moyennes pondérées, OWA [Yager, 88] sont des cas particuliers des intégrales de Choquet [Grabisch, 97a].

En résumé, l'intérêt de l'intégrale de Choquet se situe dans le fait qu'elle peut modéliser l'importance relative des critères et les interactions mutuelles entre eux, comme nous l'exposons plus en détail ci-après.

#### 2.4.2 Importance relative des critères: indices et valeurs de Shapley

Par souci de simplification, nous utiliserons les notations :  $\mu_i = \mu(c_i)$ ,  $\mu_{ij} = \mu(c_i, c_j)$ ,  $\mu_K = \mu(K)$  pour un sous-ensemble  $K \subset C$ .

L'importance globale d'un critère  $c_i \in C$  semble naturellement être déterminée par le nombre  $\mu_i$ , mais en réalité, il faut prendre en compte toutes les mesures  $\mu(K)$  de toutes les coalitions  $K$  où  $c_i \in K$ . En effet, nous pouvons avoir  $\mu_i = 0$ , suggérant que le critère  $c_i$  est sans importance, mais il peut arriver que pour beaucoup de sous-ensembles  $K \subseteq C - \{i\}$ , le nombre  $\mu(K \cup \{i\})$  soit beaucoup plus grand que le nombre  $\mu(K)$ , suggérant cette fois-ci, que  $c_i$  est un élément important dans la décision. Shapley [Shapley, 53] a proposé en 1953, la définition suivante d'un coefficient d'importance basée sur un ensemble d'axiomes raisonnables.

**Définition 3:** Soit  $\mu$  une mesure floue sur  $C$ . L'indice de Shapley pour tout critère ( $i \in C$ ) relativement à  $\mu$ , est défini par :

$$v_i = \sum_{K \subseteq C - \{i\}} \gamma_K [\mu(K \cup \{i\}) - \mu(K)]; \quad \gamma_K = \frac{(n - |K| - 1)! |K|!}{n!} \quad (6)$$

La valeur de Shapley de  $\mu$  est le vecteur  $v(\mu) = (v_1, \dots, v_n)$ .

Une propriété fondamentale de la valeur de Shapley est que  $\sum_{i=1}^n v_i = 1$ .

Cette notion a été utilisée essentiellement dans la théorie des jeux [Shapley, 53] où  $v_i$  exprime un indice de pouvoir, i.e.  $v_i$  est interprété comme une valeur moyenne des contributions marginales ( $\mu(K \cup c_i) - \mu(K)$ ) du joueur  $i$  dans toutes les coalitions où il participe ( $C$  représente l'ensemble des joueurs et  $\mu(C)$  la valeur totale mise en jeu).

Par analogie, en aide à la décision multicritère,  $v_i$  exprime l'importance relative du critère  $i$  dans le problème décisionnel (l'importance de la prise de décision par le critère  $i$  tout seul). L'indice de Shapley est alors interprété comme la valeur moyenne (pondérée) des contributions marginales du critère  $c_i$  dans toutes les coalitions où il participe. Notons que lorsque la mesure  $\mu$  est additive, nous avons :  $\mu(K \cup c_i) - \mu(K) = \mu_i$ , et  $v_i = \mu_i$ .

### 2.4.3 Le concept d'interaction mutuelle entre les critères

L'autre concept important est l'idée d'interaction mutuelle entre deux critères. Le fait que la valeur de Shapley  $v_i$  liée au critère  $c_i$  est différente de la valeur  $\mu_i$  prouve que les critères agissent les uns sur les autres.

Naturellement, il serait intéressant d'évaluer le degré d'interaction parmi n'importe quel sous-ensemble de critères. Considérons tout d'abord, la paire des critères  $\{c_i, c_j\}$  de  $C$ , la quantité  $[\mu_{ij} - \mu_i - \mu_j]$  semble refléter ce degré ; quant à l'importance, une définition appropriée doit considérer non seulement  $\mu_{ij}$ ,  $\mu_i$  et  $\mu_j$  (comme c'est le cas pour l'indice de Shapley), mais aussi les mesures de toutes les coalitions contenant  $c_i$  et  $c_j$ . Ainsi l'interaction entre deux critères  $c_i$  et  $c_j$  peut être vue comme la moyenne des contributions marginales de  $c_j$  en l'absence de  $c_i$ , correspondant à la somme sur toutes les combinaisons  $K \subseteq C - (\{c_i, c_j\})$  :

$$\Delta_{ij} \mu(K) = [\mu(K \cup \{i, j\}) - \mu(K \cup \{i\}) - \mu(K \cup \{j\}) + \mu(K)]$$

Ainsi, T.Murofushi et S.Soneda [Murofushi *et al.*, 93] ont proposé la définition suivante qui aboutit à un coefficient d'interaction mutuelle  $I_{i,j} \in [-1, +1]$  :

**Définition 4.** Soit  $\mu$  une mesure floue sur  $C$ . L'indice d'interaction entre deux critères  $c_i, c_j \in C$ , relatif à  $\mu$  est donné selon la formule :

$$I_{i,j} = \sum_{K \subseteq C - \{c_i, c_j\}} \gamma_K \cdot \Delta_{ij} \mu(K) \quad , \text{ avec } \gamma_K = \frac{(n - |K| - 2)! |K|!}{(n-1)!} \quad (7)$$

Une généralisation de cette définition pour n'importe quelle coalition de critères a été introduite par Grabisch [Grabisch, 97b].

#### 2.4.4 Le modèle 2-additif

Nous savons qu'un problème décisionnel impliquant  $n$  critères exige  $2^n$  coefficients pour identifier la mesure floue  $\mu$  pour chaque sous-ensemble de  $C$ .

Naturellement, lorsque  $n$  est assez grand, un décideur ne peut fournir une telle quantité d'informations. De plus la signification des nombres  $\mu(K)$ ,  $\forall K \subset C$  n'est pas nécessairement naturelle pour lui. A ce propos, Grabisch a proposé le concept de mesure  $k$ -additive [Grabisch, 97a ; 97b], qui exprime l'idée que les indices d'interaction sont nuls pour tous les sous-ensembles de plus de  $k$  éléments.

On s'intéresse en particulier à la mesure 2-additive, car d'un point de vue pratique, elle reste d'interprétation simple et seulement  $n(n+1)/2$  coefficients ( les singletons et les paires de critères) sont nécessaires à sa définition. Ainsi on obtient la représentation de l'intégrale de Choquet 2-additive en fonction des indices de Shapley et d'interaction. En effet, Grabisch montre que l'intégrale de Choquet peut s'écrire sous la forme [Grabisch *et al.*, 96]:

**Propriété** Soit  $\mu$  une mesure 2-additive et  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  le profil (degrés de satisfaction) d'une alternative  $x$ , alors l'expression de l'intégrale de Choquet associée est:

$$C_\mu(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{I_{ij} > 0} (x_i \wedge x_j) I_{ij} + \sum_{I_{ij} < 0} (x_i \vee x_j) |I_{ij}| + \sum_{i=1}^n x_i \left( v_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} |I_{ij}| \right) \quad (8)$$

avec  $v_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} |I_{ij}| \geq 0$  pour tout  $i$  et  $\sum_{i=1}^n v_i = 1$ .

On remarque que l'intégrale de Choquet 2-additive (8) se décompose en une partie conjonctive, disjonctive et une partie additive correspondant respectivement aux synergies positives, négatives et nulles. Une valeur de :

- $I_{ij}$  positive implique un comportement conjonctif entre les critères  $c_i$  et  $c_j$ , c'est-à-dire que la satisfaction simultanée des critères  $c_i$  et  $c_j$  est significative dans l'évaluation globale, mais la satisfaction d'un seul des critères aura peu d'effet. Il s'agit d'une synergie positive entre les deux critères.
- $I_{ij}$  négative implique un comportement disjonctif entre les critères  $c_i$  et  $c_j$ , c'est-à-dire que la satisfaction de l'un des critères  $c_i$  ou  $c_j$  est suffisante pour avoir un effet significatif dans l'évaluation globale. Il s'agit d'une synergie négative entre les deux critères.
- $I_{ij}$  nulle: les deux critères sont indépendants et les valeurs de Shapley agissent en tant que vecteur de poids dans une moyenne pondérée arithmétique, ceci constitue la partie linéaire de l'intégrale de Choquet.



## 2.5 En conclusion

Dans le but d'arriver à un classement des solutions au cours du processus décisionnel, l'opérateur d'agrégation  $H$  doit être défini de manière à identifier une stratégie décisionnelle. Dans cette optique, les opérateurs de la famille de l'intégrale de Choquet présentent des propriétés intéressantes pour la prise en compte des interactions mutuelles. C'est pourquoi nous les retenons dans le cadre de notre problématique.

La prochaine étape de notre approche consiste à donner les éléments d'ordre rhétorique au décideur final quant au classement des alternatives. La fonction principale de ces éléments est d'expliquer, argumenter, légitimer les choix pris. La justification des choix est à la base de l'acceptabilité des SIAD par les utilisateurs. Dans la section suivante nous proposons de telles fonctionnalités pour une décision basée sur une agrégation des scores partiels par l'intégrale de Choquet.

### 3. Fonctionnalités d'explication et d'argumentation d'une stratégie décisionnelle

#### 3.1 Introduction

Si dans le domaine de l'Intelligence Artificielle, les concepts d'explication et d'argumentation sont développés depuis longtemps [Safar ; 85] ; [Barboux *et al.*, 90] ; [Moore *et al.*, 90, 91] ; [Swartout *et al.*, 93] ; [Dubois *et al.*, 94] ; [Montmain *et al.*, 94] ; [Giboin, 92 ; 95 ; 96] ; [Amgoud, 99] (voir annexe 3 sur les explications dans les systèmes experts), ils ne sont apparus que récemment dans les systèmes de fusion d'informations. En ce qui concerne la génération automatique d'indicateurs d'explication, signalons les travaux de Dasarathy dans le cadre d'une fusion par des méthodes probabilistes [Dasarathy, 00] et les travaux de Valet [Valet, 01] dans le cadre d'une fusion d'informations par règles floues.

Nous proposons dans ce qui suit quelques concepts que nous avons développés et qui proposent des fonctionnalités d'explication des résultats d'un SIAD basé sur une agrégation par l'intégrale de Choquet. Notre approche est basée sur l'étude de l'influence des "entrées" (l'importance des critères et les degrés de satisfaction) [Akharraz *et al.*, 02a ; 02b]. Dans un deuxième temps, nous allons voir comment il est possible de s'orienter vers une argumentation automatisée des résultats de la fusion en utilisant la base des connaissances. Rappelons que ces fonctionnalités ont pour vocation de faire accepter les résultats du SIAD par les personnes concernées par les décisions prises.

#### 3.2 Objectifs

A ce stade du processus de décision, on suppose qu'une solution  $X^k$  a été choisie comme étant la meilleure suivant une stratégie, identifiée par un opérateur d'agrégation  $H$ . On a alors,

$$H(X^k) \geq H(X^l), \quad l=1, \dots, p. \quad (9)$$

où  $p$  est le nombre de solutions candidates évaluées dans le processus décisionnel. Il s'agit maintenant d'expliquer et d'argumenter ce choix en proposant une panoplie de fonctionnalités et d'indicateurs d'explication et d'argumentation.

L'*explication* vise à éclairer le décideur pendant les phases du processus de décision. Cette nécessité de comprendre "le pourquoi" et "le comment" d'une décision peut être exprimée qualitativement et/ou quantitativement à plusieurs niveaux. Le pourquoi peut être par exemple quantitativement exprimé en terme d'influence d'un ou plusieurs scores partiels sur la décision finale ou de dominance relative des satisfactions particulières de critères sur cette décision. Qualitativement, il peut être exprimé de façon symbolique en indiquant un ordre de grandeur d'importance relative d'un score partiel donné.

L'*argumentation* est la capacité d'un système à justifier ses décisions d'une façon compréhensible, dans le but d'être accepté par ses utilisateurs et de légitimer les choix retenus.

En résumé, le but de ce type d'explication et d'argumentation, consiste à répondre à des questions du type *comment* et *pourquoi* :

- En déterminant les scores partiels les plus influents dans la décision finale ;
- En sélectionnant dans la base de connaissances les CAs les plus pertinentes, i.e. les éléments de rhétorique qui permettent de légitimer au mieux le choix retenu.

### 3.3 Application à une agrégation par la moyenne pondérée

Dans un premier temps, pour simplifier les développements calculatoires, nous utiliserons un opérateur additif de type moyenne pondérée:

$$M_w(x) = M_w(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n w_i x_i,$$

où  $w_i$  est le poids associé au critère  $i$ .

Dans ce cas, (9) s'écrit alors :

$$M_w(X^k) \geq M_w(X^l), \quad l=1, \dots, p.$$

Pour expliquer ce résultat, nous cherchons à déterminer la contribution des scores partiels associée à chaque critère en interprétant le score global comme une somme de termes où les évaluations partielles sont impliquées. En effet, pour une alternative donnée  $x$ , nous pouvons écrire:

$$M_w(x) = \sum_{j=1}^n w_j x_j = \sum_{j=1}^n \left( \frac{\partial M_w}{\partial x_j} \right) \cdot x_j$$

$\frac{\partial M_w}{\partial x_j} = w_j$  est bien sûr le coefficient d'importance relative du critère  $j$ , il représente

dans ce contexte, une estimation de la contribution marginale du critère  $j$  dans l'évaluation globale de  $x$ . En se basant sur l'interprétation de la contribution marginale pour qualifier l'importance d'un critère, nous avons imaginé, plusieurs niveaux d'explication/argumentation des résultats de l'agrégation. Ils sont développés dans les paragraphes suivants.

#### 3.3.1 Explication en absolu

Ce type d'explication a pour objectif de répondre aux questions que l'utilisateur est susceptible de poser dans un dialogue explicatif naturel :

En quoi la solution X peut-elle être considérée comme une bonne solution?

Réponse: mettre en évidence les scores partiels ayant contribué le plus significativement au choix de X. Il s'agit d'une justification dite positive.

En quoi la solution Y est-elle mauvaise?

Réponse: mettre en évidence les scores partiels ayant des valeurs défavorables pour le choix de l'action. C'est une justification négative.

D'abord, il est pertinent de donner des éléments concernant l'excellence de  $X^k$  : c'est une *explication dans l'absolu*.

Pour cela, nous proposons dans un premier temps de réordonner les termes de la somme

$M_w(X^k) = \sum_{i=1}^n w_i x_i^k$  de façon à ce que :

$$\forall k, j: w_j x_j^k \geq w_{j+1} x_{j+1}^k \quad (10)$$

On définit alors le *potentiel absolu* du critère  $j$  pour la solution  $k$ :

$$PA_w^k(j) = w_j x_j^k \quad (11)$$

Il représente la *contribution partielle*  $(\frac{\partial M}{\partial x_j}) \cdot x_j^k$  du critère  $j$  dans l'évaluation globale de  $X^k$ .

Il doit alors être possible de paramétrer le niveau de détail de l'explication requise. On peut souhaiter plusieurs niveaux de détail dans l'explication du résultat.

En effet, on peut vouloir une justification "*en un mot*", c'est-à-dire qui aille à l'essentiel des raisons de cette préférence, qui en donne les raisons principales, qui fournisse les raisons détaillées ou qui rapporte jusqu'aux résultats anecdotiques.

Les  $PA_w^k(j)$  peuvent alors être "partitionnés" en classes relatives aux ordres de grandeur du ratio  $RPA_w^k(j)$  :

$$RPA_w^k(j) = \frac{PA_w^k(j)}{PA_w^k(1)} = \frac{w_j x_j^k}{w_1 x_1^k} \quad (12)$$

avec  $PA_w^k(1) = \max_j(w_j x_j^k)$ .

Plus ce ratio est proche de 1, plus la contribution selon le critère  $j$  est prépondérante, plus le critère  $j$  représente une dimension essentielle de la décision. Une justification symbolique et qualitative de chaque critère est alors possible. Pour classifier les critères  $j$ , suivant le rapport  $RPA_w^k(j)$  nous nous servons de la définition [Mavrov. *et al.*, 88] : une relation "A r B" est équivalente à "(A/B) r 1" et peut être modélisée comme un intervalle flou sur le rapport (A/B) en utilisant un unique paramètre  $e$ , cette modélisation est proposée dans la section suivante.

### 3.3.2 Interprétation linguistique

Les poids et les scores partiels sont des valeurs quantitatives, qui sont parfois difficiles à comprendre et, pour cette raison, difficiles à utiliser directement dans les explications. Pour résoudre ce problème, on effectue une transformation quantitative-qualitative de chaque potentiel absolu par des intervalles de valeurs donnant une idée sémantique quant à l'importance de la contribution de chaque score partiel.

On définit ainsi un découpage symbolique sur l'échelle continue  $\frac{x}{w_1 x_1^k}$  dans lequel chacun des termes des potentiels absolus peut être classé.

Dans la figure 7 suivante, les symboles des relations aux ordres de grandeur =, ≅, ≈, < et << signifient respectivement *égal à*, *voisin de*, *comparable à*, *petit devant* et *négligeable devant* et sont associés aux justifications qualitatives « en un mot », « à l'essentiel », « principalement », « dans le détail » et « de façon exhaustive ». Ainsi, à

titre d'exemple, si l'on a :  $\frac{1}{1+e} \leq \frac{w_j x_j^k}{w_1 x_1^k} < 1$ , la contribution du score partiel du critère j

au score global de  $X^k$  est voisine de 1 et on dira alors que le score obtenu par la solution  $X^k$  selon le critère j est une *raison essentielle* de son score global.

On écrira enfin symboliquement que la justification « à l'essentiel » du score de  $X^k$  est l'approximation ( $\underline{\Delta}$ ) de ce score suivant l'équation :

$$M_w(X^k) \underline{\Delta} \sum_{j/w_j x_j^k = w_1 x_1^k} w_j x_j^k + \sum_{j/w_j x_j^k \cong w_1 x_1^k} w_j x_j^k \quad (13)$$

Le nombre de classes est un paramètre à fixer qui dépend de la connaissance que l'on souhaite exprimer (*le détail* et *l'exhaustif* pourraient par exemple être confondus en une seule catégorie linguistique). Le seuil  $e$  a une limite supérieure de 0.4656 due à la contrainte  $1/e > (1+e)^2$ .

Voici les interprétations des niveaux indiqués (Figure 7) :

- La justification *en un mot* correspond à une approximation du score obtenu par  $X^k$  suivant l'équation :

$$M_w(X^k) \underline{\Delta} \sum_{j/w_j x_j^k = w_1 x_1^k} w_j x_j^k \quad (14)$$

où  $\underline{\Delta}$  définit l'égalité qualitative associée au niveau de détail de la justification (ici : *en un mot*) ;

- La justification *L'essentiel* correspond à une approximation du score obtenu par  $X^k$  suivant l'équation :

$$M_w(X^k) \underline{\Delta} \sum_{j/w_j x_j^k = w_1 x_1^k} w_j x_j^k + \sum_{j/w_j x_j^k \cong w_1 x_1^k} w_j x_j^k \quad (15)$$

- La justification *Le principal* correspond à une approximation du score obtenu par  $X^k$  suivant l'équation :

$$M_w(X^k) \underline{\Delta} \sum_{j/w_j x_j^k = w_1 x_1^k} w_j x_j^k + \sum_{j/w_j x_j^k \cong w_1 x_1^k} w_j x_j^k + \sum_{j/w_j x_j^k \approx w_1 x_1^k} w_j x_j^k \quad (16)$$

- La justification *Le détail* correspond à une approximation du score obtenu par  $X^k$  suivant l'équation :

$$M_w(X^k) \underline{\Delta} \sum_{j/w_j x_j^k = w_1 x_1^k} w_j x_j^k + \sum_{j/w_j x_j^k \cong w_1 x_1^k} w_j x_j^k + \sum_{j/w_j x_j^k \approx w_1 x_1^k} w_j x_j^k + \sum_{j/w_j x_j^k < w_1 x_1^k} w_j x_j^k \quad (17)$$

- La justification *L'exhaustif* correspond à une approximation du score obtenu par  $X^k$  suivant l'équation :

$$M_w(X^k) \triangleq \sum_{j=1}^n w_j x_j^k \quad (18)$$

Notons que dans le cas extrême où tous les  $PA_w^k(j) = w_j x_j^k$  sont égaux alors tous les critères deviennent nécessaires pour une explication en *un mot* comme pour une explication dans *le détail*.

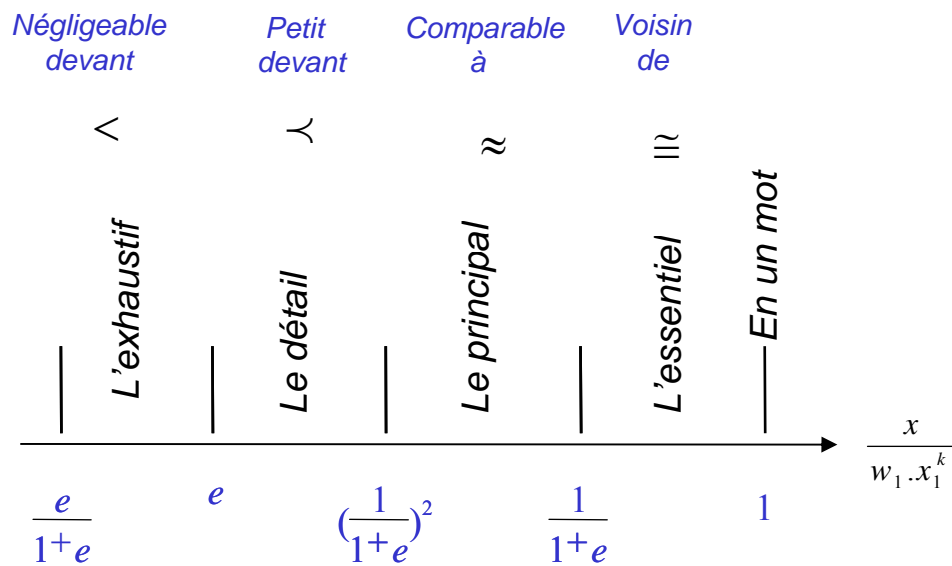


Figure 7: Découpage en étiquettes symboliques des contributions partielles

Le choix des limites des intervalles a une influence certaine sur les justifications données par cette approche de découpage symbolique. Pour cette raison, il faut que les limites soient "plus ou moins" paramétrables pour correspondre aux besoins de chaque application, le paramètre  $e$  est donc à déterminer, une valeur courante de  $e$  est 0.1 et correspond à l'idée commune qu'une grandeur devient négligeable devant une autre au-delà d'un rapport 1/10. De même, les intervalles devraient être ajustés en fonction du nombre de critères. En effet, suivant le nombre de critères, on peut jouer sur les valeurs des bornes d'intervalle de justification. Si par exemple, le nombre de critères est assez grand, il est préférable d'avoir plusieurs niveaux de justification, ce n'est pas le cas si le nombre de critères est petit.

**Remarque:**

Une autre façon d'envisager le niveau de justification est de fixer le pourcentage  $t\%$  d'explication du score de  $X^k$  et de chercher  $n_0$  tel que :

$$M_w(X^k) \triangleq \sum_{j=1}^{n_0 < n} w_j x_j^k = t\% \sum_{j=1}^n w_j x_j^k .$$

### 3.3.3 Explication en relatif

Dans un deuxième temps, il est important de donner des éléments de réponse concernant les dimensions selon lesquelles le candidat  $X^k$  a été préféré à un autre candidat  $X^l$ . Ce type d'explication vise à répondre à la question:

En quoi la solution  $X^k$  est-elle meilleure que la solution  $X^l$  ?

Réponse: mettre en évidence les scores partiels pour lesquels  $X^k$  a fait la différence sur  $X^l$ .

Il s'agit là d'une *explication en relatif* où les grandeurs à analyser sont les sommes des *potentiels relatifs individuels*  $PR_w^{k,l}(j)$ , pour les déterminer, nous procédons comme suit :

$$\begin{aligned} \forall l \neq k, \Delta M_{wR}(X^k, X^l) &= M_w(X^k) - M_w(X^l) \\ &= \sum_{j=1}^n w_j (x_j^k - x_j^l) \\ &= \sum_{j=1}^n PR_w^{k,l}(j) \end{aligned} \quad (19)$$

$$PR_w^{k,l}(j) = w_j (x_j^k - x_j^l) \quad (20)$$

sont les *potentiels relatifs individuels du critère j*.

Ensuite, on reprend sur  $\Delta M_{wR}(X^k, X^l)$  le même raisonnement aux ordres de grandeur comme développé dans l'étape d'explication absolue précédente, après avoir pour chaque candidat  $l$  procéder à une permutation des indices de  $\Delta M_{wR}(X^k, X^l)$  pour ranger les potentiels relatifs individuels  $PR_w^{k,l}(j)$  dans un ordre décroissant.

On remarque qu'il peut arriver que des termes  $PR_w^{k,l}(j)$  soient négatifs pour certains critères, ces critères ne sont pas pris en considération puisque notre objectif est de mettre en valeur la solution  $X^k$  par rapport à  $X^l$ .

### 3.3.4 Explication en moyenne

Dans un dernier niveau d'explication, le plus synthétique, il est intéressant de positionner l'élu par rapport à l'ensemble des autres solutions de façon globale.

Ce type d'explication vise à répondre à la question:

En quoi la solution  $X$  se distingue-elle de l'ensemble des autres candidats ?

Réponse: mettre en évidence les scores partiels, pour lesquels  $X$  a fait la différence par rapport à la moyenne des  $(p-1)$  autres solutions.

Pour ce faire nous proposons de calculer:

$$\begin{aligned}
 \Delta M_{w\bar{R}}(X^k, X^{l \neq k}) &= \sum_{l \neq k} M_w(X^k) - M_w(X^l) \\
 &= \sum_{l \neq k} \sum_{j=1}^n w_j (x_j^k - x_j^l) \\
 &= \sum_{j=1}^n \left[ ((p-1)x_j^k - \sum_{l \neq k} x_j^l) \right] w_j \\
 &= \sum_{j=1}^n PRM_w^k(j)
 \end{aligned}$$

$$PRM_w^k(j) = ((p-1)x_j^k - \sum_{l \neq k} x_j^l) w_j \quad (21)$$

Cette fois-ci les termes à analyser sont *les potentiels relatifs moyens*  $PRM_w^k(j)$ .

On se ramène encore une fois à un problème similaire à l'interprétation aux ordres de grandeur précédente. En effet, il suffit de substituer dans l'analyse utilisée dans le paragraphe précédent  $PR_w^{k,l}(j)$  par  $PRM_w^k(j)$ . Les potentiels moyens les plus importants correspondent aux critères selon lesquels le candidat  $X^k$  s'est nettement distingué par rapport à la moyenne, i.e. les scores partiels des critères pour lesquels il est « sorti du lot ».

En résumé, l'interprétation aux ordres de grandeur qui sous-tend l'explication porte donc sur les trois termes suivants :

- Les potentiels absolus  $PA_w^k(j) = w_j \cdot x_j^k$  ;
- Les potentiels relatifs individuels  $PR_w^{k,l}(j) = w_j (x_j^k - x_j^l)$  ;
- Les potentiels relatifs moyens  $PRM_w^k(j) = ((p-1)x_j^k - \sum_{l \neq k} x_j^l) w_j$ .

### Exemple 1 :

Afin d'illustrer les concepts d'explication, nous reprenons l'exemple du chapitre 1, qui consiste à choisir parmi plusieurs alternatives (les solutions technologiques pour l'entreposage des déchets). Ces alternatives sont évaluées selon plusieurs critères. Pour illustration, on utilise 4 solutions (S1, ..., S4) et 4 critères : Acceptabilité (A), Sûreté (S), Economie (E) et Durabilité (D). A une date t, les scores partiels de ces solutions selon les quatre critères, sont résumés dans la grille d'évaluation ci-dessous (Tableau 1). La dernière colonne représente les valeurs des poids pour chaque critère. Ainsi, c'est le critère sûreté qui est le plus important, suivi du critère durabilité, ensuite acceptabilité et enfin le critère économique est le moins important :



	S1	S2	S3	S4	Poids ( $w$ )
D	0.70	0.35	0.75	0.85	0.3
S	0.75	0.5	0.8	0.8	0.35
E	0.8	0.85	0.9	0.15	0.1
A	0.65	0.5	0.55	0.2	0.25

**Tableau 1 : Tableau des scores partiels**

$PA_w^{Sk}(j)$	S1	S2	S3	S4
D	0.21	0.105	0.225	0.255
S	0.2625	0.175	0.28	0.2800
E	0.08	0.085	0.09	0.0150
A	0.1625	0.125	0.1375	0.0500
$M_w(Sk)$	0.715	0.49	<b>0.7325</b>	0.6

**Tableau 2 : Tableau des potentiels absolus**

Donc, à cette date, c'est la solution S3 qui arrive en tête du classement, et pour cette solution, c'est le critère (S) qui a contribué le plus à ce résultat, il constitue donc la justification "en un mot" dans la réussite de S3. Ensuite, le critère (D) représente une dimension essentielle dans l'évaluation de S3. Le critère (A) est une dimension principale, et finalement la contribution du critère (E) constitue une justification de détail.

	$PR_w^{3,1}(j)$	$PR_w^{3,2}(j)$	$PR_w^{3,4}(j)$
D	0.015	0.12	0.045
S	0.0175	0.105	0.105
E	0.01	0.005	0.035
A	-0.025	0.0125	-0.0375

**Tableau 3 : Tableau des potentiels relatifs**

Le tableau 3 indique les valeurs de potentiels relatifs, les dimensions sur lesquelles S3 a fait la différence par rapport aux autres solutions (les valeurs positives). Par exemple, S3 a surclassé S1 essentiellement grâce au score sur le critère (S), et ensuite respectivement grâce aux scores sur les critères D et E.

$PRM_w^3(j)$	D	S	E	A
	0.105	0.1225	0.09	0.075

**Tableau 4 : Tableau des potentiels relatifs moyens**

Ce tableau donne les potentiels relatifs moyens pour S3, on remarque que c'est le score du critère (S) qui explique globalement l'excellence de S3 (justification en un mot),

suivi de façon essentielle par le score du critère D, enfin les scores sur E et A sont des raisons de détail dans cette explication.

### 3.3.5 Explication dans le temps

On s'intéresse cette fois-ci à une explication temporelle dont le but est de donner des éléments de réponses à la question :

Comment expliquer l'évolution de l'évaluation globale d'une solution X entre deux dates t et t' ?

Réponse: mettre en évidence les critères pour lesquels le score de X a enregistré une progression ou une dégradation significative entre t et t'.

Nous allons procéder d'une manière analogue au raisonnement utilisé lors du traitement de l'explication relative. Ici, on s'intéresse à la différence des scores globaux pour une solution donnée entre deux dates différentes t et t' (avec  $t < t'$ ).

Posons  $M_w(X^t)$  le score global d'une solution X à la date t, et  $x_j^t = x_j(t)$  est le score partiel de X selon le critère j à t, nous procédons alors de la manière suivante:

$$\begin{aligned} \forall t < t', \Delta T_w(X^t, X^{t'}) &= M_w(X^{t'}) - M_w(X^t) \\ &= \sum_{j=1}^n w_j (x_j^{t'} - x_j^t) \\ &= \sum_{j=1}^n PT_w^{t,t'}(j) \end{aligned} \quad (22)$$

$$\text{avec} \quad PT_w^{t,t'}(j) = w_j (x_j^{t'} - x_j^t) \quad (23)$$

sont les *potentiels relatifs temporels* du critère j entre t et t'.

On peut alors distinguer trois cas de figure :

- i)  $\Delta T_w(X^t, X^{t'}) > 0$ , i.e. que le score global de X a progressé entre les deux dates d'évaluation t et t' ;
- ii)  $\Delta T_w(X^t, X^{t'}) < 0$ , i.e. que le score global de X a diminué entre les deux dates d'évaluation t et t' ;
- iii)  $\Delta T_w(X^t, X^{t'}) = 0$ , i.e. que le score global de X est invariant entre les deux dates d'évaluation t et t' .

Pour chaque cas, on cherche à sélectionner dans un premier temps les critères les plus déterminants qui ont contribué le plus significativement à l'amélioration ou à la diminution du score de X en décomposant la somme (22) comme suit:

$$\forall t < t', \Delta T_w(X^t, X^{t'}) = \underbrace{\sum_{j/x_j^t \leq x_j^{t'}} PT_w^{t,t'}(j)}_{\text{somme1}} + \underbrace{\sum_{j/x_j^t > x_j^{t'}} PT_w^{t,t'}(j)}_{\text{somme2}} \quad (24)$$

- La première somme de l'équation (24) permet de donner *les critères les plus déterminants et qui expliquent l'amélioration de score de X*, ce sont les critères  $j$ , tels que  $PT_w^{t,t'}(j) \geq 0$  (i.e.  $x_j^t \leq x_j^{t'}$ ). Il suffit de reprendre sur  $\sum_{x_j^t \leq x_j^{t'}} PT_w^{t,t'}(j)$  le même raisonnement en termes d'ordre de grandeur que dans les sections précédentes (3.3.1 et 3.3.2), ceci après avoir pour chaque critère  $j$ , ranger les potentiels relatifs temporels positifs ( $PT_w^{t,t'}(j) / x_j^t \leq x_j^{t'}$ ) dans un ordre *décroissant*.
- La deuxième somme de l'équation (24) permet de donner *les critères les plus déterminants quant à la dégradation du score global de X*. Ce sont les critères  $j$ , tels que  $PT_w^{t,t'}(j) \leq 0$  i.e.  $x_j^t > x_j^{t'}$ .
- Pour le dernier cas,  $M_w(X^t) = M_w(X^{t'})$  s'explique par une compensation entre les scores partiels obtenus entre  $t$  et  $t'$ . Donc, il existe des critères selon lesquels  $X$  a progressé entre  $t$  et  $t'$  et d'autres selon lesquels  $X$  a baissé.

### 3.3.6 Automatisation de l'extraction des CAs de la base de connaissances

A ce stade du processus de décision, pour chaque type d'explication choisi, et pour chaque niveau de détail fixé, il est donc possible de sélectionner automatiquement les critères les plus déterminants dans la décision ; autrement dit, les cases (critère  $j$ , solution  $k$ ) de la grille d'évaluation pour lesquelles les scores partiels  $x_j^k$  associés jouent un rôle décisif dans le choix pris, peuvent être « pointées » automatiquement.

Il faut maintenant s'orienter vers une argumentation la plus naturelle possible (en particulier textuelle). C'est à ce stade qu'on s'aperçoit de l'utilité de coupler le modèle de décision avec un système à base de connaissances. L'objectif est de chercher dans la base de connaissances les éléments les plus pertinents qui appuient le choix de  $X^k$ , ceci pour chaque niveau d'explication choisi.

Ainsi, pour chacune des cases ( $j, k$ ) repérées précédemment, il faut *extraire les CAs les plus caractéristiques des arguments que l'on veut faire valoir*, autrement dit les éléments discursifs qui vont soutenir la logique décisionnelle mise en évidence ci-avant.

Ceci est possible en créant des requêtes permettant de sélectionner dans la base de connaissances les éléments de rhétorique (CAs) sur lesquels repose la sélection. Nous donnons dans ce qui suit une manière de construire ces requêtes dans des cas particuliers.

En effet, si dans les processus d'agrégation multicritère résumés précédemment, les CAs sont assimilées aux scores qu'elles portent, il ne faut pas oublier qu'une CA est d'abord l'expression en langage naturel de l'interprétation finalisée par son rédacteur d'une information, c'est-à-dire un élément d'argumentation ou de rhétorique.

Rappelons que le modèle d'agrégation des jugements de valeur  $x_j^k(CA_\theta), \theta \leq t$  de la case ( $j, k$ ) pour l'évaluation du candidat  $k$  du point de vue du critère  $j$  à une date  $t$  est,  $x_j^k(t) = g(x_j^k(CA_\theta)), \theta \leq t$  où  $g$  est la moyenne arithmétique (par exemple).

Le score partiel de  $X^k$ , selon le critère  $j$  à  $t$  est donc obtenu par l'équation :

$$x_j^k = \frac{1}{Nca} \sum_{CA_{\theta_i} / \theta \leq t} x_j^k(CA_{\theta}) \quad (25)$$

avec  $Nca$  est le nombre des CAs se rapportant à la case  $(j, k)$  à  $t$ .

La somme (25) est réécrite comme suit :

$$\sum_{CA_i} x_j^k(CA_i) = x_j^k(CA_{\tau(1)}) + x_j^k(CA_{\tau(2)}) + \dots + x_j^k(CA_{\tau(Nca)}) \quad (26)$$

avec  $x_j^k(CA_{\tau(i)}) \geq x_j^k(CA_{\tau(i+1)})$ ;  $i = 1, \dots, Nca$

- Pour le niveau de l'explication en absolu, il suffit alors de sélectionner les CAs selon un raisonnement aux ordres de grandeur comme précédemment (cf. §3.3.1). Par exemple, si on s'intéresse au premier niveau de justification, à savoir "en un mot", la première étape de l'explication en absolu nous a permis de connaître les critères appartenant à la classe "en un mot", on cherche les CAs qui ont contribué significativement à cette classification. On sélectionne alors, les CAs se rapportant à la case (critère  $j$ , candidat  $k$ ) satisfaisant l'équation (14) :  $x_j^k \Delta \frac{1}{Nca} \sum_{CA_{\theta_i} / \theta \leq t} x_j^k(CA_{\theta})$ .

Le même raisonnement est à réitérer pour chaque niveau de détail de la justification en termes d'ordre de grandeur.

- Pour le second niveau d'argumentation relative entre l'élus  $X^k$  et un prétendant  $X^l$ , l'étape d'explication en relatif a fourni les critères les plus déterminants quant à la supériorité de  $X^k$  par rapport à  $X^l$ . Pour chacun de ces critères  $j$  à fort potentiel relatif individuel  $PR_w^{k,l}(j)$ , il suffira de chercher les CAs pour la solution  $k$  relativement au critère  $j$  comme proposé ci-avant puis de les opposer aux CAs' relatives à la case  $(j, l)$  de jugement de valeur *minimal* i.e. procéder à l'inverse de l'analyse présentée précédemment en cherchant dans la base, les CAs' qui dévalorisent la solution  $l$ .
- Pour le niveau d'argumentation entre l'élus  $X^k$  et la moyenne des autres candidats, pour chacun des critères  $j$  à fort potentiel relatif moyen  $PRM_w^k(j)$ , la règle précédente est appliquée à l'ensemble des prétendants  $X^l$  avec un nombre d'itérations plus drastique dans la formule de sélection précédente afin que le nombre des CAs retenues en soit d'autant réduit.
- Pour le dernier niveau d'argumentation, dans le temps, rappelons que, nous avons distingué trois cas dans l'explication de l'évolution d'une solution  $X$  entre deux dates  $t$  et  $t'$  :
  - $\Delta T_w(X^t, X^{t'}) > 0$ . L'explication dans le temps nous a permis dans un premier temps d'identifier les critères  $j$ , qui expliquent cette évolution positive du score de  $X$ . L'explication de cette situation est due principalement à une bonne appréciation de certains critères  $j$  par de nouvelles CAs entrées dans la base entre les dates  $t$  et  $t'$ . Ainsi, on utilise l'algorithme employé dans l'explication en absolu, cette fois, appli-

qué sur la somme  $\sum_{CA_\theta} x_j^k(CA_\theta)$ ,  $t < \theta \leq t'$  pour déterminer les CAs les plus caractéristiques de l'évolution constatée, c'est-à-dire, les CAs "entrées" dans la base de connaissances après la date  $t$  dont les jugements de valeur  $x_j^k(CA_\theta) / t < \theta \leq t'$  sont bons.

- $\Delta T_w(X^t, X^{t'}) < 0$ . Dans ce cas, l'appréciation globale de  $X$  est moins bonne à  $t'$ . L'explication de cette situation est due à une mauvaise appréciation des critères  $j$  par de nouvelles CAs entrées dans la base de connaissances après la date  $t$ . On sélectionne (par analyse analogue à la précédente) les CAs dont les jugements de valeur associés sont mauvais.
- $\Delta T_w(X^t, X^{t'}) = 0$ . Cette fois ci, le score global de  $X$  est constant entre  $t$  et  $t'$ . Plusieurs explications sont alors possibles, la première est qu'aucun nouvel élément (CA) n'a été entré dans la base entre  $t$  et  $t'$  ( $t < t'$ ). Une autre possibilité, est qu'il existe une compensation entre les scores partiels. Donc, globalement, il existe des critères qui ont obtenu de bons scores sur certaines CAs et d'autres qui ont obtenu de mauvais scores sur d'autres CAs.

### 3.4 Extension aux opérateurs de la famille de l'intégrale de Choquet

#### 3.4.1 Problématique

Nous supposons maintenant, que la stratégie décisionnelle collective de sélection des solutions est modélisée par un modèle non linéaire de type intégrale de Choquet.

Dans cette section, nous allons montrer comment il est possible de faire une extension des concepts introduits (types d'explication, explication dans le temps, ...) aux paragraphes précédents aux opérateurs non linéaires de type intégrale de Choquet notée  $C_\mu$ .

Comme pour le cas linéaire, à ce stade du processus de décision, on suppose qu'une solution  $X^k$  a été choisie comme étant la meilleure suivant une stratégie, identifiée par l'opérateur  $C_\mu$ . On a donc :

$$C_\mu(X^k) \geq C_\mu(X^l), l=1, \dots, p. \quad (27)$$

On reprend pour la démonstration, l'expression de l'intégrale de Choquet en fonction de la mesure floue  $\mu$ , pour  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , on a :

$$C_\mu(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n (x_{\sigma(i)} - x_{\sigma(i-1)}) \cdot \mu(A_{\sigma(i)}) \quad (28)$$

avec  $\sigma(\cdot)$  une permutation sur l'ensemble de critères  $\{1, \dots, n\}$  telle que :

$$0 \leq x_{\sigma(1)} \leq \dots \leq x_{\sigma(n)} \leq 1 \text{ et } A_{\sigma(i)} = \{\sigma(i), \sigma(i+1), \dots, \sigma(n)\}.$$

Pour pouvoir appliquer les fonctionnalités d'explication décrites précédemment, au modèle  $C_\mu$ , il faut présenter  $C_\mu(x)$  sous la forme d'une somme de contributions marginales. On réécrit alors (28) de la manière suivante :

$$C_\mu(x) = (\mu(A_{\sigma(1)}) - \mu(A_{\sigma(2)})) \cdot x_{\sigma(1)} + \dots + (\mu(A_{\sigma(i)}) - \mu(A_{\sigma(i+1)})) \cdot x_{\sigma(i)} + \dots + \mu(A_{\sigma(n)}) \cdot x_{\sigma(n)}$$

soit alors,

$$C_\mu(x) = \sum_{i=1}^n \Delta\mu_{\sigma(i)} \cdot x_{\sigma(i)} \quad (29)$$

avec  $\Delta\mu_{\sigma(i)} = \mu(A_{\sigma(i)}) - \mu(A_{\sigma(i+1)})$  et  $A_{\sigma(i)} = \{\sigma(i), \sigma(i+1), \dots, \sigma(n)\}$  et  $A_{\sigma(i+1)} = \{\sigma(i+1), \sigma(i+2), \dots, \sigma(n)\}$  et  $A_{\sigma(n+1)} = \emptyset$ .

L'équation (29) montre de façon claire que l'intégrale de Choquet est linéaire par morceaux : pour un ordre donné des scores partiels l'intégrale de Choquet est linéaire vis-à-vis des critères d'évaluation.

Donnons quelques propriétés vérifiées par les indices  $\Delta\mu_{\sigma(i)}$ , ainsi que leur interprétation éventuelle. On constate dans un premier temps que :

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n \Delta\mu_{\sigma(i)} &= \sum_{i=1}^n (\mu(A_{\sigma(i)}) - \mu(A_{\sigma(i+1)})) = \sum_{i=1}^n \mu(A_{\sigma(i)}) - \sum_{i=1}^n \mu(A_{\sigma(i+1)}) \\ &= [\mu(A_{\sigma(1)}) + \mu(A_{\sigma(2)}) + \dots + \mu(A_{\sigma(n)})] - [\mu(A_{\sigma(2)}) + \mu(A_{\sigma(3)}) + \dots + \mu(A_{\sigma(n)}) + \mu(A_{\sigma(n+1)})] \\ &= \mu(A_{\sigma(1)}) - \mu(A_{\sigma(n+1)})\end{aligned}$$

Or, par définition, on a:  $\mu(A_{\sigma(n+1)}) = 0$  et  $\mu(A_{\sigma(1)}) = \mu(\{1, 2, \dots, n\}) = \mu(C) = 1$ .

Finalement :

$$\sum_{i=1}^n \Delta\mu_{\sigma(i)} = 1 \quad (30)$$

Et comme  $A_{\sigma(i+1)} \subseteq A_{\sigma(i)}$  et que la mesure floue  $\mu$  est monotone au sens de l'inclusion des ensembles, il en résulte que:

$$\Delta\mu_{\sigma(i)} = \mu(A_{\sigma(i)}) - \mu(A_{\sigma(i+1)}) \geq 0 \quad (31)$$

De (29-31), on déduit que les indices  $\Delta\mu_{\sigma(i)}$ , peuvent être interprétés localement comme des coefficients (individuels/locaux) d'importance du critère  $c_{\sigma(i)}$ , i.e. que  $C_\mu$  est linéaire dans l'hyperplan  $H_\sigma$  défini par la permutation  $\sigma$  associée à  $x$ :

$$H_\sigma = \{x \in [0,1]^n / 0 \leq x_{\sigma(1)} \leq \dots \leq x_{\sigma(n)} \leq 1\}$$

En effet, les  $\Delta\mu_{\sigma(i)}$  réagissent comme des poids associés à une moyenne pondérée tant qu'on reste dans l'hyperplan  $H_\sigma$ . Et surtout,  $\Delta\mu_{\sigma(i)}$  est une estimation de la contribution marginale (locale) du critère  $c_{\sigma(i)}$  dans l'évaluation de  $x$  dans  $H_\sigma$ , en effet :

$$\Delta\mu_{\sigma(i)} = \frac{\partial C_\mu(x)}{\partial x_{\sigma(i)}} / x \in H_\sigma \quad (32)$$

En utilisant les formules (29) et (32), nous pouvons étendre les fonctionnalités d'explication à une stratégie de type intégrale de Choquet. C'est ce que nous allons détailler dans les sections suivantes.

### **Cas de l'intégrale de Choquet 2-additive**

Comme nous l'avons précisé au paragraphe (2.4.4 de ce chapitre), ce sont les mesures 2-additives et la représentation de l'intégrale de Choquet en fonction des indices de Shapley et d'interaction, qui sont les plus employées dans la pratique. Les indices d'importance locale  $\Delta\mu_{\sigma(i)}$  sont fonction des valeurs prises par la mesure  $\mu$ . Dans le cas 2-additif, il est alors intéressant d'exprimer les  $\Delta\mu_{\sigma(i)}$  en fonction des indices de Shapley et d'interaction, pour en déduire une expression pratique de l'intégrale de Choquet en fonction de ces indices.

En effet, on a montré que [Akharraz *et al.*, 02a] (voir la preuve en annexe 3):

**Proposition.** Soit  $\mu$  une mesure 2-additive, alors :

$$\Delta\mu_{\sigma(i)} = v_{\sigma(i)} + \frac{1}{2} \sum_{j>i} I_{\sigma(i)\sigma(j)} - \frac{1}{2} \sum_{j<i} I_{\sigma(j)\sigma(i)} \quad (33)$$

avec  $v_{\sigma(i)}$  l'indice de Shapley du critère  $c_{\sigma(i)}$  et  $I_{\sigma(i)\sigma(j)}$  l'indice d'interaction entre les critères  $c_{\sigma(i)}$  et  $c_{\sigma(j)}$ .

Par conséquent, pour tout  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , on a:

$$C_{\mu}(x) = \sum_{i=1}^n \left[ v_{\sigma(i)} + \frac{1}{2} \sum_{j>i} I_{\sigma(i)\sigma(j)} - \frac{1}{2} \sum_{j<i} I_{\sigma(j)\sigma(i)} \right] \cdot x_{\sigma(i)} \quad (34)$$

$\sigma(\cdot)$  est telle que:  $x_{\sigma(1)} \leq \dots \leq x_{\sigma(n)}$ .

On remarque que si la mesure floue  $\mu$  est additive, les indices d'interaction sont nuls, et (33) est réduite à la simple expression :  $\Delta\mu_{\sigma(i)} = v_{\sigma(i)} = v_i = \mu_i$ . Dans ce cas, les  $\Delta\mu_{\sigma(i)}$  sont constants dans tout l'hypercube  $[0,1]^n$  et coïncident avec le vecteur poids associé à une moyenne pondérée.

### 3.4.2 Explication en absolu

Comme dans le cas linéaire, nous cherchons à déterminer les contributions des scores partiels les plus décisifs dans l'excellence de la solution  $X^k$ ;  $X^k$  est la meilleure solution retenue à une date t à ce stade du processus décisionnel.

Avant de donner des expressions équivalentes aux concepts introduits dans le cas linéaire, remarquons que dans la formule (33), les  $\Delta\mu_{\sigma(i)}$  ne dépendent pas seulement des indices d'importance des critères, mais aussi de l'ordre des valeurs des scores partiels d'un profil donné. Autrement dit, pour une alternative donnée  $X^k$ , on peut écrire:

$$C_{\mu}(X^k) = \sum_{j=1}^n \Delta\mu_j^k \cdot x_j^k \quad (35)$$

On suit alors le même raisonnement appliqué dans le cas linéaire, en effet, pour trouver la contribution partielle de chaque critère dans l'évaluation globale de  $X^k$  par  $C_{\mu}$ , il suffit dans un premier temps de réordonner les termes de la somme (35) de façon à ce que :

$$\Delta\mu_{\tau(j)}^k x_{\tau(j)}^k \geq \Delta\mu_{\tau(j+1)}^k x_{\tau(j+1)}^k, j=1, \dots, n-1 \quad (36)$$

Ensuite on fait une partition des potentiels absolus  $PA_{\mu}^k$  relativement au critère  $c_{\tau(j)}$  :

$$PA_{\mu}^k(j) = \Delta\mu_{\tau(j)}^k x_{\tau(j)}^k \quad (37)$$

en classes relatives aux ordres de grandeur associés aux justifications "en un mot", "le principal", "l'essentiel", "le détail" et "l'anecdotique" définies au paragraphe (3.3.2).

Mais, cette fois ci, pour classer les critères, on utilise le rapport:



$$RPA_{\mu}^k(j) = \frac{\Delta\mu_{\tau(j)}^k x_{\tau(j)}^k}{\Delta\mu_{\tau(1)}^k x_{\tau(1)}^k} \quad (38)$$

Plus ce rapport est proche de 1, plus la contribution selon le critère  $c_{\tau(j)}$  est forte, plus le score partiel selon le critère  $c_{\tau(j)}$  représente une dimension essentielle de la décision.

Il s'agit toujours d'une explication purement locale, dans le sens où elle explique uniquement ce qui s'est passé pour les valeurs d'entrées considérées (indices locaux et scores partiels).

### 3.4.3 Explication en relatif

Comme dans le cas linéaire, dans un deuxième temps d'explication, nous cherchons les dimensions selon lesquelles la solution  $X^k$  a *fait la différence* sur une autre solution concurrente  $X^l$ , le but est de donner des éléments de réponse concernant les contributions des scores partiels des critères selon lesquels  $X^k$  a été préférée à  $X^l$ .

Pour répondre à cette question nous développons la différence des scores globaux entre  $X^k$  et  $X^l$  en une somme de différences des contributions marginales, en effet, nous avons:

$$\begin{aligned} \forall l, \Delta C_{\mu_R}(X^k, X^l) &= C_{\mu}(X^k) - C_{\mu}(X^l) \\ &= \sum_{j=1}^n (\Delta\mu_j^k x_j^k - \Delta\mu_j^l x_j^l) \\ &= \sum_{j=1}^n PR_{\mu}^{k,l}(j) \\ PR_{\mu}^{k,l}(j) &= \Delta\mu_j^k x_j^k - \Delta\mu_j^l x_j^l \end{aligned} \quad (39)$$

Les grandeurs à analyser sont les sommes des *potentiels relatifs individuels*  $PR_{\mu}^{k,l}(j)$ .

Ensuite, on reprend sur  $\Delta C_{\mu}(X^k, X^l)$  le raisonnement aux ordres de grandeur comme développé dans la section (3.3.3) pour ranger les potentiels relatifs individuels  $PR_{\mu}^{k,l}(j)$  dans un ordre décroissant. Ainsi, on peut classifier chaque critère dans sa classe d'appartenance en terme de niveau de justification (section 3.3.2).

On remarque que la formule (39) généralise la formule (20) qui permet de calculer les potentiels relatifs individuels dans le cas additif, en effet, si la mesure floue est additive, on a :  $\Delta\mu_j^k = \Delta\mu_j^l = w_j$  et  $PR_{\mu}^{k,l}(j) = w_j(x_j^k - x_j^l) = PR_w^{k,l}(j)$ .

### 3.4.4 Explication en moyenne

Le but de cette section est de donner des formules équivalentes à celles proposées pour le cas linéaire dans le cas de l'intégrale de Choquet.

Il s'agit de mettre en évidence les scores partiels pour lesquels l'élue a une meilleure valeur par rapport à la moyenne des autres solutions par une stratégie identifiée par un opérateur de type  $C_\mu$ . Pour cela, on a recours à l'analyse suivante:

$$\begin{aligned} \Delta C_{\mu\bar{R}}(X^k, X^{l \neq k}) &= \sum_{l \neq k} C_\mu(X^k) - C_\mu(X^l) \\ &= \sum_{l \neq k} \sum_{j=1}^n \Delta \mu_j^k x_j^k - \Delta \mu_j^l x_j^l \\ &= \sum_{j=1}^n \left[ ((p-1) \Delta \mu_j^k x_j^k - \sum_{l \neq k} \Delta \mu_j^l x_j^l) \right] \\ &= \sum_{j=1}^n PRM_\mu^k(j) \end{aligned}$$

$$PRM_\mu^k(j) = ((p-1) \Delta \mu_j^k x_j^k - \sum_{l \neq k} \Delta \mu_j^l x_j^l) \quad (40)$$

sont les *potentiels relatifs moyens* associés à l'opérateur  $C_\mu$ . On se ramène alors à un problème similaire à l'interprétation aux ordres de grandeur précédente. Cette fois-ci, ce sont les termes  $PRM_\mu^k(j)$  qu'il faut analyser ; les plus importants correspondent aux critères selon lesquels le candidat  $X^k$  s'est nettement *distingué par rapport à la moyenne*. On montre sans difficulté que la formule (40) est une généralisation de la formule (21).

**Exemple 2:**

Pour illustration, nous gardons les mêmes scores partiels de l'exemple 1 (Tableau 1). Nous gardons aussi les mêmes valeurs de poids représentant les indices de Shapley ( $v_i, i=1,..,4$ ). Par contre on considère, les indices d'interaction suivants :

$I_{DS} = 0.2 ; I_{DA} = 0.2$  . On suppose qu'il existe une synergie positive de type complémentaire entre les critères durabilité et sûreté (de même entre la durabilité et l'acceptabilité).

$I_{SE} = -0.1 ; I_{SA} = 0.1$  . Cette fois, une certaine synergie négative est considérée entre les critères sûreté et économie. Enfin  $I_{EA} = 0.1$  ; les autres interactions sont nulles.

Notons que ces indices satisfont la contrainte de monotonie d'une mesure floue, c'est-à-dire dans le cas 2-additif,  $v_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} |I_{ij}| \geq 0$  pour tout critère  $i$ . Dans cet exemple, on a pour chaque critère:

	D	S	E	A
$v_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i}  I_{ij} $	0.1	0.15	0.0	0.05

Avant de donner des résultats analogues à ceux donnés dans l'exemple 1, on calcule dans un premier temps les indices locaux d'importance  $\Delta\mu_j^k$  (équation 33) pour chaque critère.

$\Delta\mu_j^{Sk}$	S1	S2	S3	S4
D	0.3	0.5	0.3	0.1
S	0.15	0.25	0.15	0.45
E	0.1	0.1	0.1	0.1
A	0.45	0.15	0.45	0.35
$\sum_{j=1:4} \Delta\mu_j^{Sk}$	1	1	1	1

**Tableau 5: Indices d'importance pour chaque couple (critère, solution)**

On note que l'importance locale d'un critère est différente d'un hyperplan à un autre (ceci est dû à l'effet des interactions entre les critères).

$PA_\mu^{Sk}(j)$	S1	S2	S3	S4
D	0.21	0.175	0.225	0.085
S	0.1125	0.125	0.12	0.36
E	0.08	0.085	0.09	0.015
A	0.2925	0.075	0.2475	0.07
$C_\mu(Sk) = \sum_j PA_\mu^{Sk}(j)$	<b>0.6950</b>	0.46	0.6825	0.53

**Tableau 6: Tableau des potentiels absolus pour chaque solution**

Remarquons que le fait de considérer des interactions parmi les critères (sans changer le poids relatif à chaque critère) a conduit à un changement de classement : c'est la solution S1 qui arrive en tête cette fois-ci.

Pour expliquer en absolu la supériorité de S1, c'est le score sur le critère 4 (A) qui a contribué le plus à son score global, il constitue donc pour S1 une justification "en un mot". Le score sur le critère (D) représente une dimension essentielle dans l'évaluation de S1. La contribution du score sur (S) est une dimension principale et finalement la contribution du score sur (E) est anecdotique.

$PR_\mu^{1,k}(j)$	S1	$PR_w^{1,2}(j)$	$PR_\mu^{1,3}(j)$	$PR_\mu^{1,4}(j)$
D	0	+0.035	-0.015	+0.125
S	0	-0.0125	-0.0075	-0.2475
E	0	-0.005	-0.010	+0.065
A	0	+0.2175	+0.045	+0.2225

**Tableau 7: Tableau des potentiels relatifs**

Le tableau 7, indique les valeurs des potentiels relatifs, les critères selon lesquels S1 a fait la différence par rapport à ses concurrents. Ils sont illustrés dans le tableau par les critères pour lesquels les  $PR_{\mu}^{1,k}(j)$  sont strictement positifs. Par exemple, S1 a surclassé S2 en particulier sur le critère (A), et ensuite sur le critère D.

Le tableau suivant donne les potentiels relatifs moyens pour S1.

	D	S	E	A
$PRM_{\mu}^1(j)$	+0.145	-0.2675	-0.05	<b>+0.4850</b>

**Tableau 8: Tableau des potentiels relatifs moyens**

On remarque que c'est le critère A qui explique en moyenne l'excellence de S1 (c'est une justification en "un mot") suivie de façon principale par le critère D.

### 3.4.5 Explication dans le temps

Comme dans le cas linéaire, nous cherchons à donner des éléments de réponse quant à l'évolution d'une solution entre deux dates  $t$  et  $t'$  ( $t < t'$ ) lorsque c'est l'intégrale de Choquet qui est utilisée comme opérateur d'agrégation. Posons  $C_{\mu}(X^t)$  le score global obtenu par une solution  $X$  à la date  $t$ , alors :

$$\begin{aligned} \forall t < t', \Delta TC_{\mu}(X^t, X^{t'}) &= C_{\mu}(X^{t'}) - C_{\mu}(X^t) \\ &= \sum_{j=1}^n \Delta \mu_j \cdot x_j^{t'} - \Delta \mu_j \cdot x_j^t \\ &= \sum_{j=1}^n PT_{\mu}^{t,t'}(j) \end{aligned}$$

$$PT_{\mu}^{t,t'}(j) = \Delta \mu_j^{t'} \cdot x_j^{t'} - \Delta \mu_j^t \cdot x_j^t \quad (41)$$

sont les *potentiels relatifs temporels* du critère  $j$  entre  $t$  et  $t'$ .

Ensuite, il suffit de reprendre l'analyse utilisée en (3.3.5) pour expliquer l'évolution de la solution  $X$  de  $t$  à  $t'$ . La formule (41) généralise la formule (23).

Notons enfin que de façon générale,  $\Delta \mu_j^{t'} \neq \Delta \mu_j^t$ , on a une égalité seulement si l'ordre des scores partiels obtenus par  $X$  à  $t$  est le même qu'à  $t'$ .

### 3.4.6 Extraction automatique des CAs discursives

A ce stade du processus d'argumentation, pour chaque type d'explication choisi, il est donc possible de sélectionner automatiquement les scores partiels les plus déterminants dans la décision. Autrement dit, les cases  $(j, k)$  de la grille d'évaluation pour lesquelles les scores partiels  $x_j^k$  associés jouent un rôle décisif dans le classement. Ensuite, pour

appuyer le classement obtenu, il faut pour chacune de ces cases *extraire les CAs les plus caractéristiques des arguments que l'on veut faire valoir*. Ceci est possible en reprenant la même analyse qu'au paragraphe (3.3.6), du moment qu'on n'a pas changé le modèle d'agrégation (g) des CAs sur une case.

## 4. Définition et gestion du risque décisionnel

### 4.1 Introduction

En plus des fonctionnalités d'explication et d'argumentation offertes par notre approche d'aide à la décision dans une organisation, il est légitime de se poser la question quant à la sensibilité ou la robustesse des recommandations du système. Cette étape s'inscrit dans l'esprit de notre vue cybernétique d'un processus décisionnel organisationnel. Elle se traduit par la prise en compte de la dernière phase de l'approche IDCR de Simon à savoir la révision (Review).

Dans cette optique, l'élément que le décideur final doit gérer est le risque associé à la recommandation finale. Pour introduire cette notion de risque dans le modèle du processus de décision que nous proposons, il faut revenir sur l'idée que, dans les approches cognitives de la décision, toute décision raisonnée doit reposer sur une analyse de la situation qui permet d'explicitier et de caractériser les phases de perception, de représentation et de sélection du processus décisionnel, ces phases de la décision ne se présentant pas de façon linéaire, mais en boucles (loops).

Pour exprimer cette idée de boucle d'itération dans le processus de décision, nous allons introduire la notion de pilotage ou contrôle du processus décisionnel par la gestion des risques associés (Figure 8). Nous souhaitons illustrer, qu'avec les outils technologiques et mathématiques d'aujourd'hui, le modèle S.T.I du processus décisionnel et ses "boucles" proposées implicitement par H.A.Simon peut être instrumenté selon un point de vue cybernétique.

Dans ce sens, pour un corpus d'éléments de connaissances actionnables donné et une stratégie décisionnelle modélisée par un opérateur d'agrégation fixé, l'idée de base est de relier le risque d'élire la solution retenue au vu des connaissances disponibles à une fonction de la distance entre le candidat retenu et les solutions concurrentes et l'idéal.

### 4.2 Formalisation des types de risque

Dans les prochaines sections, nous donnons le cadre formel qui permet de calculer des indicateurs de risque (litige, déception, ignorance cf. Chapitre1) associés à un classement donné. Nous commençons par définir ces notions dans le cas d'une agrégation basée sur un opérateur linéaire de type moyenne pondérée et ensuite, nous proposons une extension au cas non linéaire de l'intégrale de Choquet comme dans la section réservée à l'explication.

La notion de risque qu'on définit ici, [Akharraz et *al.*, 03a ; 04] est liée la distance associée à la recherche du moindre effort à fournir au sens de la norme<sup>2</sup>  $L^1$ , pour que l'évaluation globale d'une solution donnée soit égale à celle de la meilleure solution qui sera notée dorénavant  $X^1$ . Cela nous permettra de définir un indice de risque lié à la

---

<sup>2</sup> Ce choix est uniquement dû à un aspect sémantique : l'effort est la somme des « points » rapportés par chaque critère.

sensibilité d'un classement à une date donnée. Pour construire cet indice, nous cherchons à déterminer pour une alternative donnée, les scores partiels à améliorer pour que son score global atteigne un seuil souhaité suivant le type de risque considéré.

#### 4.2.1 Cas de la moyenne pondérée

Nous supposons qu'une stratégie de type moyenne pondérée a été adoptée pour l'évaluation globale et identifiée par l'opérateur linéaire  $M_w(x) = \sum_{j=1}^n w_j x_j$ .

##### 4.2.1.1 Risque de litige

Dans un premier temps nous allons traiter le risque de litige. Le but est de quantifier la « distance » entre l'élé  $X^1$  et un prétendant  $X^k$ . Cette distance est liée à l'effort minimum que  $X^k$  doit fournir pour atteindre (ou dépasser)  $X^1$ , le calcul de cette distance permet de déterminer quels critères peuvent être améliorés en priorité pour que le score de  $X^k$  soit au moins égal à celui de  $X^1$  à une date donnée t.

Plus formellement, pour chaque alternative  $X^k = (x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k)^T$  classée derrière  $X^1$ , on cherche à résoudre le programme linéaire (P1) ci-dessous:

$$D_{\min}(X^k, X^1) = \min_{d^k} \|d^k\|_{L1} = \min(\sum_{j=1}^n d_j^k) \quad (O1)$$

sous les contraintes :

$$M_w(X^k + d^k) = M_w(X^1) \quad (C1)$$

$$\forall j, 0 \leq d_j^k \leq 1 - x_j^k \quad (C2)$$

avec  $d^k = (d_1^k, \dots, d_n^k), k \neq 1$ .

Ce problème se résout facilement en utilisant une des techniques de résolution des problèmes linéaires avec contraintes de la programmation mathématique [Minoux, 93], par exemple la méthode du simplexe.

Pour définir le risque décisionnel, i.e. la fiabilité de la recommandation au temps t, nous proposons de nous baser sur les distances minimales entre  $X^1$  et les  $X^k$  ( $k=2, \dots, p$ ) au temps t.

On constate que :  $0 \leq D_{\min}(X^k, X^1) \leq n, \forall k \neq 1$  (n est le nombre total des critères).

Nous définissons alors pour chaque alternative  $X^k$  à une date t, un indice individuel de risque de litige, qui indique "le risque de litige pris si on choisit  $X^1$  plutôt que  $X^k$ " à t, de la façon suivante:

$$IRL_w^k = 1 - D_{\min}(X^k, X^1) / n; k \neq 1 \quad (42)$$

On a alors:  $0 \leq IRL_w^k \leq 1$ , cet indice peut être interprété de la manière suivante pour la distance considérée dans le problème (P1):

- Si  $IRL_w^k \approx 1$ , le risque de litige est très grand, i.e. choisir  $X^1$  à cette date est risqué car  $X^k$  représente un rival dangereux de  $X^1$ .
- Si  $IRL_w^k \approx 0$ , le risque de litige est petit.

On peut définir un indice de risque de litige global associé à la recommandation au temps  $t$ , comme suit:

$$\max_{r \neq 1} (IRL_w^r) \quad (43)$$

- Si  $IRLG_w(t) \approx 1$ , le risque est très grand, i.e. le classement à la date considérée n'est pas stable.
- Si  $IRLG_w(t) \approx 0$ , le risque est très petit, le classement à ce moment est stable.

Cet indice nous donne, à chaque instant, une idée globale sur la fiabilité de classement, plus cet indice est proche de 1, plus la recommandation à ce moment là, est risquée, il suffirait d'une " faible quantité d'informations nouvelles et pertinentes " à l'entrée du SGDC, pour que le classement s'en trouve modifié. Le classement peut être très sensible à toute nouvelle CA.

Il est intéressant de définir un ordre de grandeur, pour imaginer plusieurs niveaux qui indiquent le degré de fiabilité de la recommandation en fonction des valeurs de  $IRLG_w(t)$  sur l'intervalle  $[0,1]$ .

Le calcul de la distance minimum  $D_{\min}(X^k, X^1)$  entre  $X^k$  et  $X^1$ , permet d'identifier les dimensions sur lesquelles  $X^k$  doit concentrer son "effort" pour atteindre  $X^1$ . Autrement dit, le calcul de cette distance fournit les critères selon lesquelles  $X^k$  devra progresser pour rejoindre  $X^1$  avec un effort minimum, cette analyse que nous allons formaliser dans ce qui suit est à rapprocher de la notion de « pouvoir d'amélioration » d'une coalition de critères, proposée par Grabisch [Grabisch et al., 01]. En effet, les auteurs s'intéressent à *quantifier l'intérêt que l'on a à améliorer les scores d'une coalition de critères, afin d'obtenir un gain maximum sur le score global, ceci étant vu en moyenne sur toutes les alternatives possibles.*

Pour notre part, nous nous intéressons au cas *local* et *individuel* à une alternative donnée [Akharraz et al., 03b, 04]. En effet, en connaissant l'indice de risque associé à une alternative, nous souhaitons savoir selon quels critères il faut agir en priorité pour atteindre le score de global de  $X^1$ . Nous définissons ainsi les indices individuels de pouvoir d'amélioration.

Rappelons que  $d^k = (d_1^k, \dots, d_n^k)$ ,  $k \neq 1$  désigne la solution du problème (P1) précédent pour une alternative  $X^k$ .

Pour  $X^k$ , l'Indice individuel de Pouvoir (possibilité) d'Amélioration (IPA), i.e. propre à l'alternative  $k$ , peut être défini, pour chaque critère  $j$ , dans le cas linéaire par la relation :

$$IPA_w^k(j) = w_j d_j^k \quad (44)$$

En réordonnant les valeurs des indices  $IPA_w^k(j)$  dans un ordre décroissant, nous déduisons le chemin sensible (appelé *chemin critique* de  $X^k$ ) que  $X^k$  doit suivre (en terme d'amélioration des scores partiels) pour atteindre  $X^1$ .

Si toutefois le nombre de critères est assez grand, il est intéressant de classifier les indices de pouvoir d'amélioration en terme de classe d'appartenance en ordre de grandeur comme décrit au paragraphe 3.3.2.



**Remarque:**

En fait, les indices  $IPA_w^k(j)$  indiquent, pour chaque alternative  $X^k$ , les critères (j) (les scores partiels) les plus sensibles *qu'on peut améliorer*. Notons qu'il est possible que  $IPA_w^k(j)$  soit nul pour un critère j sans pour autant que j soit non-important, ceci, à cause de la contrainte (C2). Autrement dit, on peut avoir, une situation où le poids d'un critère j est important, mais si  $x_j^k$  est aussi grand (égale ou proche de 1), par (C2), on a  $d_j^k \approx 0$  et alors  $IPA_w^k(j)$  va être proche de zéro. Par contre, si on travaille en moyenne (globalement) sur l'ensemble de toutes les alternatives possibles, le critère à améliorer en priorité est certainement celui qui a le poids le plus important.

**4.2.1.2 Risque de déception**

Le risque de déception peut être qualifié de risque absolu, car il correspond à l'idée que ce n'est pas parce qu'il existe une solution qui est bien meilleure que les autres, qu'elle n'est pas mauvaise dans l'absolu. Si on reprend, l'exemple 1, on peut avoir une situation où le premier candidat au classement (avec un score global de 0.5) est meilleur que les autres et peut-être même devance nettement les autres (si par exemple, le deuxième a un score de 0.2). On s'aperçoit bien que ce candidat est meilleur que les autres, mais cela n'empêche pas qu'il « n'est pas très bon non plus » ! Le risque de déception est donc associé à la distance par rapport à un idéal. Il permet d'indiquer que l'on ne choisit pas un candidat, certes meilleur que les autres, mais qui ne correspond pas vraiment aux attentes d'un décideur.

Pour modéliser ce type de risque, on utilise une analyse analogue à celle utilisée pour le risque de litige. La différence est que pour le risque de déception, on suppose l'existence (qui peut être fictive) d'une alternative idéale qu'on note  $X^I$  qui est satisfaite par l'ensemble des critères. Soit alors,  $X^I = (x_1^I, \dots, x_n^I) = (1, \dots, 1)$ . Par conséquent,  $M_w(X^I) = 1$ .

Pour calculer les indicateurs de risque de déception associés à une solution  $X^k$  ( $k=1, \dots, p$ ), nous sommes amenés à résoudre un nouveau problème linéaire sous contrainte semblable à (P1) sauf qu'il faut changer la contrainte (C1) par la contrainte :  $M_w(X^k + d^k) = M_w(X^I) = 1$ . Ensuite, il suffit de résoudre un simplex avec cette nouvelle contrainte. Par les formules (42-45), on définit pour chaque solution k, les indices de risque de déception  $IRD_w^k$ , ainsi que les indices individuels de pouvoir d'amélioration  $IPA_w^k(j)$  pour chaque critère j ( i.e. les critères qu'on doit améliorer pour atteindre l'objectif idéal).

Notons que supposer  $x_j^I = 1, \forall j$  n'est pas une obligation. Par exemple, on peut avoir une situation où le décideur, par son expérience a une référence idéale et peut donc indiquer directement les scores à atteindre par chaque critère j.

**Exemple 3:**

Nous reprenons les données de l'exemple 2 (Tableau 1). Nous donnons dans le tableau ci-dessous les indices  $IRL_w^k$  et  $IPA_w^k(j)$ .

Rappelons que S3 est la meilleure solution élue par une stratégie de type moyenne pondérée.

$IPA_w^{Sk}(j)$	S1	S2	S4
D	0	0.0675	0.045
S	0.0175	0.175	0.07
E	0	0	0
A	0	0	0.0175
$IRL_w^{Sk}$	0.98	0.82	0.89

**Tableau 9: Calcul des IRL et IPA**

A partir de ces résultats, on peut conclure qu'à cette date, il est risqué d'affirmer que S3 est la bonne solution. En effet, l'indice de risque de litige de S1 (par rapport à S3) est très grand (0.98), il suffit d'une faible amélioration du score sur le critère S (chemin critique pour S1) pour que S1 dépasse S3.

D'un autre coté, le critère (S) est incontestablement le critère le plus sensible pour l'ensemble des solutions S1, S2 et S4, c'est logique puisque ce critère possède le plus grand poids. Remarquons que le chemin critique en terme de critères qu'on peut améliorer (S-> D->A) pour la solution S4 est « assez long », donc son risque de litige est plus petit, i.e. qu'un grand effort est nécessaire pour améliorer ces trois critères.

#### 4.2.2 Extension aux opérateurs de la famille de l'intégrale de Choquet

Dans cette section, nous généralisons les concepts de risque décisionnel introduits au paragraphe précédent aux opérateurs de Choquet.

De façon formelle, le but est évidemment de résoudre le problème d'optimisation précédent, en substituant dans la contrainte d'égalité (C1) la moyenne pondérée, par l'intégrale de Choquet. Le problème qui se pose alors est que l'IC n'est pas linéaire et de façon générale non convexe. Donc, le problème d'optimisation n'est plus un problème de programmation linéaire avec contraintes. Pour résoudre ce point, nous allons utiliser le fait que  $C_\mu(x)$  est linéaire (par morceaux) dans chaque hyperplan  $H_\sigma = \{x \in [0,1]^n / 0 \leq x_{\sigma(1)} \leq \dots \leq x_{\sigma(n)} \leq 1\}$  déterminé par la permutation associée au vecteur-profil de  $x$ .

Nous utilisons aussi la propriété dite de co-monotonie [Denneberg, 94], vérifiée par l'intégrale de Choquet.

**Propriété.** *L'intégrale de Choquet vérifie la propriété d'additivité co-monotone :*

$$C_\mu(x_1 + y_1, \dots, x_n + y_n) = C_\mu(x_1, \dots, x_n) + C_\mu(y_1, \dots, y_n) \quad (ACM)$$

pour deux vecteurs co-monotones  $x, y \in \mathcal{R}^n$ , où  $x, y$  sont co-monotones s'il existe une permutation  $\sigma$  sur  $\{1, \dots, n\}$  telle que:  $x_{\sigma(1)} \leq \dots \leq x_{\sigma(n)}$  et  $y_{\sigma(1)} \leq \dots \leq y_{\sigma(n)}$ .

En d'autres termes, les vecteurs  $x$  et  $y$  appartiennent au même hyperplan, défini par  $\sigma$ .

Formellement, on cherche à résoudre le problème (P2) suivant :

$$D_{\min}(X^k, X^1) = \min_{d^k} \|d^k\|_{L1} = \min\left(\sum_{j=1}^n d_j^k\right) \quad (O1)$$

sous les contraintes:

$$C_{\mu}(X^k + d^k) = C_{\mu}(X^1) \quad (C3)$$

$$\forall j, 0 \leq d_j^k \leq 1 - x_j^k \quad (C2)$$

avec  $d^k = (d_1^k, \dots, d_n^k), k \neq 1$ .

Pour résoudre ce problème, on procède en plusieurs étapes. D'abord, on résout le problème dans l'hyperplan initial défini par l'ordre des valeurs  $(x_i^k)_{i=1, \dots, n}$ . Comme l'intégrale de Choquet est non linéaire et non convexe de façon générale, la solution globale du problème ne se trouve pas forcément dans cet hyperplan initial. Par conséquent, il faut 'explorer' les autres hyperplans pour trouver la solution globale du problème (P2).

La recherche de la solution globale peut 'coûter cher' en terme de temps de calcul, en effet si nous voulons parcourir tous les différents hyperplans de façon arbitraire alors il faudra parcourir les  $(n-1)!$  hyperplans engendrés par permutation des critères ; l'utilisation de quelques heuristiques permet de diminuer considérablement la complexité de l'algorithme.

Comme nous travaillons avec la norme  $L^1$ , nous procédons comme suit :

Soit  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , telle que  $x_1 \leq \dots \leq x_q \leq x_r \leq \dots \leq x_n$ .

L'idée est de montrer comment passer d'un hyperplan à un autre en passant par les points de frontière (i.e. avec le moindre déplacement possible). Tout d'abord, on définit la transformée élémentaire positive  $T(q, r)$  qui consiste à ajouter la quantité  $\delta_{qr}$  au score partiel  $x_q$  pour modifier l'ordre initial  $x_1 \leq \dots \leq x_q \leq x_r \leq \dots \leq x_n$  (hyperplan  $H_{rq}$ ) en  $x_1 \leq \dots \leq x_r \leq x_q \leq \dots \leq x_n$  ( $H_{qr}$ ). Le déplacement élémentaire nécessaire au passage de  $H_{rq}$  à  $H_{qr}$  est  $x_r - x_q$ .

Le point atteint vérifie  $(x_1 \leq \dots \leq x_r = x_q \leq \dots \leq x_n)$  et appartient aux deux plans  $H_{rq}$  et  $H_{qr}$ , en fait, il appartient à la frontière des deux hyperplans (si le nombre de critères est deux, ce point appartiendrait à la bissectrice).

Plus généralement, pour n'importe quelle inversion des rangs des scores partiels pour deux hyperplans  $H_{\sigma_1}$  (définie par le profil de  $X^{\sigma_1}$ ) et  $H_{\sigma_2}$ , une application  $T_{\sigma_1\sigma_2}$  est

définie par :  $T_{\sigma_1\sigma_2} \begin{cases} H_{\sigma_1} \rightarrow H_{\sigma_2} \\ X^{\sigma_1} \rightarrow X^{\sigma_2} \end{cases}$  où  $T_{\sigma_1\sigma_2}$  est une composition linéaire des translations

élémentaires. Le vecteur de déplacement de passage de  $H_{\sigma_1}$  à  $H_{\sigma_2}$  est

$$\Delta_{x^{\sigma_1} x^{\sigma_2}} = \overrightarrow{X^{\sigma_1} X^{\sigma_2}}.$$

De cette manière, les vecteurs associés aux translations élémentaires (seulement les points de frontière sont traités) garantissent que le déplacement  $\delta_{x^{\sigma_1} x^{\sigma_2}} = \left\| \overline{X^{\sigma_1} X^{\sigma_2}} \right\|_1$  est minimal.

Maintenant, on considère  $X^1 \in H_{\sigma_1}$  le candidat élu et  $X^k \in H_{\sigma_k}$  un candidat rival.

Notons qu'il existe nécessairement un point  $X_*^k \in H_{\sigma_k} \mid C_\mu(X_*^k) = C_\mu(X^1)$  car  $C_\mu$  est continue et monotone (le point  $(1, \dots, 1) \in H_{\sigma_k}, \forall \sigma_k$ ).

Le problème est alors de calculer  $X_*^k$  en partant de  $X^k$  comme point de départ.

Ceci est équivalent à chercher:

$$\min \left\| \delta^k \right\|_1 / C_\mu(X_*^k) = C_\mu(X^k + \delta^k) = C_\mu(X^1) \text{ avec } \delta^k = (\delta_1^k, \dots, \delta_j^k, \dots, \delta_n^k)$$

$$\text{or } C_\mu(X^1) = \sum_{j=1}^n \Delta \mu_{\sigma_1(j)}^1 \cdot x_{\sigma_1(j)}^1 = C_\mu(X^k + \delta^k) = \sum_{j=1}^n \Delta \mu_{\sigma_k(j)}^k \cdot (x_{\sigma_k(j)}^k + \delta_{\sigma_k(j)}^k)$$

puisque  $(X_*^k, X^k) \in H_{\sigma_k} \times H_{\sigma_k}$  (propriété de la co-monotonie).

Le problème à résoudre est ainsi un simplexe dans  $H_{\sigma_k}$  avec l'objectif et les contraintes suivants:

$$\text{Objectif: } \min_{\delta} \left\| \delta^k \right\|_1$$

Contraintes:

- $\sum_{j=1}^n \Delta \mu_{\sigma_k(j)}^k \cdot \delta_{\sigma_k(j)}^k = \sum_{j=1}^n \Delta \mu_{\sigma_1(j)}^1 \cdot x_{\sigma_1(j)}^1 - \sum_{j=1}^n \Delta \mu_{\sigma_k(j)}^k \cdot x_{\sigma_k(j)}^k$
- $0 \leq \delta_{\sigma_k(j)}^k \leq 1 - x_{\sigma_k(j)}^k, \forall j$  puisque  $x_{\sigma_k(j)}^k \leq 1$ .
- $x_{\sigma_k(j)}^k + \delta_{\sigma_k(j)}^k \leq x_{\sigma_k(j+1)}^k + \delta_{\sigma_k(j+1)}^k, \forall j$  puisque  $X_*^k \in H_{\sigma_k}$ .

$X_*^k \in H_{\sigma_k} / C_\mu(X_*^k) = C_\mu(X^1)$  est une solution admissible dans l'hyperplan  $H_{\sigma_k}$ . Il faut ensuite vérifier qu'il n'existe pas d'autres solutions dans les autres hyperplans  $H_{\sigma_{k'}}$  avec  $\sigma_{k'} \neq \sigma_k$ .

D'abord,  $T_{\sigma_k \sigma_{k'}}(X^k) = X^{k'} \in H_{\sigma_{k'}}$  et  $\Delta_{x^k x^{k'}} = \overline{X^k X^{k'}}$  sont calculés.

Lorsque  $\delta_{x^k x^{k'}} = \left\| \overline{X^k X^{k'}} \right\|_1 \leq \left\| \delta^k \right\|_1$ , alors, il faut chercher une nouvelle solution du simplexe dans  $H_{\sigma_{k'}}$  (comme c'est fait pour  $H_{\sigma_k}$ ). Cette fois-ci, le point de départ est  $X^{k'}$ .

$$\exists (X_*^{k'}) \in H_{\sigma_{k'}} / C_\mu(X_*^{k'}) = C_\mu(X^{k'} + \delta^{k'}) = C_\mu(X^1) \text{ avec } \delta^{k'} = (\delta_1^{k'}, \dots, \delta_j^{k'}, \dots, \delta_n^{k'}).$$

Alors, le vecteur déplacement nécessaire tel que  $C_\mu(X^k + d^k) = C_\mu(X^1)$  est :

$$\Delta(X^k, X^1) = \underbrace{\Delta_{X^k \rightarrow X^{k'}}}_{\text{translation}} + \underbrace{\delta^{k'}}_{\substack{\text{solution simplexe} \\ \text{avec } X^k \text{ comme origine}}} \quad (45)$$

Finalement:

$$D_{\min}(X^k, X^1) = \min \left[ \|\delta^k\|_1, \min_{H_{\sigma_k}, \forall \sigma_k} \left( \|\Delta_{X^k, X^{k'}} + \delta^{k'}\|_1 \right) \right] \quad (46)$$

Une fois que la distance  $D_{\min}(X^k, X^1)$  entre  $X^k$  et  $X^1$  est calculée, on utilise les mêmes formules (42) et (43) pour définir respectivement les indices individuels de risque de litige  $IRL_{\mu}^k$  pour chaque solution k et l'indice global  $IRLG_w(t)$  de la recommandation au temps t.

Maintenant, nous allons déterminer comme dans le cas linéaire, les expressions des indices individuels de pouvoir d'amélioration pour chaque solution k. Cette fois, il faut tenir compte du chemin suivi (les hyperplans traversés) pendant la recherche de la solution du problème (P2). En effet, le poids d'un critère d'évaluation peut être différent d'un hyperplan à un autre.

Pour la solution k, l'indice individuel d'amélioration pour le critère j peut être défini par la relation suivante :

$$IPA_{\mu}^k(j) = \sum_{H_{\sigma} \subset H_k \rightarrow H_{k'}} \underbrace{(\Delta\mu_j^k)_{H_{\sigma}} \cdot (\delta_j^k)_{H_{\sigma}}}_{\text{translations de } H_k \rightarrow H_{k'}} + \underbrace{\Delta\mu_j^{k'} \cdot \delta_j^{k'}}_{\text{solution simplexe dans } H_{k'}} \quad (47)$$

L'indice  $W_j^{k \rightarrow 1} = IPA_{\mu}^k(j)$  correspond à l'énergie correspondante à l'effort selon le critère j que  $X^k$  doit fournir pour atteindre  $X^1$ .

L'énergie globale pour que  $X^k$  atteigne  $X^1$  est donc :

$$W^{k \rightarrow 1} = \sum_{j=1}^n W_j^{k \rightarrow 1} \quad (48)$$

Notons par  $\Delta_j^{k \rightarrow 1}$  le déplacement nécessaire pour que  $X^k$  atteigne  $X^1$  selon la dimension j. De (48), par une analogie mécanique, on peut définir l'effort moyen  $E_j^{k \rightarrow 1}$  que  $X^k$  doit fournir pour atteindre  $X^1$  selon le critère j par la relation :

$$W_j^{k \rightarrow 1} = E_j^{k \rightarrow 1} \cdot \Delta_j^{k \rightarrow 1} \Rightarrow E_j^{k \rightarrow 1} = \frac{W_j^{k \rightarrow 1}}{\Delta_j^{k \rightarrow 1}} \quad (49)$$

$E_j^{k \rightarrow 1}$  peut être interprété comme *le poids moyen* associé au critère j le long du chemin  $H_{\sigma_k} \rightarrow H_{\sigma_{k'}}$ . Par conséquent, pour atteindre  $X^1$ , il est recommandé au candidat  $X^k$  de progresser en priorité selon les critères  $j^*$  pour lesquels  $E_j^{k \rightarrow 1}$  est grand.

Cette recommandation fournit un signal de contrôle qualitatif pour le système d'information (le SGDC) : on sait exactement selon quelles dimensions de l'évaluation l'ajout de CAs sera le plus pertinent.

### Remarque

Les indices de risque de déception, sont calculés par les mêmes algorithmes et formules utilisées pour le risque de litige, en changeant seulement les contraintes d'égalité (voir la section 4.2.1.2 consacrée au risque de déception dans le cas linéaire).

**Exemple 4:**

Pour illustration, nous reprenons les données de l'exemple 2. Nous donnons dans le tableau ci-dessous les indices  $IRL_{\mu}^{Sk}$ ,  $IPA_{\mu}^{Sk}(j)$ . Rappelons que S1 est la meilleure solution élue par la stratégie de l'intégrale de Choquet 2-additive fixée. On obtient pour les solutions S2, S3 et S4, les indices de pouvoir d'amélioration résumés dans le tableau suivant :

$IPA_{\mu}^{Sk}(j)$	S2	S3	S4
D	0.0983	0	0
S	0.08	0	0.0125
E	0.	0	0
A	0.0267	0.0125	0.1425
$IRL_w^{Sk}$	0.82	0.99	0.88

**Tableau 10: Calcul des indices  $IRL_{\mu}^{Sk}$  et  $IPA_{\mu}^{Sk}(j)$**

A partir de ces résultats, encore une fois, il est très risqué de choisir S1 comme meilleure solution sur la base des connaissances disponibles à cette date. L'indice de risque de litige pour S3 est très grand (0.99). Dans cet exemple, le critère 4 (A) est le plus sensible pour l'ensemble des solutions S2, S3 et S4. Pour la solution S2, on remarque que son chemin critique en terme de scores partiels que l'on peut améliorer (D->S->A) est assez « long », donc son risque de litige est plus petit. Il est donc, difficile pour cette solution d'atteindre S1 dans l'immédiat.

**4.3 Stratégies de contrôle du risque**

De façon générale et en fonction de la stratégie d'agrégation suivie, on estime que l'on peut prendre une décision lorsque l'indice de risque retenu (litige, déception, ..) est en deçà d'un seuil fixé  $c_r$ , ce seuil définit la notion d'acceptabilité de la décision, la situation est décidable lorsque IRG tombe en deçà de  $c_r$ .

**4.3.1 Vision dynamique du processus de décision**

A chaque temps, via la notion de risque que nous avons introduite, on connaît d'une part les indices d'estimation de risques associés aux solutions rivales et pour chaque solution rivale on connaît aussi les critères les plus sensibles (chemin critique) via l'estimation de leur indices individuels de pouvoir d'amélioration.

Soit  $X^k$  l'une des solutions les plus proches de  $X^1$ . Alors logiquement, on aura envie d'acquérir de nouvelles informations sur ces deux candidats et ce selon les dimensions sensibles identifiées dans le calcul de la distance entre ces deux candidats. Cela signifie que le calcul du risque permet d'identifier à chaque pas de temps les cases de la grille d'évaluation où il faut faire rentrer de nouvelles connaissances actionnables pour que la

situation devienne décidable avec le niveau de risque fixé. On détermine ainsi l'information la plus pertinente pour l'évaluation suivante.

Ainsi, à travers les notions de risque et d'acceptabilité de la décision, on peut définir une boucle de réaction sur le contenu de la base de connaissances utilisée pour l'évaluation des solutions (Figure 8). En indiquant simplement les solutions et les critères sur lesquels il est le plus pertinent de s'informer pour notre processus de décision, on modifie la dynamique de ce processus sans pour autant la contrôler. En effet, l'ajout de nouvelles informations peut indifféremment faire augmenter ou diminuer le risque de la recommandation. La recherche de nouvelles informations sert tout simplement à augmenter la connaissance sur telle ou telle solution sur telle ou telle dimension pour pouvoir décider plus tard.

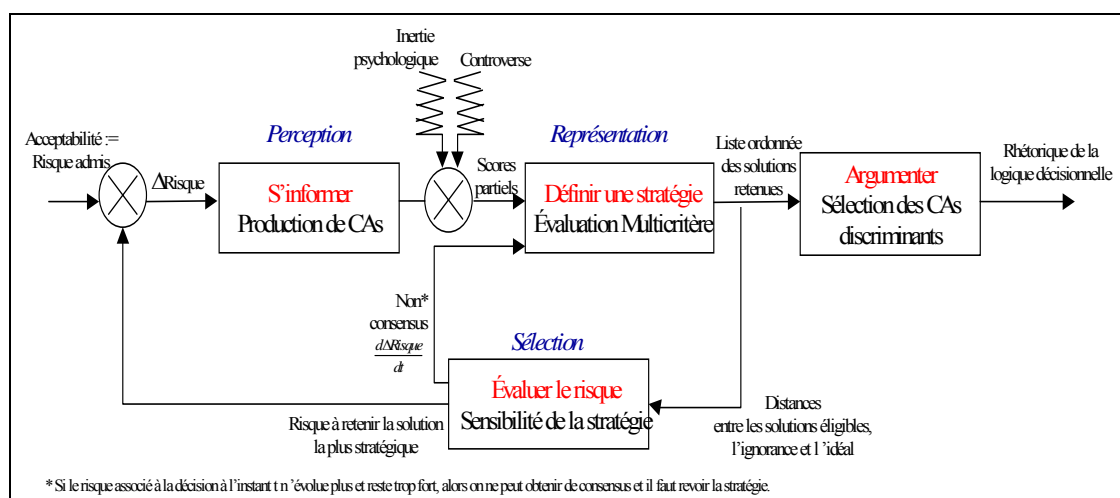


Figure 8: Pilotage par le contrôle de risque

Ce schéma qui fait intervenir les phases d'un processus décisionnel de notre approche au sens cognitif du terme permet de dresser le parallèle entre le contrôle de processus technique et la gestion d'une décision collective (ou le pilotage d'un projet) par le contrôle du risque encouru.

Il est clair que la mathématique mise en jeu dans ce processus n'a rien à voir avec la modélisation par équations différentielles de l'automatique classique pour le contrôle de processus de production industriels [Montmain et al., 02b] : les termes régulation, perturbation et contrôle ne sont employés que par analogie avec le contrôle des systèmes techniques de l'automatique. Le but de cette représentation par analogie est de mettre en évidence la nécessité d'un « rebouclage » sur les phases d'apprentissage et de décision collectives, et de montrer la pertinence du couplage d'un SDGC et d'un SIAD pour résoudre ce problème.

#### 4.3.2 Vision régulation

Une autre façon de procéder est d'introduire un contrôle de la dynamique de la décision en fonction des informations que le calcul du risque nous a permis de déterminer. Dans ce cas de figure, l'attitude consiste à conforter le choix pris à  $t$  à une date ultérieure  $t' = t + \delta t$ ,  $\delta t > 0$ .

En effet, si en plus des coordonnées des cases de la grille d'évaluation (critère  $j$ , candidat  $k$ , par exemple), on indique la nature de l'évaluation portée par l'information (une CA) à acquérir : cette information est dite *positive* si elle fait augmenter le score du candidat, elle est dite *négative* si elle fait diminuer son score. On induit alors un contrôle qualitatif de la dynamique du processus de décision (à condition que l'on fasse l'hypothèse que l'information existe nécessairement et que le problème est seulement de la trouver).

Choisir des informations correspondantes à ce contrôle qualitatif accentuera au temps suivant  $t'$  la différence d'évaluation entre les solutions  $X^k$  et  $X^1$ , on "creusera" ainsi volontairement l'écart entre les scores globaux des deux solutions : les chances que  $X^k$  revienne sur  $X^1$  diminueront encore, la distance entre les deux candidats augmentera et le risque décisionnel encouru à recommander  $X^1$  diminuera.

Pour arriver à ce résultat, connaissant les critères ( $j$ ) les plus sensibles pour  $X^k$ , on peut, par exemple, chercher de nouvelles informations (les plus pertinentes possibles) positives concernant le couple ( $j, X^1$ ), ou inversement chercher des informations négatives relativement au couple ( $j, X^k$ ). Dans un cas comme dans l'autre, le risque entre  $X^k$  et  $X^1$  diminuera au temps suivant. De cette façon, on contrôle bien la dynamique du processus de décision par l'information. Cette attitude correspond au comportement d'un décideur qui cherche à se conforter dans son choix ou à légitimer sa position. Dans une optique plus objective, la recherche de toutes nouvelles informations, positives ou négatives, peut être intéressante pour augmenter le corpus de connaissances. Une décision est prise lorsqu'on dispose d'assez d'informations utiles à sa légitimation.

En fait, s'il est possible de jouer sur la monotonie de l'entropie de la base de connaissances par l'adduction des CAs, un processus de régulation peut être mis en jeu : on s'informe plus précisément sur tel ou tel point du projet (par exemple lancer ou accélérer des études) pour décider avec un risque inférieur au seuil d'acceptabilité.

Si le risque décisionnel calculé n'évolue plus et reste en deçà de la consigne fixée, indépendamment de nouveaux flux d'informations, alors la stratégie d'agrégation peut être révisée : les paramètres la déterminant (les coefficients d'importance des critères, interactions entre eux, ...) peuvent être réajustés, les critères d'évaluation réexaminés ... Mais en premier lieu, il faut s'assurer qu'aucune information supplémentaire ne pourra modifier la sélection (boucle de « régulation » principale).



## 5. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre plusieurs fonctionnalités d'explication dont le but est de fournir au décideur final des éléments qui lui permettent d'expliquer et de justifier ses choix et sa logique décisionnelle dans le cadre d'une agrégation par la famille d'opérateurs de l'intégrale de Choquet. D'une façon générale, ces fonctionnalités sont utiles aux utilisateurs potentiels des SIAD. La fonctionnalité d'aide à l'argumentation souligne l'idée qu'un système d'aide à la décision doit avant tout permettre d'éclairer le décideur au cours des phases du processus décisionnel.

Nous avons montré aussi comment il est possible d'identifier les scores partiels les plus déterminants ou les plus discriminants dans le choix d'une solution. Ce qui revient alors à dire que le système est capable d'extraire automatiquement de la base de connaissance du SGDC les éléments décisionnels (c'est-à-dire la partie « rhétorique » des CAs) à faire valoir pour une argumentation automatisée de la décision. Le couplage du système d'aide à la décision à un système de gestion des connaissances permet de s'orienter vers la génération automatique de rapports d'argumentation pour le décideur final. L'argumentation est le premier point à faire valoir pour faire accepter une décision consensuelle par un collectif.

Une autre dimension que nous avons proposée dans ce chapitre est l'estimation des risques décisionnels dont l'intérêt est de mesurer la sensibilité des recommandations d'un SIAD. En effet, un SIAD doit également identifier les points précis sur lesquels l'utilisateur doit acquérir davantage d'informations pour garantir ultérieurement cette fiabilité (c'est à dire gérer le risque décisionnel). Nous avons proposé dans cette approche une manière d'argumenter et de mesurer le risque associé à une décision prise après agrégation de scores partiels propres à un ensemble de critères d'évaluation. Différentes stratégies de contrôle du risque ont alors été envisagées.

Nous présentons dans le prochain chapitre, une application qui permet d'illustrer de façon pratique, les concepts d'évaluation, d'explication, d'argumentation et de risque que nous avons proposés dans ce chapitre.



## Chapitre 3

---

*Réalisation d'un SIAD explicatif:  
application à la programmation de  
films*

---



## 1. Introduction

Nous présentons dans ce chapitre une application qui instrumente dans un contexte tangible les concepts que nous avons introduits dans les chapitres précédents. Elle offre une illustration de l'intérêt que présentent les différentes fonctionnalités de notre SIAD explicatif dans une problématique concrète de gestion de flux d'informations importants. Le SIAD assiste le gestionnaire d'un vidéo-club dans la sélection des films à projeter à ses adhérents chaque semaine. Nous montrons comment il est possible de mettre à profit notre système pour justifier la politique de gestion sur la base de l'évaluation multicritère des critiques de cinéphiles (récupérées sur Internet par exemple) sur un ensemble de films présélectionnés.

A l'origine, les fonctionnalités que nous proposons ici sont issues de réflexions destinées au projet EtLD, *Entreposage de très Longue Durée*, pour le compte du CEA. Cependant, pour des raisons de confidentialité, nous ne présentons pas de résultats du SIAD explicitant des connaissances qui ne sont pas diffusées à l'heure d'aujourd'hui au grand public par EtLD (le projet est supposé conclure en 2006). Néanmoins, nous montrons à la fin de ce chapitre d'où sont nées les motivations qui nous ont conduits à proposer le système dont nous faisons état dans ce manuscrit.

La deuxième section propose une vue générale des systèmes de recommandation (films, livres, ...) qui se sont développés ces dernières années sur Internet. Il s'agit des systèmes d'aide à la décision spécialisés dans le filtrage des informations et des préférences des utilisateurs. Les techniques utilisées sont présentées succinctement. Dans la section 3, nous donnons une description de notre application de programmation des films de cinéma. Nous précisons les critères de sélection considérés et la liste des films à évaluer.

Dans la section 4, nous définissons les *connaissances actionnables* dans ce cadre pratique. Nous montrons en particulier comment construire des CAs et ensuite comment les évaluer. La section 5 est consacrée à la simulation d'une stratégie décisionnelle en utilisant l'intégrale de Choquet comme opérateur d'agrégation des critères d'évaluation. Les paramètres de ce modèle sont définis. Les fonctionnalités de supervision dans le temps du processus de sélection sont illustrées.

La section 6 est dédiée aux fonctionnalités d'explication et d'argumentation d'une stratégie décisionnelle. La section 7 permet d'illustrer le concept de risque décisionnel. Enfin, la section 8 évoque l'origine de nos travaux, le projet EtLD.

---

## 2. Les systèmes de recommandation

### 2.1 Présentation

A l'ère d'Internet, chaque jour, nous sommes confrontés au problème de la surcharge d'information. Ceci est dû principalement aux développements technologiques de ces dernières décennies. En effet, le nombre de sources d'information tels que les sites Internet, livres, magazines etc. ne cesse d'augmenter de façon spectaculaire. Cela, n'est pas sans inconvénient. En effet, la difficulté réside dès lors dans la recherche d'informations pertinentes pour le but que l'on poursuit. Ainsi, ces dernières années, les systèmes de recommandation "*Recommender Systems*" (RS) ont émergé pour assister les utilisateurs dans la recherche d'informations pertinentes et personnalisées, dans leur sélection de l'information et ce, dans des corpus toujours plus vastes (en particulier sur Internet).

Plusieurs techniques sont utilisées pour concevoir de tels systèmes. La plus employée est le filtrage de collaboration « Collaborative Filtering » (CF) [Breese *et al.*, 98 ; Terveen *et al.*, 01 ; Herlocker *et al.*, 99]. Les CF utilisent les préférences des utilisateurs sur certains objets (articles) par exemple, livres, films, etc. Le CF permet d'associer, de « clusteriser » les utilisateurs qui expriment des préférences semblables. Ainsi, chaque utilisateur possède « un voisinage » personnalisé d'utilisateurs qui lui sont semblables, autrement dit ceux qui ont évalué les différents articles de la même façon, ceux qui ont des goûts voisins. Le RS propose alors, les articles que le voisinage a appréciés à l'utilisateur qui n'a pas encore eu l'occasion de les consulter.

La deuxième technique dite de « Content-Based Filtering » (CBF) [Pazzani *et al.*, 96; Lang, 95] est aussi adoptée comme méthode de recommandation. Dans ce cas, le CBF raisonne sur les propriétés liées aux articles et le RS propose à l'utilisateur les articles les plus semblables aux autres articles que l'utilisateur a appréciés par le passé.

D'autres méthodes hybrides pour la recommandation sont proposées dans [Basu *et al.*, 98; Balaban. *et al.*, 97].

Les systèmes de recommandation basés sur les CF ont été implantés dans plusieurs domaines d'application sur Internet, avec des projets tels que « GroupLens » [Konstan *et al.*, 97], « le Ringo » [Hill *et al.*, 95], le « visual recommender » [Shardan. *et al.*, 95].

Les RS sont aussi employés dans des sites d'e-commerce [Schafer *et al.*, 99 ; 01] pour suggérer des produits à leurs clients de façon personnalisée. On cite par exemple, Amazon.com, CDNow.com, MovieFinder.com, et Launch.com. La plupart de ces sites utilisent des techniques de CF.

### 2.2 Le besoin d'explications

Comme tout système de type SIAD, les « Recommender Systems » manquent de crédibilité et de transparence aux yeux de leurs utilisateurs. Ce phénomène se traduit par la méfiance des utilisateurs vis-à-vis des recommandations proposées par le système. Ce manque de confiance s'explique en grande partie par l'absence de justification des choix que le système propose à l'utilisateur. Ceci explique le besoin d'explications comme le montrent certaines études de RS [Herlocker *et al.*, 00].

De même, estimer la fiabilité d'une recommandation doit permettre d'accorder plus de crédibilité et de transparence aux RS qui sont encore trop souvent conçus et perçus comme de parfaites boîtes noires. Ainsi, cette fiabilité de la recommandation que l'on exprimera sous la forme d'un risque décisionnel est une manière d'exprimer une

incertitude quant à la pertinence des articles recommandés, quant à la complétude de la liste proposée, etc.

### 2.3 Les « movies recommenders »

Parmi les «Recommender Systems» les plus employés sur Internet, une place importante est occupée par les « Movies Recommenders» tels que «MovieLens» (Figure 9), «Movie2go» [Mukherjee *et al.*, 01], « Film-conseil » [Perny *et al.*, 01]. Ce sont des systèmes de recommandation de films sur Internet. Ces systèmes collectent et gèrent les préférences des utilisateurs sur un ensemble de films et/ou sur plusieurs critères (genre de films, acteurs, production, ...).

Dans la plupart des cas, ces systèmes ont été développés afin de modéliser ces préférences et produire un système personnalisé de recommandation de films basé sur des techniques de FC ou de CBF.



Figure 9 : Exemple de "movies recommender": MovieLens<sup>1</sup>

### 3. Description de l'application

Pour illustrer notre approche de conception de SIAD explicatif, nous avons choisi de nous intéresser au cas singulier de la programmation d'un film dans un ciné-club privé.

Notre problématique diffère donc des « films recommenders» classiques. En effet, le gestionnaire du club a la responsabilité de choisir le film à projeter aux membres du

<sup>1</sup> <http://movielens.umn.edu/>

club chaque semaine. Une différence majeure avec les applications précédentes, c'est que l'on cherche une recommandation pour le groupe et non pour un individu comme c'est souvent le cas dans les « films recommanders » classiques.

Naturellement, il est intéressant pour le gestionnaire de développer un argumentaire justificatif supportant sa politique de gestion, mais aussi d'évaluer la fiabilité de son choix au regard des informations dont il dispose à l'heure de la programmation. Il devrait limiter ainsi les mécontentements, les réclamations, etc., et, plus positivement, encourager le spectateur à se déplacer et favoriser l'acceptation de sa politique de gestion par les membres du club.

Pour faciliter la formalisation des connaissances utiles à la décision—les critiques collectées sur Internet—, les films sont évalués à travers un certain nombre de critères tels que *acteurs*, *scénario*, etc. Un score partiel est attribué selon chaque critère sur la base des critiques collectées. Au vu de ces évaluations partielles sur chaque critère, une note globale peut ensuite être attribuée au film. La stratégie d'agrégation appliquée par le gestionnaire reflète la spécificité, les préférences et les priorités du club. Les films sont ensuite classés en fonction du score global qu'ils ont obtenu et les scores sont accompagnés de critiques ou remarques soit recueillies dans la presse spécialisée (Cahiers du cinéma, Studio, Première, etc.) soit rédigées par des cinéphiles et collectées par le gestionnaire sur Internet. Le score global permet d'avoir une représentation extrêmement synthétique de l'information, mais les critiques restent utiles pour le cinéphile client du club. On retrouve bien dans cette application les concepts de justification et de risque décisionnel.

L'association score/critique est donc essentielle pour que le gestionnaire accorde une certaine légitimité au classement obtenu. Un autre aspect concerne la fiabilité de la programmation. En effet, les évaluations partielles reposent pour la plupart sur la participation bénévole des cinéphiles. Ces dernières sont donc plus ou moins complètes et plus ou moins nombreuses à un instant donné, ce qui pose le problème de la fiabilité des scores qui servent à obtenir le score global. La « qualité » de la base de critiques va influencer significativement le risque décisionnel qui pourra alors se traduire par des programmations qui ne satisfont pas les membres du video-club. Contrôler le risque décisionnel en recherchant de nouvelles critiques pour compléter la base le cas échéant constitue donc un enjeu important pour le gestionnaire s'il veut être en mesure de justifier à tout moment la régularité de sa politique de gestion vis-à-vis des « règles » établies par les membres du vidéo-club.

Développer des fonctionnalités pour justifier la programmation d'un film et contrôler dans le temps la fiabilité d'une éventuelle programmation est donc le point particulier que nous tentons de mettre en évidence dans ce chapitre.

### **3.1 Critères d'évaluation**

Pour évaluer les films proposés par le groupe, quatre critères principaux de sélection (subjectifs et supposés commensurables) ont été identifiés :

- C1 Image : pour évaluer ce critère pour chaque film, il faut prendre en compte les qualités artistiques des films et les qualités techniques (effets spéciaux, prises de vue...);
- C2 Acteurs : ce critère prend en compte la distribution des rôles (justesse, prestige du casting) et l'interprétation des acteurs dans le film ;



- C3 Scénario : plusieurs dimensions sont à considérer pour évaluer ce critère, l'originalité et le traitement du scénario, les dialogues (qualité, message, richesse), la musique (adéquation avec le film, interprétation, composition spécifique, etc.);
- C4 Emotion : ce critère, très subjectif, rend compte des émotions (sensations) ressenties à la projection.

### **3.2 Liste des films**

Les douze films à évaluer sont:

- Dancer in the dark (F1)
- En toute complicité (F2)
- Fantasia 2000 (F3)
- Harry, un ami qui vous veut du bien (F4)
- Hypnose (F5)
- Le goût des autres (F6)
- L'enfer du dimanche (F7)
- O'brother (F8)
- Space cowboys (F9)
- Les rivières pourpres (F10)
- Révélations (F11)
- Taxi 2 (F12)

## **4. Construction et évaluation des CAs**

### **4.1 Construction d'une CA**

Une connaissance actionnable dans cette application est une critique à laquelle, on associe une note pour chaque critère d'évaluation. La critique en « langage naturel » est un élément de rhétorique qui vient légitimer le score qui lui a été associé par le SIAD. Il est en effet usuel chez l'être humain de raisonner symboliquement sur des données quantitatives précises ou imprécises, certaines ou incertaines : la critique est la transcription symbolique du jugement. Elle est certes subjective parce que liée à l'interprétation de son auteur, mais elle demeure moins « artificielle » que le score associé car celui-ci introduit en plus la notion d'échelle de valeur dans l'évaluation.

L'association score/critique est donc essentielle pour que l'utilisateur accorde une certaine légitimité au classement du SIAD : a priori le score fournirait à lui seul l'information recherchée (le classement) mais il a besoin d'être étayé d'une explication, d'être argumenté via l'élément de rhétorique qu'est la critique pour être accepté par l'utilisateur.

Afin de faciliter la saisie des critiques et évaluer les critères pour chaque film, une interface client est proposée aux utilisateurs (Figure 10). Chaque critique est identifiée par le triplet (date, auteur, nom de film). L'ensemble de ces connaissances et les scores associés sont stockés dans une base de données.

Titre du film : <input type="text" value="Dancer in the dark"/>		
Criteres	Commentaires libres	Scores [ 0-10 ]
Image	l'utilisation des caméras numériques rend cette histoire encore plus réaliste. Le réalisateur est parvenu, en ôtant tout effet idéalisateur, à nous livrer des émotions à l'état pur	<input type="text" value="8"/>
Acteurs	et magistrale interprétation de Björk qui nous donne une intense charge émotionnelle. Pour les plus sensibles (comme moi), à la fin, on a envie de hurler avec elle. On ressent sa	<input type="text" value="9.5"/>
Scénario	la realisation est efficace parce qu'il y a une construction réaliste. Plus dure est la chute, mais plus intense est la réflexion à la sortie de la salle. //Les scènes de danses sont	<input type="text" value="9"/>
Émotion	Sans doute, le film de Lars Von Trier n'est il pas parfait. Mais il est inoubliable, il fait réfléchir, et partage des émotions comme aucun autre film ne l'avait fait	<input type="text" value="8"/>
<input type="button" value="Quitter"/> <input type="button" value="Valider"/>		

Figure 10: Exemple de CA, critiques évaluées du film "Dancer in the Dark"

De façon pratique, l'utilisateur choisit un film dans la liste des films proposés sous forme d'une liste déroulante. Ensuite, il peut saisir sa critique en face de chaque critère d'évaluation et donner la note associée sur l'échelle d'intervalle numérique unipolaire et bornée [0, 10]. Une valeur de zéro signifie que l'évaluateur trouve le film très mauvais suivant le critère correspondant. Une valeur de dix indique que le film est excellent suivant le critère correspondant.

Lors des évaluations, il faut s'assurer que les notes attribuées par les évaluateurs à chaque critère, ont un sens pour l'échelle d'intervalle. Pour une échelle d'intervalle, les différences entre les scores ont une signification spécifique.

En effet, soient  $F^1, F^2, F^3, F^4$  quatre films à évaluer et notons par  $x_j^k, k = 1, \dots, 4$ , les notes obtenues par les quatre films respectivement suivant le même critère  $j$ . Soit  $F^k \succ_j F^l$  la relation signifiant que  $x_j^k \geq x_j^l$ . Les préférences d'un évaluateur doivent vérifier de plus que si la différence entre deux films  $F^1, F^2$  est jugée plus grande que la différence entre deux autres films  $F^3, F^4$ , alors  $x_j^1 - x_j^2 \geq x_j^3 - x_j^4$ . Si ce n'est pas le cas, l'évaluateur est invité à réexaminer ses jugements en lui suggérant les valeurs possibles (voir à ce sujet [Bana *et al.*, 94]).

On rappelle que l'agrégation multicritère consiste à évaluer globalement les différents films à partir de l'agrégation des scores portés par les critiques. Pour une stratégie d'agrégation définie, cela signifie que le film retenu est le résultat des notes des différents « évaluateurs » impliqués dans le « film programmation recommander » et

que ce choix repose uniquement sur la production des critiques associées : toute décision est prise sur la base des connaissances partagées par le collectif des « évaluateurs ».

#### 4.2 Évaluation des films

Notons que les critiques sont rentrées dans la base à des instants différents. La perception par le public des films et par suite, la recommandation de programmation évoluent donc au cours du temps. Cet aspect dynamique pose le problème de la fiabilité de la recommandation et du risque associé : le gestionnaire du vidéo-club a un laps de temps donné pour arrêter son choix ; il prendra sa décision à la date butée avec l'entropie associée à la base de critiques à cet instant-ci. S'il estime, au plus tôt, que la fiabilité de sa recommandation est faible, il peut avoir le temps de collecter de nouvelles critiques judicieuses pour consolider son classement.

Nous rappelons également les différents niveaux d'agrégation nécessaires :

- Agrégation partielle des notes attribuées à une case donnée de la grille d'évaluation pour évaluer le film vis-à-vis d'un critère. Plusieurs critiques se rapportent au même film jugé selon le même critère ;
- Agrégation globale sur l'ensemble des scores partiels sur une colonne de la grille au regard d'une stratégie d'évaluation définie au préalable à travers l'opérateur d'agrégation sur les critères. Cette agrégation est censée modéliser la stratégie de sélection du vidéo-club ;
- Agrégation des scores portés par les critiques dans le temps en respectant la dynamique du processus décisionnel ; la perception des films et le cumul des critiques sont des phénomènes dynamiques.

Dans cette application, tous les cinéphiles-évaluateurs ont des avis que l'on considère de même importance. On utilisera, à une date donnée, pour l'agrégation par case, une moyenne arithmétique (on aurait pu envisager une agrégation de type majorité restreinte sans compensation pour rendre compte de stratégie de type « au moins  $k$  critiques parmi  $n$  ou la *plupart* des critiques sont favorables à »).

#### 4.3 Architecture informatique

L'application est décomposée en 3 parties :

- L'application proprement dite (avec la logique applicative et les interfaces) est réalisée en langage de scripts « Perl 5 » ;
- La base de données MySQL qui assure l'extraction, la manipulation et le stockage des données (critiques des utilisateurs, notes associées, modèles d'agrégation multicritère, paramètres des IHM, etc.) dans une série de tables SQL ;
- MatLab pour les algorithmes.

L'outil doit être modulable et facilement extensible à de nouvelles méthodes d'aide à la décision (ex : autres agrégations cardinales, Electre,..) tant dans les phases d'analyse que dans l'IHM. Il est utile d'inclure des fonctionnalités nécessaires à l'apprentissage de modèles de préférence des décideurs.

La liste des modules de l'outil est la suivante :

- Base de données et interfaces correspondantes ;
- Présentation et analyse des résultats ;
- Explication ;
- Gestion de risque ;
- Acquisition des paramètres des méthodes d'agrégation ;
- Acquisition des connaissances actionnables.

Les données à traiter sont :

- Valeurs brutes des critères de sélection sur les actions potentielles ;
- Valeurs des jugements de valeur et des degrés de satisfaction des critères de sélection pour les actions potentielles ;
- Valeurs de préférences globales (résultats) des actions potentielles, en fonction de la méthode ;
- Les critiques, leur score associé à un critère, une action, une date ;
- Paramètres propres à chaque méthode utilisée ;
- Le temps.

La conception d'une interface de saisie unique est difficile à concevoir compte tenu de la grande disparité des paramètres propres à chaque méthode. Il est possible de regrouper des fonctions communes à chacune des méthodes, comme l'interface de saisie des notes sur chaque critère. L'acquisition d'autres paramètres s'effectuera à l'aide de modules supplémentaires, spécifiques à chaque méthode.

## 5. *Simulations de stratégies décisionnelles*

### 5.1 Agrégation par une intégrale de Choquet 2-additive

#### 5.1.1 Paramètres du modèle

A une date donnée  $t$ , chaque film  $F$  est représenté par un vecteur (profil). Chaque composante est un score partiel de  $F$  suivant l'un des quatre critères d'évaluation. Pour calculer le score global (par l'intégrale de Choquet 2-additive) de chaque film, il est nécessaire de disposer des indices de Shapley qui représentent l'importance globale des critères et des indices d'interaction entre ces critères.

Nous procédons à une identification de ces paramètres qui repose sur l'expertise du gestionnaire. En utilisant la représentation en interaction de l'intégrale de Choquet (formule 34, chapitre 2) et les propriétés qui en découlent, il est possible de déterminer les valeurs de ces paramètres sur la base d'une interview du gestionnaire sur l'importance des critères, leurs éventuelles interactions, la présence de veto, etc [Grabisch *et al.*, 95]. Il est évident que cette méthode ne peut être appliquée que pour un petit nombre de critères. Néanmoins, l'utilisation des mesures  $k$ -additives, permet de pallier le manque d'information. Comme on estime qu'un expert ne peut fournir raisonnablement d'informations relatives à des indices d'interaction de plus de deux critères, on se limite aux mesures 2-additives dans cette application.

Pour aider le gestionnaire à définir ces paramètres d'importance, les tableaux suivants indiquent une correspondance possible entre les valeurs numériques des coefficients

d'importance de Shapley et leur signification qualitative. Néanmoins, il faut s'assurer que les contraintes liées aux indices de Shapley ( $\sum_{i=1}^4 v_i = 1$ ) et aux indices d'interaction ( $v_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} |I_{ij}| \geq 0; \forall i = 1, \dots, 4.$ ) sont bien vérifiées. Cette dernière famille de contraintes assure que la mesure 2-additive est monotone.

<b>Importance qualitative</b>	<b>Intervalle d'importance</b> ( $4 \times v_i$ )
Très peu important	[0, 0.2[
Peu important	[0.2, 0.4[
Assez important	[0.4, 0.8[
Important	[0.8, 1.4[
Extrêmement important	[1.4, 2[
Presque déterminant	[2, 3.2[
Pratiquement déterminant	[3.2, 4]

**Tableau 11: Classes et intervalles d'importance**

<b>Interprétation qualitative d'interaction entre deux paires de critères</b>	<b>Valeurs numériques (<math>I_{ij}</math>)</b>
Grande synergie négative	[-1, -0.7[
Moyenne synergie négative	[-0.7, -0.4[
Peu de synergie négative	[-0.4, 0[
Aucune interaction	0
Peu de synergie positive	]0, 0.4[
Moyenne synergie positive	[0.4, 0.7[
Grande synergie positive	[0.7, 1]

**Tableau 12: Classes et intervalles d'interaction**

On propose ainsi une plage de valeurs possibles au gestionnaire. On affine cette plage avec lui tout en vérifiant que les contraintes ci-dessus sont vérifiées.

Dans notre application, aux yeux du gestionnaire, le « scénario » est le critère le plus important, suivi de critère « Image », « Acteurs » et enfin « Emotion ».

En terme d'interaction, une synergie positive est observée entre les paires de critères (image, acteurs) ; (image, scénario) ; (acteurs, scénario). Une synergie négative est signalée entre les paires (image, émotion) ; (scénario, émotion).

Les valeurs obtenues pour les indices de Shapley et les indices d'interaction sont :

Critère de sélection	Image	Acteurs	Scénario	Emotion	Somme
Indices de Shapley ( $v_i, i=1,..4$ )	<b>0.275</b>	<b>0.225</b>	<b>0.3</b>	<b>0.2</b>	<b>1</b>

**Tableau 13: Indices de Shapley et d'interaction**

Paire de critères	I(C1,C2)	I(C1,C3)	I(C1,C4)	I(C2,C3)	I(C2,C4)	I(C3,C4)
Indices d'interaction	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>-0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0</b>	<b>-0.1</b>

Contraintes	Image	Acteurs	Scénario	Emotion
$v_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i}  I_{ij}  \geq 0$	0.025	0.025	0.0	0.05

**Tableau 14: Indices d'interaction et contraintes associées**

Notons que l'identification précise du comportement du collectif d'utilisateurs est une autre problématique que nous n'aborderons pas dans le cadre de ce mémoire (voir à ce propos, par exemple [Marichal *et al.*, 00]; [Grabisch *et al.*, 95]).

Dans cette application, les simulations sont effectuées pour une stratégie décisionnelle basée sur l'intégrale de Choquet définie par les paramètres ci-dessus. D'autres stratégies envisageables (moyenne pondérée, OWA) sont facilement implantables, puisque ces opérateurs sont des cas particuliers de l'intégrale de Choquet. Par exemple pour utiliser une moyenne pondérée comme stratégie, il suffit de donner une valeur nulle à tous les indices d'interaction, et de redéfinir les poids associés si besoin est.

### 5.1.2 Fonctionnalités de Supervision

Afin d'éclairer le gestionnaire du vidéo-club durant les phases du processus de décision dans le temps, nous lui proposons plusieurs fonctionnalités de supervision qui vont du suivi jusqu'à la justification de la sélection et au contrôle de la phase d'information. Dans un premier temps, avant de chercher à étayer son choix par de multiples critiques, le gestionnaire aura, naturellement envie d'avoir une vision globale quant à l'évolution des films, l'état du classement à une date donnée, etc. (Figure 11).

Parce qu'une cartographie visuelle est plus appréciée qu'une simple représentation numérique qui n'est pas toujours facile à interpréter, le score global de chaque film à une date donnée correspond à un degré de satisfaction converti dans un code de couleur allant du rouge (insatisfaction totale) au vert (satisfaction complète) et qui peut prendre toutes les valeurs intermédiaires (Figure 12) selon une granularité définie au préalable.

Le démonstrateur simule un scénario temps réel dont les caractéristiques seraient :

- Les critiques et les scores partiels associés ont été rentrés de façon continue dans la base de données entre le 25 et le 28 avril 2003 ;
- Le calcul de l'intégrale de Choquet se fait selon une période d'échantillonnage de  $T_e = 4$  heures.  $1/T_e$  est la fréquence d'échantillonnage retenue pour rendre compte de la dynamique du processus de sélection du gestionnaire chaque semaine.

On construit alors la grille de supervision (Figure 11) : elle permet de suivre dans le temps le score global (sortie de l'intégrale de Choquet) de chaque film.

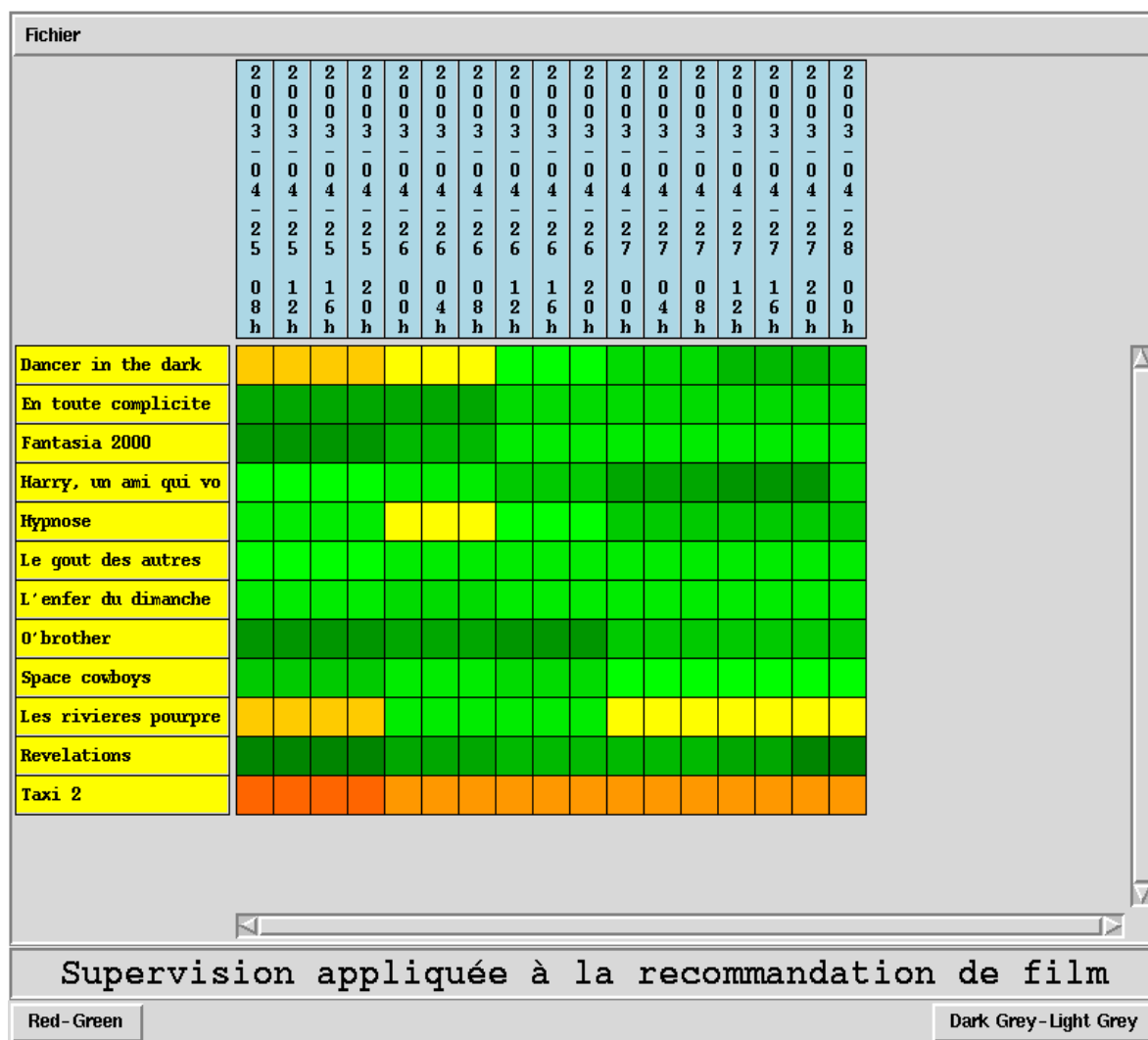


Figure 11: Tableau de bord et de supervision



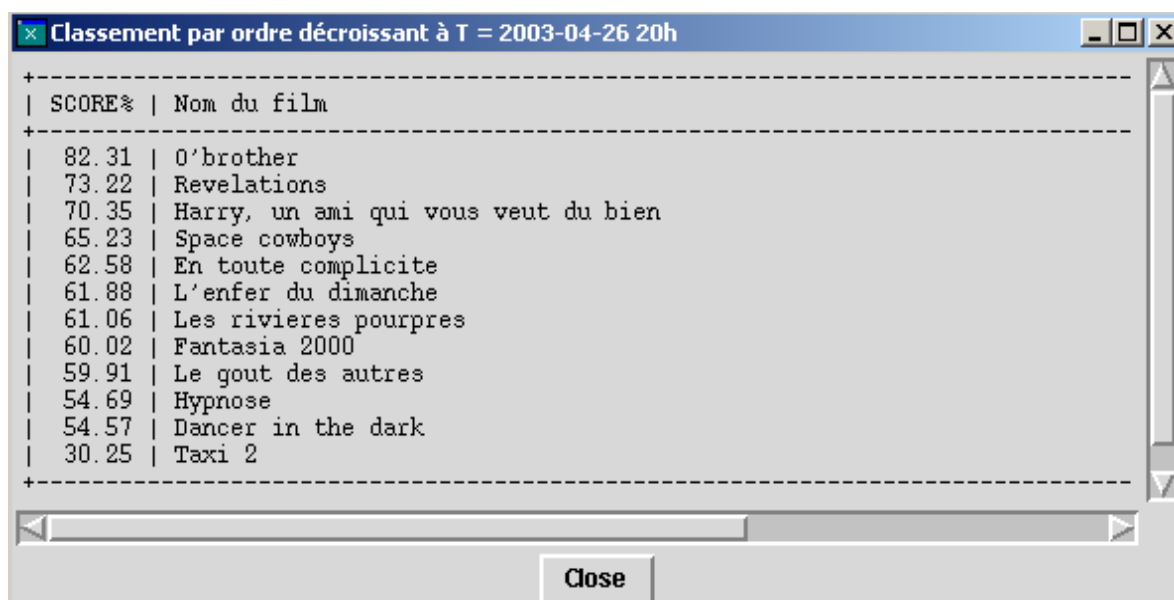
Figure 12: Echelle et signification des couleurs

Ce tableau de supervision des films donne un aperçu visuel et global de l'évolution temporelle de l'ensemble des films (noms *des films en ligne*) durant la totalité du processus de sélection (*dates en colonne*).

Dans notre cas, le processus de sélection des films s'est déroulé du 25/03/2003 à 08h au 28/03/2003 à 00h. Les évaluations globales (ici, effectuées par l'intégrale de Choquet 2-additive) sont calculées toutes les 4 heures (périodes en colonne de la grille).

On remarque, par exemple, que les films « Révélation », « *Harry, un ami qui vous veut du bien* » et « *O'brother* » sont bien perçus de façon continue tout au long du processus de sélection. Par contre, incontestablement, le film « *Taxi 2* » est le moins apprécié. Les évaluations des films « *Les rivières pourpres* » et « *Dancer in the dark* » présentent par contre, elles, des discontinuités.

On peut savoir à chaque date de la colonne, le classement obtenu, comme il est proposé dans la figure suivante (Figure 13) pour T=26/04/03 à 20h :



SCORE%	Nom du film
82.31	O'brother
73.22	Revelations
70.35	Harry, un ami qui vous veut du bien
65.23	Space cowboys
62.58	En toute complicité
61.88	L'enfer du dimanche
61.06	Les rivières pourpres
60.02	Fantasia 2000
59.91	Le gout des autres
54.69	Hypnose
54.57	Dancer in the dark
30.25	Taxi 2

**Figure 13: Classement au 26/04/03 à 20h**

Ainsi, à chaque instant, on connaît le classement des films en concurrence. Le score global (la première colonne de la figure) est donné en pourcentage. Pour « *O'brother* » par exemple, son score global via l'intégrale de Choquet est 0.8231.

Autre fonctionnalité possible de ce SIAD, l'utilisateur qui s'intéresse à une date particulière de la colonne du tableau de bord, peut demander des explications à cette date, le SIAD renvoie alors la grille d'évaluation suivante (Figure 14) :



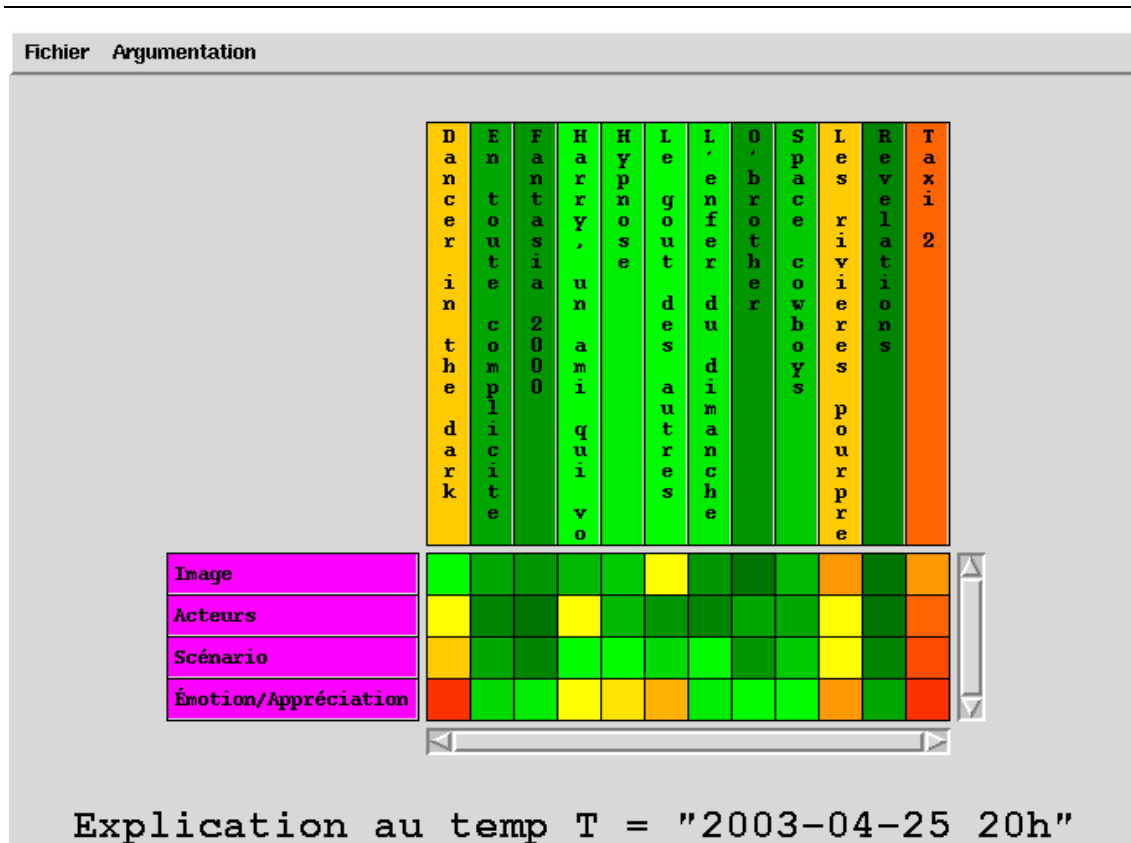


Figure 14: Grille d'évaluation au temps T=2003-04-25 à 20h

Cette grille d'évaluation, à une date précise, donne l'appréciation de chaque film pour tous les critères. Chaque case de cette grille indique le score partiel d'un film (les *colonnes*) suivant un critère particulier (les *lignes*) à la date requise. Chaque case est l'agrégation partielle des critiques entrées dans la base jusqu'à la date en question. Les couleurs se rapportent à la même échelle que celle de la figure 12. On remarque que les couleurs associées aux cases portant le titre des films sont celles obtenues via l'opérateur d'agrégation sur le tableau de bord à la même date.

Sur la figure 14, si on s'intéresse au critère « *Emotion* », c'est le film « *Révolutions* » qui est le plus apprécié selon ce critère, et les films « *Dancer in the dark* » et « *Taxi 2* » sont par contre pénalisés selon cette dimension de l'évaluation. Pour départager ces deux derniers films, il faut se référer aux valeurs numériques (voir section 6.1) obtenus sur ce critère pour avoir une analyse quantitative plus fine lorsque cela est nécessaire.

A chaque pas de temps, cette interface permet d'avoir une comparaison simplement qualitative et visuelle de l'ensemble des films suivant un critère donné. Cette interface s'avère utile pour l'utilisateur lorsqu'on cherche à savoir quel film s'impose a priori selon un critère particulier.

### 5.1.3 Grilles de suivi dans le temps

Sur l'interface de supervision, on peut exiger du SIAD, davantage d'explications concernant cette fois-ci un film particulier sur une période donnée.

C'est une autre fonctionnalité offerte par le système qui sert à donner une explication dans le temps (l'intervalle de temps de l'analyse est choisi sur la fenêtre de supervision) pour un film particulier. Par exemple, on peut demander une explication du film « *Les*

*rivieres pourpres* » sur toute la durée du processus de sélection. On obtient la réponse sous forme d'une grille de suivi comme proposée (Figure 15).

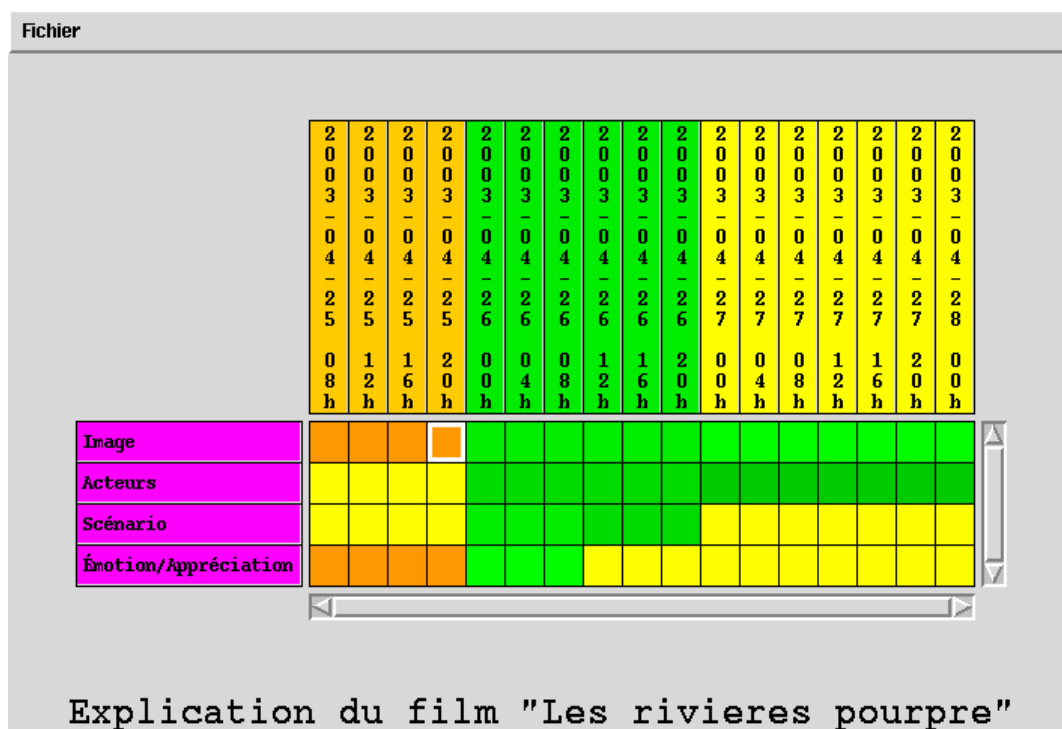


Figure 15: Explication du film "les rivieres pourpres" du 25/04/03 au 28/04/03

Cette grille permet de suivre dans le temps, pas à pas, l'évolution des appréciations partielles recueillies via les critiques disponibles pour un film particulier et l'évolution des appréciations globales (couleur des cases *titre*).

On peut ensuite demander plus d'explication entre deux dates successives, par exemple, sur la figure 15, entre le 25/04/2003 à 20h (T) et le 26/04/2003 à 00h (T+1), on observe une évolution positive très significative (progression) du score global du film « *les rivieres pourpres* » entre ces deux dates (on le remarque à partir des couleurs sur les dates des cases *titre* de la figure 15, ici, passage de la couleur ocre à la couleur verte). Il est alors intéressant de s'interroger sur les critères qui expliquent le plus significativement ce changement. La réponse du SIAD est (Figure 16) :

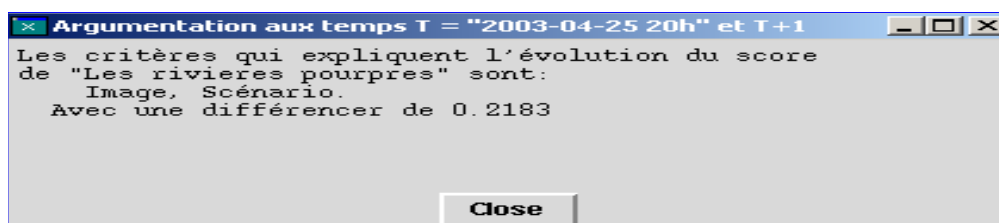


Figure 16: Explication entre deux dates successives

Dans ce cas, se sont les critères « Image » et ensuite « Scénario » qui expliquent principalement cette évolution, cela veut dire que de nouvelles critiques déterminantes ont été rentrées dans la base entre les deux dates selon ces deux critères (au moins). La valeur positive (0.2183) indique alors la différence des scores globaux obtenus par le

film en question entre les deux dates. Par contre, entre les dates du 26/04/2003 à 20h et du 27 à 00h, on obtient une autre explication, cette fois-ci, on a une différence négative, le film a enregistré une baisse de son score global, principalement à cause des critères « Image » et « Emotion » (Figure 17) :

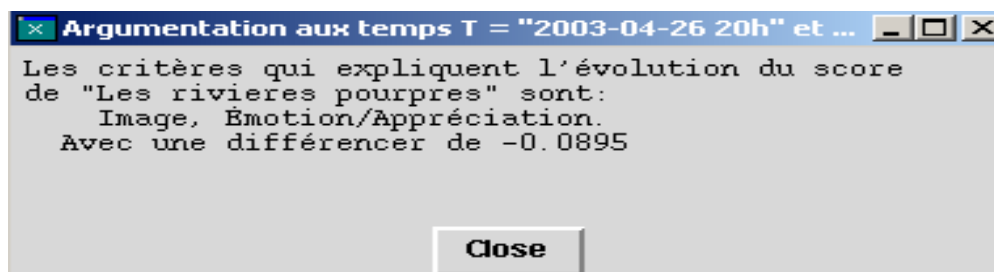


Figure 17: Explication par critère entre deux dates

## 6. Fonctionnalités d'explication des stratégies décisionnelles

Lorsque l'on demande, depuis le tableau de bord, une explication à T= 27/04/03 à 12h, le SIAD renvoie l'interface suivante (Figure 18). Elle propose, en guise d'explication de premier niveau, de façon globale et visuelle, la perception des cinéphiles pour tous les films selon tous les critères à cette date. Il est parfois nécessaire, lorsque les évaluations sont serrées, d'avoir plus de détails quant à l'influence véritable de chaque critère. C'est ce qu'illustrent les paragraphes qui suivent.

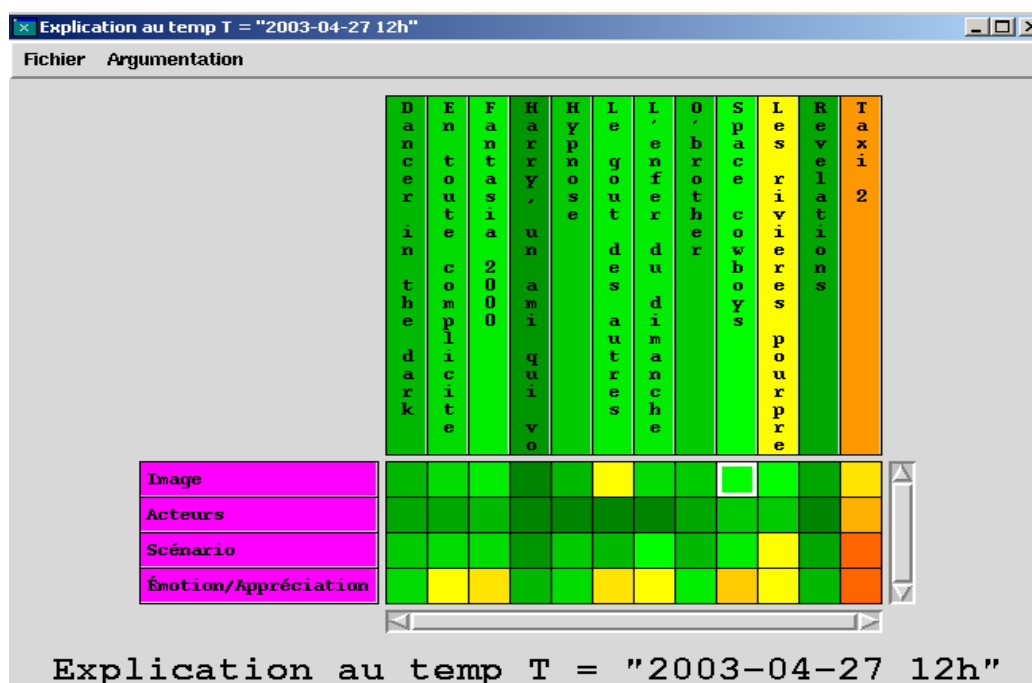


Figure 18: Explication globale à T=27 /04/2003 à 12h

Pour illustration, la matrice de décision obtenue à T= "27/04/03 à 12h" est donnée dans le tableau suivant, il s'agit des profils des films (scores partiels obtenus suivant chaque critère).

Critère/Film	Image	Acteurs	Scénario	Emotion
F1	0.7573	0.7844	0.7016	0.6354
F2	0.6333	0.7813	0.6250	0.5083
F3	0.5917	0.7312	0.6219	0.4500
F4	0.8708	0.8875	0.8469	0.7583
F5	0.7312	0.8812	0.7008	0.6417
F6	0.5083	0.8875	0.7188	0.4500
F7	0.6563	0.8906	0.5281	0.5125
F8	0.6813	0.7719	0.7469	0.5833
F9	0.5354	0.6937	0.5938	0.4042
F10	0.5542	0.6750	0.5000	0.4833
F11	0.8063	0.9031	0.8023	0.7302
F12	0.4667	0.3500	0.2375	0.2250

**Tableau 15: Matrice de décision à T=27/04/03 à 12h**

Chaque case propose la moyenne des notes associées aux critiques pour chaque couple (critère, film) jusqu'à la date T="27/04/03 à 12h". Signalons que bien que le démonstrateur informatique affiche 4 chiffres après la virgule, ceux-ci ne sont bien sûr pas significatifs au niveau de l'utilisateur.

## **6.1 Explications dans l'absolu**

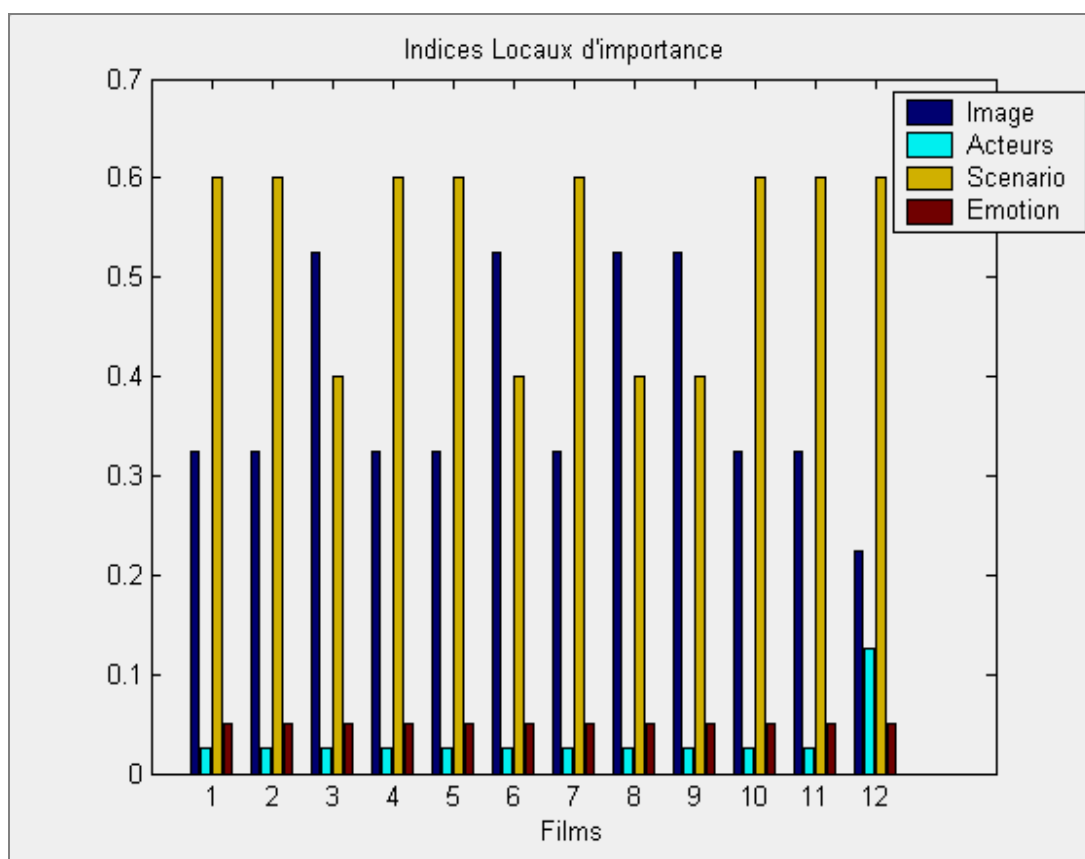
### **6.1.1 Explication par l'influence des critères**

Pour calculer les potentiels absolus de chaque film suivant chaque critère (formule 37, chapitre 2), il faut dans un premier temps calculer les indices locaux d'importance (pour la situation du tableau 15), en utilisant la formule (33) (chapitre 2). On obtient (Tableau 16) :

Critères /Films	Image	Acteurs	Scénario	Emotion
F1	0.3250	0.0250	0.6000	0.0500
F2	0.3250	0.0250	0.6000	0.0500
F3	0.5250	0.0250	0.4000	0.0500
F4	0.3250	0.0250	0.600	0.0500
F5	0.3250	0.0250	0.6000	0.0500
F6	0.5250	0.0250	0.400	0.0500
F7	0.3250	0.0250	0.600	0.0500
F8	0.5250	0.0250	0.400	0.0500
F9	0.5250	0.0250	0.4000	0.0500
F10	0.3250	0.0250	0.6000	0.0500
F11	0.3250	0.0250	0.600	0.0500
F12	0.2250	0.1250	0.6000	0.0500

**Tableau 16: Indices locaux d'importance (T=27/04/03 à 12h)**

On remarque que, globalement, le critère « Emotion » est le moins important quelque soit l'hyperplan considéré avec un poids faible et constant de 0.05. Pour les autres critères ces indices diffèrent d'un film à l'autre et leur somme pour chaque film est égale à 1. Ils sont présentés comme suit (Figure 19) :



**Figure 19: Indices locaux d'importance**

En terme d'influence des critères, pour le meilleur film 4 (*Harry*) à T=27/04/03 à 12h, le critère le plus important (localement dans l'hyperplan relatif au profil du film *Harry*) est le « Scénario », suivi du critère « Image », ensuite « Emotion » et enfin « Acteurs ». On remarque que globalement, sur cet ensemble de profils, c'est le critère "Scénario" qui est le plus important (alors que son indice de Shapley est seulement de 0.3 contre 0.275 pour *image*). Le calcul des potentiels absolus de chaque critère pour chaque film donne:

Critère Film	Image	Acteurs	Scénario	Emotion
F1	0.2431	0.0196	0.4209	0.0318
F2	0.2058	0.0195	0.3750	0.0254
F3	0.3106	0.0183	0.2487	0.0225
F4	0.2830	0.0222	0.5081	0.0379
F5	0.2377	0.0220	0.4205	0.0321
F6	0.2669	0.0222	0.2875	0.0225
F7	0.2133	0.0223	0.3169	0.0256
F8	0.3577	0.0193	0.2987	0.0292
F9	0.2811	0.0173	0.2375	0.0202
F10	0.1801	0.0169	0.3000	0.0242
F11	0.2620	0.0226	0.4814	0.0365
F12	0.1050	0.0437	0.1425	0.0112

Tableau 17: Les potentiels absolus à T=27/04/03 à 12h

La somme des potentiels absolus pour chaque film est identique à la valeur globale obtenue par l'intégrale de Choquet. Ces résultats sont présentés comme suit (Figure 20) :

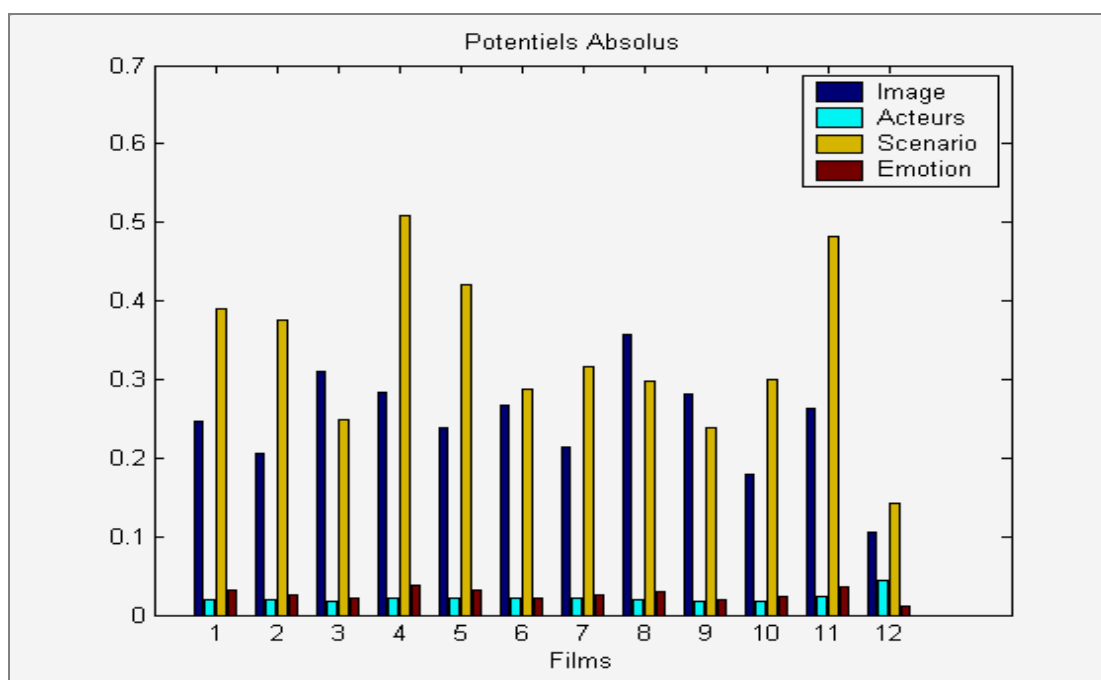


Figure 20: Graphe des potentiels absolus à T=27/04/03 à 12h

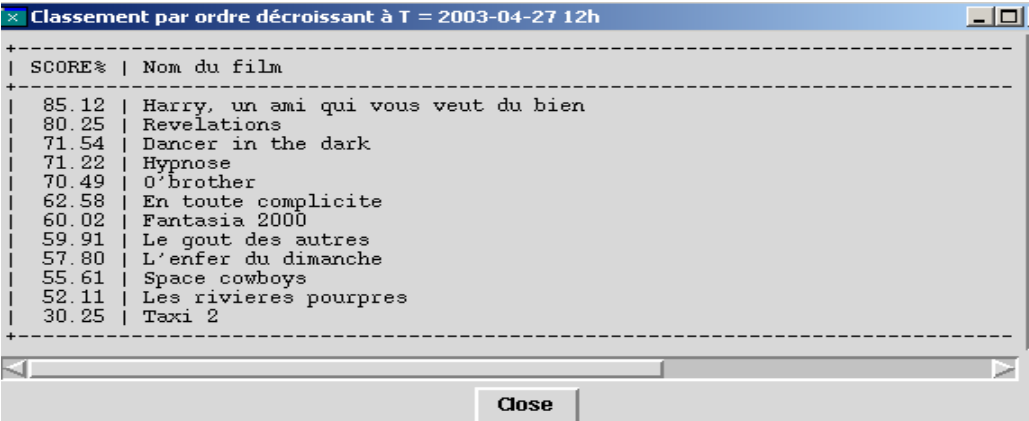
L'explication diffère de la seule interprétation des indices locaux puisque les potentiels absolus sont calculés par produit des indices locaux d'importance et des valeurs des scores partiels.

Ensuite, chaque critère est classé suivant une catégorie d'importance (chapitre 2, section 3.3.2). Dans cette application, on définit quatre niveaux de détail de justification : « en un mot », « en gros », « en détail » et « plus de détail ». Les résultats de l'algorithme dépendent de la valeur du paramètre "e" qui fixe le seuil de « négligeabilité ».

Par exemple, pour le film 1 « *Dancer in the dark* », une explication *en un mot* propose le critère « Scénario » : c'est lui dont le score a contribué le plus à l'évaluation globale très favorable de ce film, ensuite vient le score du critère « Image » qui reste une dimension *essentielle* de l'explication, enfin les scores des critères « Emotion » et « Acteurs » qui ne sont que des raisons *de détail*. Ainsi, pour chaque film, on connaît l'influence de chaque score partiel sur le score global.

### 6.1.2 Argumentation en langage naturel

Cette fois ci, on cherche les critiques qui peuvent justifier a posteriori le choix retenu à une date particulière. Considérons encore la date T=27/04/03 à 12h, le classement est (Figure 21) :



SCORE%	Nom du film
85.12	Harry, un ami qui vous veut du bien
80.25	Revelations
71.54	Dancer in the dark
71.22	Hypnose
70.49	O'brother
62.58	En toute complicité
60.02	Fantasia 2000
59.91	Le gout des autres
57.80	L'enfer du dimanche
55.61	Space cowboys
52.11	Les rivieres pourpres
30.25	Taxi 2

Figure 21: Classement à T=27/04/03 à 12h

A cette date, c'est le film « Harry » qui est le mieux classé. En guise d'explication, il est intéressant de fournir en plus des critères qui ont contribué le plus à ce résultat, les critiques qui permettent de justifier ce choix en langage naturel. Il s'agit alors d'extraire les critiques qui portent les meilleures appréciations pour ce film selon les critères les plus déterminants dans sa bonne évaluation.

Pour ce faire, on utilise l'algorithme proposé au chapitre 2, section 3.3.2.

En pratique, dans le menu « argumentation » de la figure 18 (i.e. l'interface obtenue en demandant une explication à une date donnée), on choisit dans le sous-menu le bouton « en absolu » et ensuite le bouton « en un mot ». Pour une justification en « un mot » avec  $e=0.1$ , le système permet d'extraire les critiques (les CAs de cette application) les plus favorables au choix de « Harry » à T=27/04/03 à 12h. Si on sollicite une explication « en un mot » le SIAD renvoie l'interface suivante (Figure 22) :



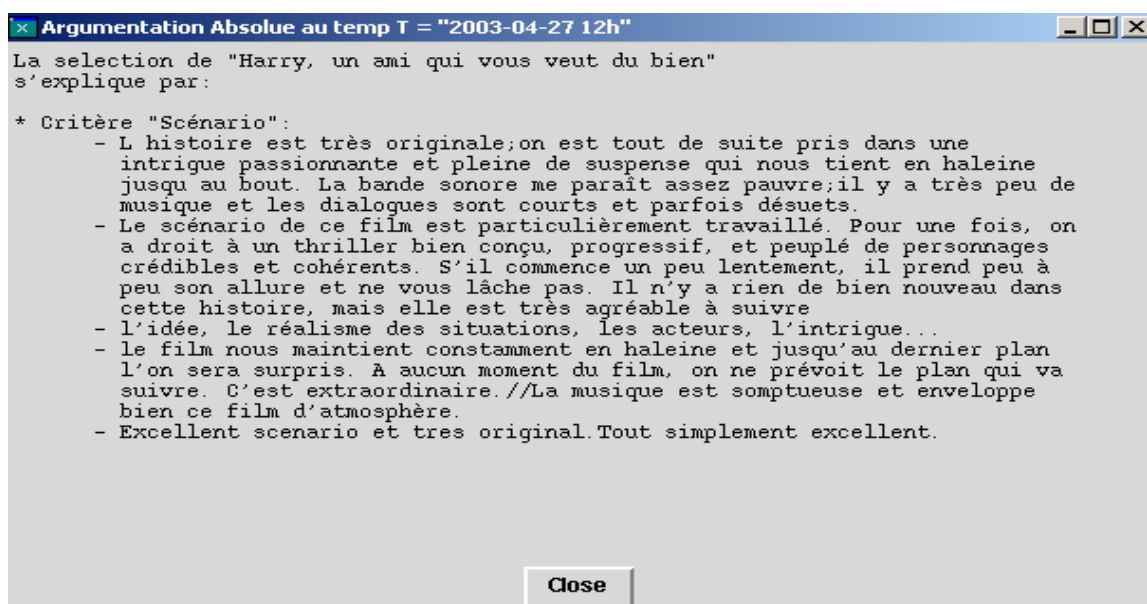


Figure 22: Justification en "un mot" du film "Harry" à T=27/04/03 à 12h

La réponse du SIAD peut être interprétée de la façon suivante : le score partiel qui a le plus contribué au succès de « *Harry* » est celui du critère « *Scénario* ». Le SIAD est donc allé chercher dans la base les critiques les plus « positives » relativement au *scénario*. On précise dans ce qui suit ce qu'on entend par *les critiques les plus positives* et comment on les extrait de façon pratique.

Soit  $j$ , l'un des critères les plus déterminants dans le succès d'un film  $x$ . Notons par  $x_{j1}, \dots, x_{jt}$  les scores obtenues par ce film suivant le critère ( $j$ ) jusqu'à la date  $t$  (la date où on a effectué le classement). Dans un premier temps, on compare ces notes entre elles, une façon de faire est de considérer le rapport:

$$\rho_{jk} = \frac{x_{jk}}{\max(x_{jk})} \in [0,1]; k = 1, \dots, t .$$

Ensuite, on choisit, un seuil  $s$  tel que :  $\rho_{jk} \geq s$ . Ensuite, on extrait à travers une requête, les critiques qui ont apporté une appréciation supérieure ou égale à  $s$ . Le choix de cette valeur dépend fortement du nombre de critiques dont on dispose dans la base. Dans notre application, elles restent limitées, or, si leur nombre est très élevé (c'est le cas par exemple, pour une application sur Internet), on peut autoriser un seuil de sélection des critiques favorables à un film assez élevé ( $s=0.9$ , par exemple).

Par exemple, sur la figure 22, les critiques favorables à « *Harry* » sont au nombre de cinq (avec le seuil  $s=0.8$ , pour la justification en « un mot »). Chaque alinéa de la figure est une critique positive du film « *Harry* » vis-à-vis du critère « *Scénario* ». En résumé, dans l'absolu, le film "Harry" s'explique en « un mot » par la contribution du critère « *Scénario* », et pour justifier ce choix, on extrait de la base les critiques qui sont les plus favorables à ce film vis-à-vis de ce critère.

Toujours dans l'absolu, on peut vouloir plus de détails pour expliquer la supériorité de « *Harry* ». Si on demande une justification en détail, on obtient (Figure 23) :

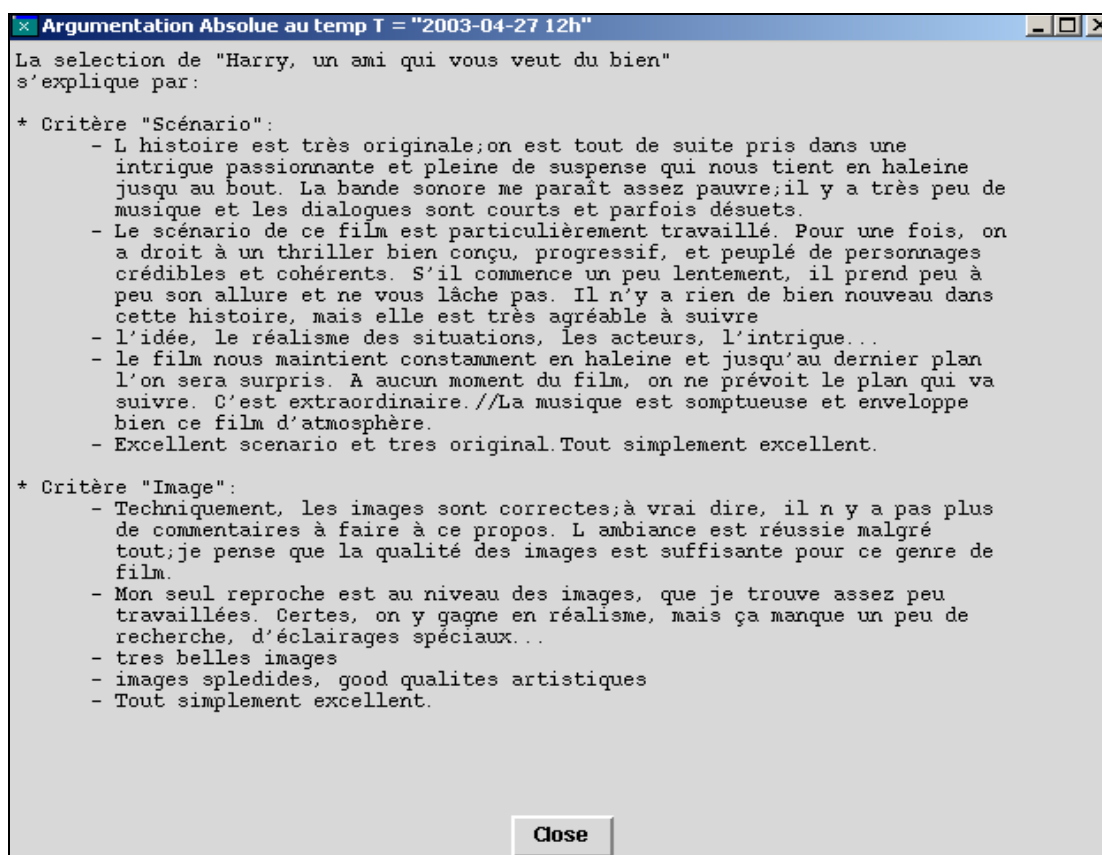


Figure 23: Justification en "détail" du film "Harry" à T=27/04/03 à 12h

Cette fois-ci, la justification est affinée par l'apport de la contribution du critère « Image » et les critiques positives associées.

### 6.1.3 Autres exemples d'illustration

Il est possible de demander une explication suivant plusieurs niveaux de détail. En voici, quelques exemples avec des dates et des niveaux de détail différents. Par exemple, intéressons-nous au film arrivé en tête du classement à T="26/04/2003 à 08h" (Figure 24).

SCORE%	Nom du film
77.80	O'brother
77.65	Revelations
76.67	En toute complicité
72.70	Fantasia 2000
64.59	L'enfer du dimanche
61.81	Harry, un ami qui vous veut du bien
61.71	Space cowboys
60.33	Les rivieres pourpres
59.91	Le gout des autres
52.12	Dancer in the dark
47.90	Hypnose
30.25	Taxi 2

Close

Figure 24: Classement à T=26/04/03 à 08h

Il s'agit du film « O'brother ». Si un utilisateur demande une explication en absolu avec une justification « en un mot » à cette date, le SIAD renvoie l'interface suivante (Figure 25) :

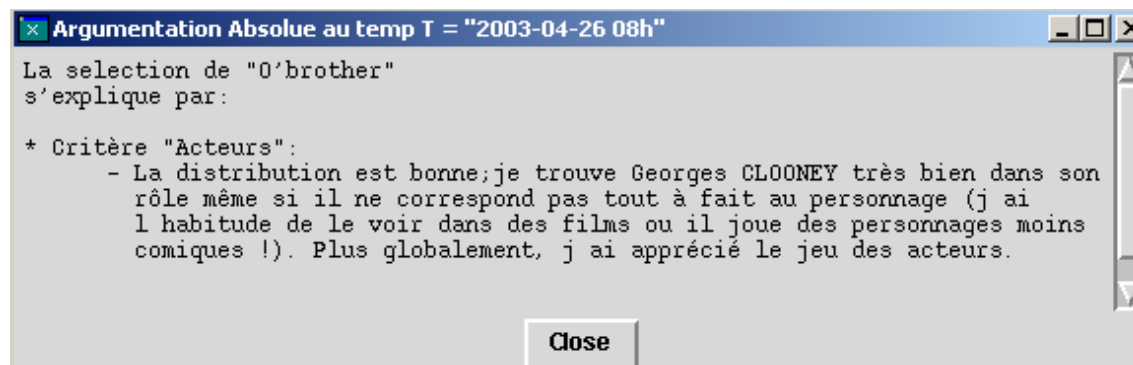


Figure 25: Explication "en un mot " pour le film "O'brother" à T=26/04/2003 à 08h

C'est donc le score du critère «Acteurs » qui est le plus décisif. Ce qui s'illustre par la critique la plus positive envers ce film selon ce critère. Ensuite, si on demande une argumentation en absolu, avec un niveau de justification « en détail », la réponse du SIAD est donnée dans la figure suivante (Figure 26) :

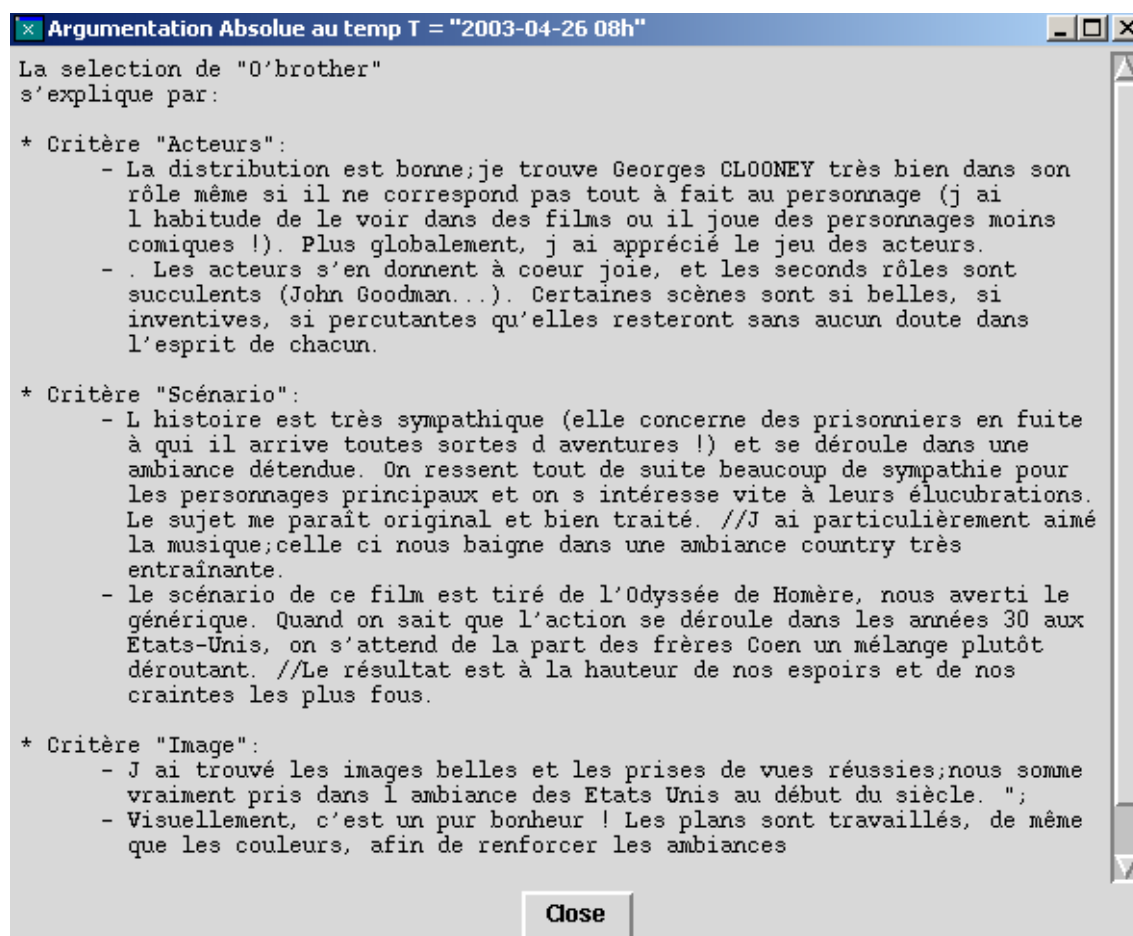


Figure 26: Explication "détaillée" du film "O'brother" à T="26/04/2003 à 08h"

On remarque qu'on a davantage d'explications en terme de critère (« Scénario » et « Image») en plus mais aussi en terme du nombre de critiques. En effet, Pour le niveau de justification « en Gros », on sélectionne les critiques positives avec le nouveau seuil  $s=0.7$  (déterminé comme précisé précédemment).

Bien sûr, plus on s'approche de la fin de la phase de sélection des films, plus le nombre de critiques est conséquent dans la base, ceci rend plus crédible les recommandations et les justifications associées. Une autre façon de voir les choses, c'est de considérer que l'incertitude qu'il existe autour de la perception d'un film par le public décroît nécessairement dans les semaines suivant sa sortie. Ce qui fait du gestionnaire un *bon décideur*, c'est d'être capable d'assurer la programmation la meilleure juste à temps chaque semaine à ses clients : il ne peut se contenter « d'enfoncer des portes ouvertes »...quand le film n'est plus sur les écrans !

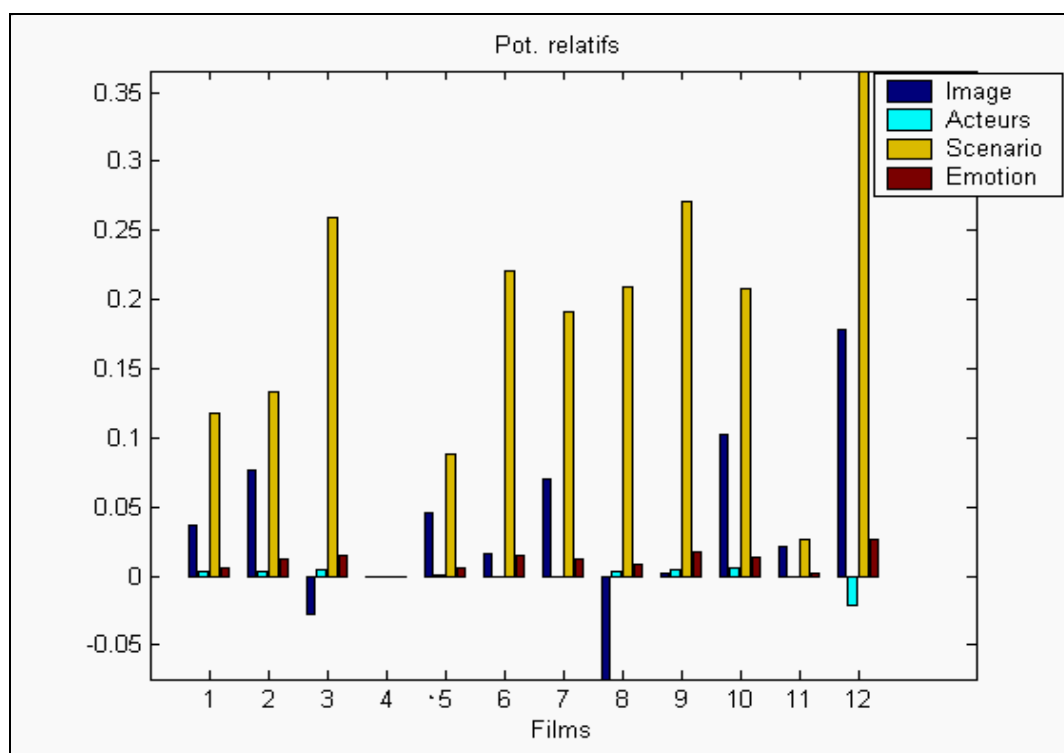
## 6.2 Explication en relatif

A une date donnée, le gestionnaire peut également demander au système sur quels critères un film a-t-il fait la différence par rapport à un autre film (en particulier les challengers les plus proches). Pour répondre à cette question, il faut calculer, les potentiels relatifs (PR) (section 3.4.3, chapitre 2) qui expliquent la supériorité du film classé en première position par rapport à ses challengers. Pour illustration, on reprend les valeurs des scores partiels obtenus à T=27/04/03 à 12h (Tableau 15). Numériquement, on obtient pour chaque film et chaque critère (Tableau 18), les PR (formule 39, chapitre 2) qui permettent d'expliquer sur quels critères le film 4 « Harry » a distancé les autres candidats.

	Image	Acteurs	Scénario	Emotion
F1	0.0399	0.0026	0.0872	0.0061
F2	0.0772	0.0027	0.1331	0.0125
F3	-0.0276	0.0039	0.2594	0.0154
F4 (1 <sup>er</sup> classé)	0	0	0	0
F5	0.0454	0.0002	0.0877	0.0058
F6	0.0161	0	0.2206	0.0154
F7	0.0697	-0.0001	0.1913	0.0123
F8	-0.0746	0.0029	0.2094	0.0088
F9	0.0019	0.0048	0.2706	0.0177
F10	0.1029	0.0053	0.2081	0.0138
F11	0.0210	-0.0004	0.0267	0.0014
F12	0.1780	-0.0216	0.3656	0.0267

Tableau 18: Les potentiels relatifs à T= 27/04/03 à 12h

En pratique, ils sont présentés sous la forme du graphe suivant (Figure 27) :



**Figure 27: Graphe des potentiels relatifs à T=27/04/03 à 12h**

Bien sûr, cette représentation est plus facile à interpréter que les valeurs numériques elles-mêmes. Donc, si on s'intéresse aux critères selon lesquels « Harry » a fait la différence par rapport à son principal challenger à T=27/04/03 à 12h en l'occurrence « Révélations » deuxième au classement, il s'agit essentiellement des critères « Scénario » et « Image ». On remarque aussi que par rapport aux films « Fantasia2000 (3) » et « O'brother (8) », « Harry (4) » est moins bon selon le critère « Image ». Il est en est de même par rapport au film 12 « Taxi2 » selon le critère « Acteurs ».

On remarque que globalement, le film « Harry » a fait la différence par rapport à l'ensemble des candidats suivant le critère « Scénario » (voir explication en moyenne). Ensuite, on peut solliciter un rapport de synthèse qui est généré par le SIAD : en pratique on choisit un film challenger sur la grille d'évaluation, et ensuite dans le menu argumentation, on choisit le sous menu « en relatif » et le niveau de justification voulu. Par exemple, à T= "27/04/03 à 12h", si on choisit une explication en relatif de « Harry » classé premier et le film « les rivières pourpres » avec un niveau de détail "en Gros", le SIAD renvoie (Figure 28):

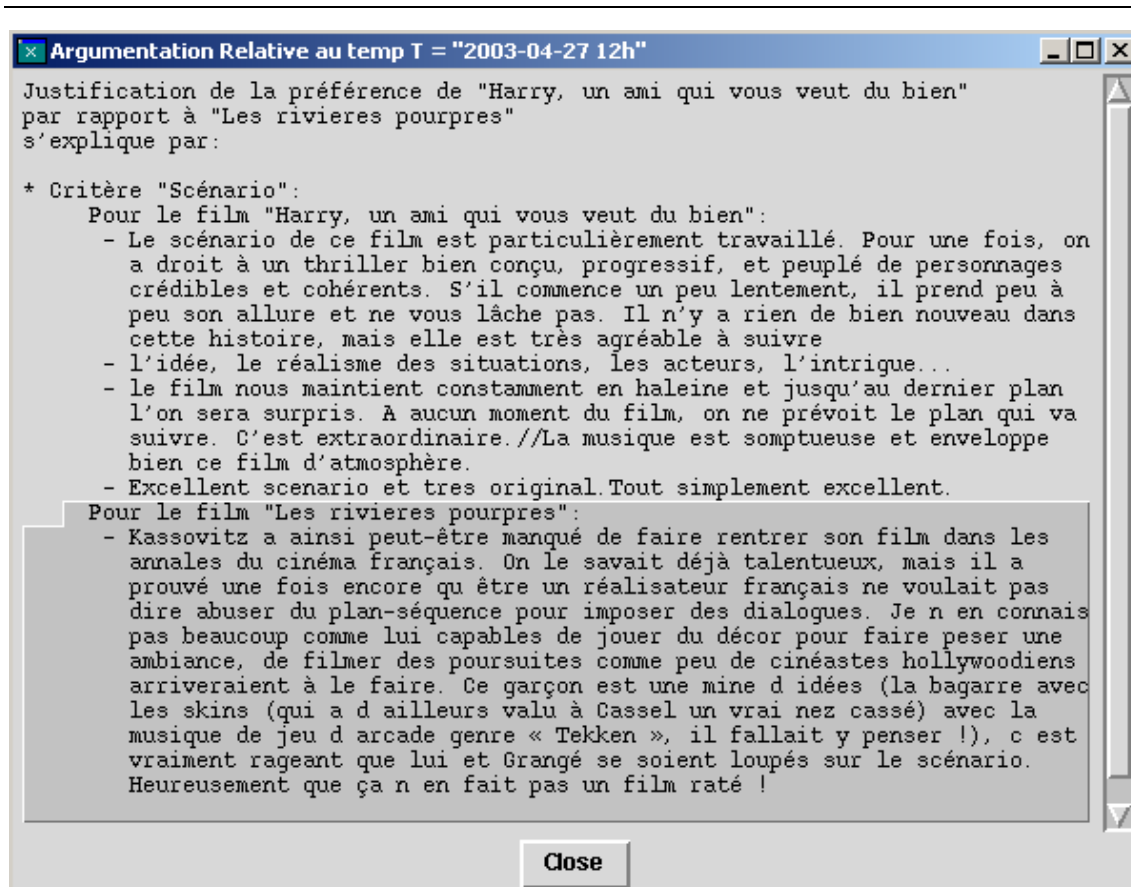


Figure 28: Explication relative "en gros" en langage naturel à T=27/04/03 à 12h

Donc, "en allant à l'essentiel", la supériorité du film « Harry » par rapport au film « les rivières pourpre » est due au critère « Scénario », le système identifie les critiques *favorables* à « Harry » suivant le critère « Scénario ». Et en même temps, le système renvoie les critiques *défavorables* au film « les rivières pourpres », il s'agit des critiques *négligées* dont le rapport défini précédemment est inférieur ou égal au seuil  $s = 0.4$ .

L'exemple suivant présente une explication en relatif et en détail à T= "26/04/03 à 20h" du film « O'brother » par rapport à « Taxi2 » (Figure 29) :

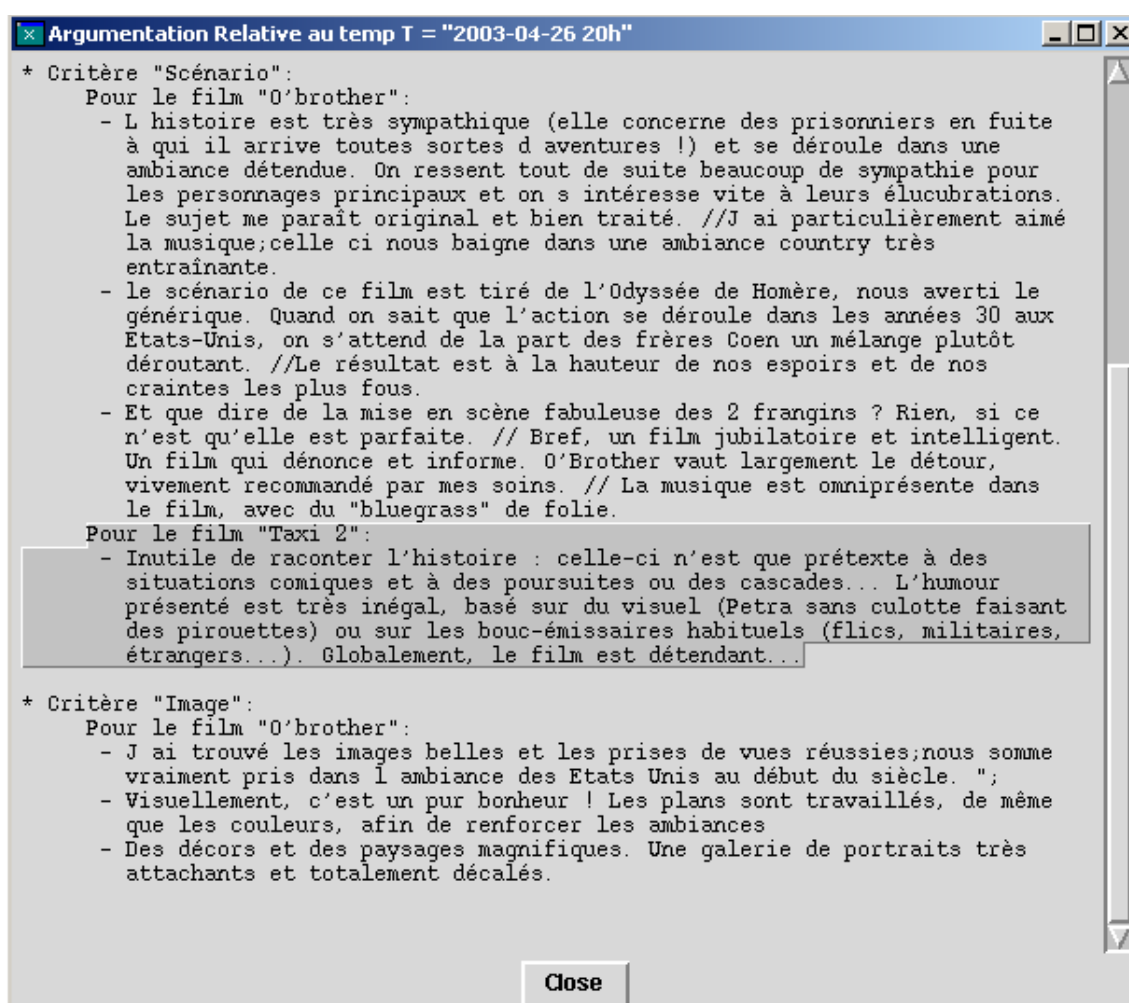


Figure 29: Explication relative en détail à T=26/04/03 à 20h

La supériorité de « O'brother » s'explique en "un mot" par le critère « Scénario » et en deuxième approximation par le critère « Image ».

On constate que le SIAD ne joue pas sur les critiques défavorables à "Taxi 2" selon le critère "Image" pour appuyer sa démonstration, tout simplement parce que les critiques existantes dans la base à ce moment là, ne lui sont pas aussi défavorables que cela.

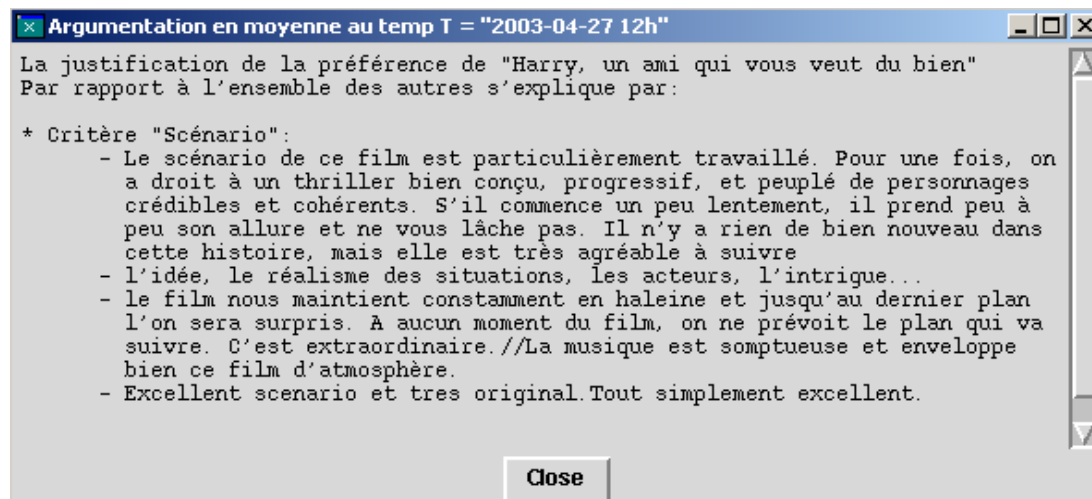
### 6.3 Explication en moyenne

Le calcul des potentiels moyens (PRM) (section 3.4.4, chapitre 2), permet d'indiquer selon quels critères, le film classé premier a fait la différence par rapport à la moyenne des autres films (idée commune de « sortir du lot »). La formule (40) (chapitre 2) permet de les calculer. A T=27/04/03 à 12h, on obtient alors:

Critères	Image	Acteurs	Scénario	Emotion
PRM	0.4500	0.0003	2.0597	0.1359

Tableau 19: Potentiels moyens à T= 27/04/03 à 12h

On remarque qu'incontestablement c'est le critère « Scénario » qui a essentiellement fait la différence en moyenne dans le succès de Harry à T= 27/04/03 à 12h par rapport à l'ensemble des autres films. Ensuite, le critère « Image » demeure une explication significative, suivi des critères « Emotion » et « Acteurs » qui relèvent d'une dimension anecdotique dans l'explication. Lorsqu'on demande une explication en moyenne, avec une justification en « un mot », le SIAD renvoie (Figure 30) :



**Figure 30: Critiques expliquant en moyenne le succès de " Harry " à T=27/04/03 12h**

Nous donnons un autre exemple d'explication en moyenne à la fin de la phase de sélection du gestionnaire, où le film « Révélations » est passé en tête du classement. Le gestionnaire demande alors une explication en moyenne et en "un mot" du succès accordé au film « Révélations ». Le SIAD renvoie (Figure 31) :



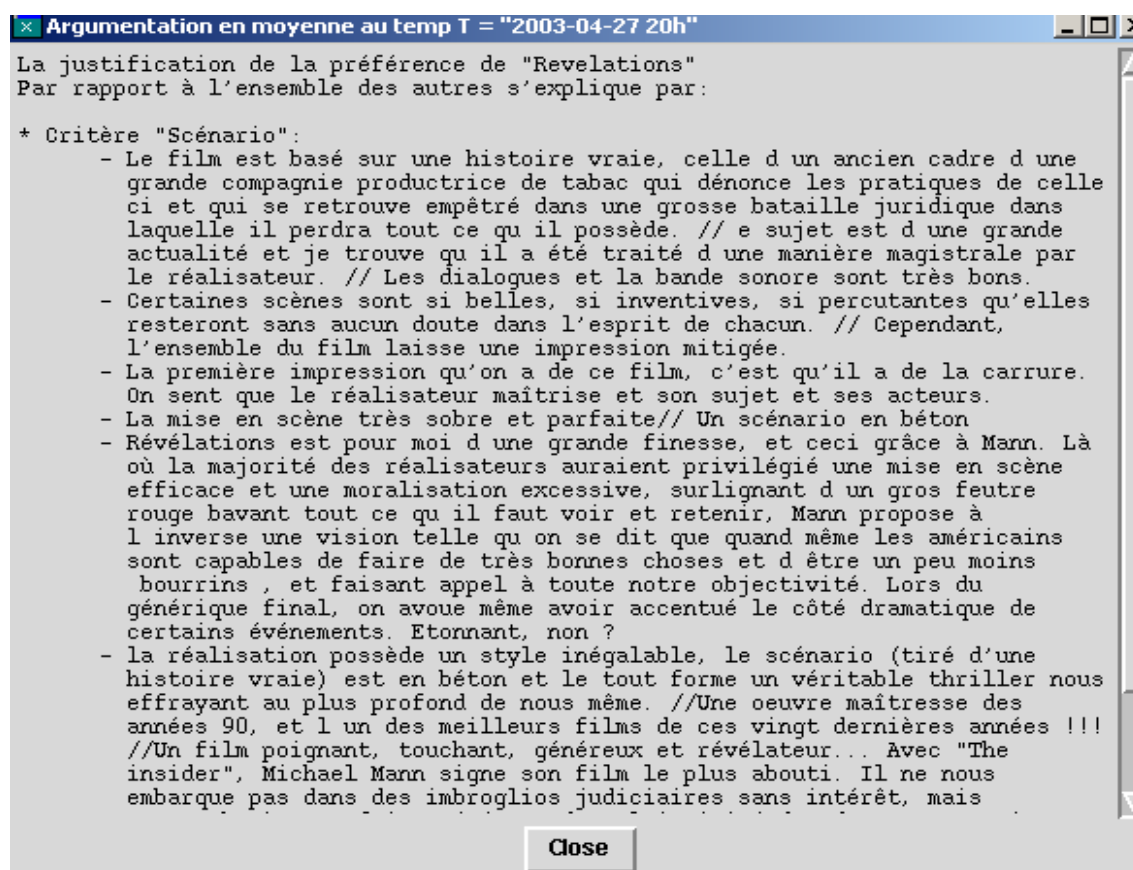


Figure 31: Justification en moyenne de « Révélations » au 27/04/03 à 20h

On constate une augmentation significative des critiques favorables à « Révélations ». La base est de plus en plus conséquente au fur et à mesure de l'avancement du processus de sélection. Ceci est évidemment bénéfique à la stabilité du classement : les scores partiels deviennent *abondamment* justifiés, les recommandations deviennent plus crédibles aux yeux des adhérents du vidéoclub.

Le gestionnaire a maintenant à sa disposition les explications nécessaires pour justifier de sa politique de programmation, il peut produire des rapports de synthèse et autres éléments de rhétorique qui soutiennent sa logique décisionnelle si nécessaire. Néanmoins, avant que le gestionnaire ne prenne sa décision finale quant au film à projeter, il doit s'assurer que les risques pris sont acceptables s'il ne veut pas mécontenter les membres du vidéo-club. C'est ce que nous proposons d'illustrer dans les paragraphes qui suivent. Les indicateurs de risque (de litige et de déception) que nous avons introduits au chapitre précédent permettent d'éclairer davantage cet autre niveau de réflexion.

## 7. Gestion du risque décisionnel

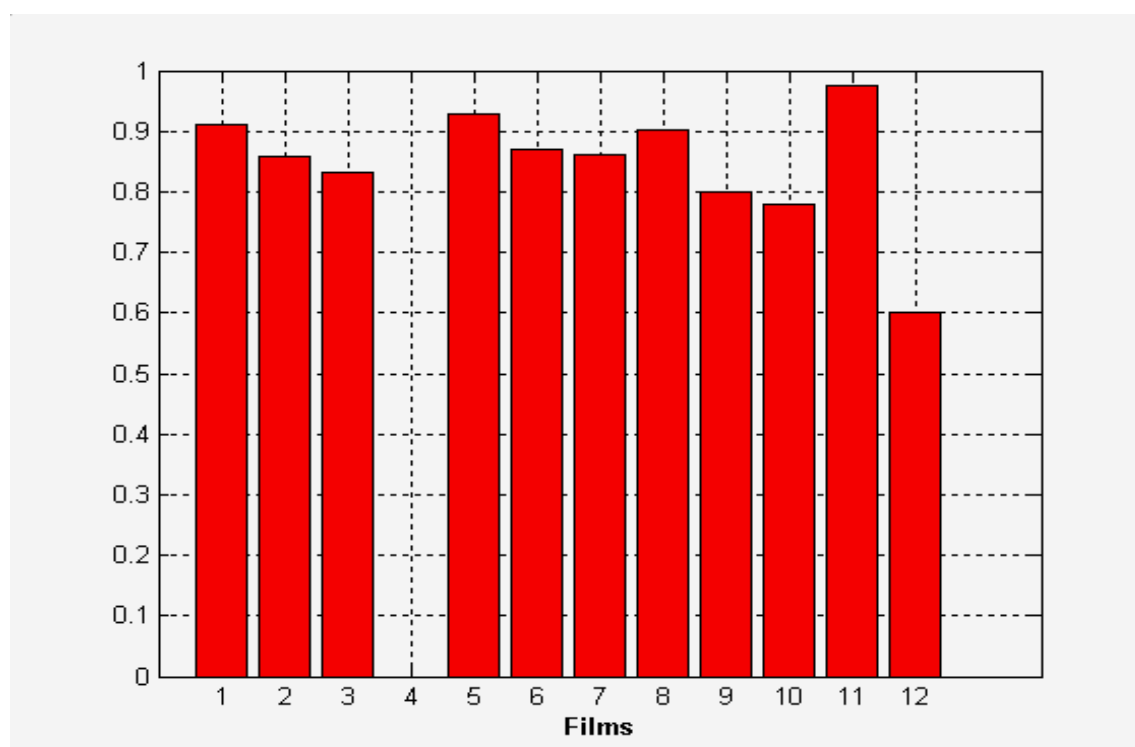
### 7.1 Illustration

Pour illustration, nous reprenons les valeurs de la grille de suivi (Tableau 15) obtenus à la date T= 27/04/03 à 12h. Le gestionnaire souhaite savoir quel risque il prend s'il devait définir sa programmation à cette date. Rappelons qu'à cette date, c'est « Harry » qui est en tête du classement. On calcule sur la base de l'algorithme présenté au chapitre 2 (section 4.2.2) les valeurs des indices de risques de litige et de déception.

Le problème du gestionnaire est le suivant. Soit, il peut se préparer à proposer « Harry » le film le mieux classé à T= 27/04/03 à 12h sur la base des critiques dont il dispose à cette date, soit il estime que son classement est trop "serré" et qu'il doit procéder à une évaluation des risques décisionnels pour être "sûr" de son choix. Cette évaluation, si elle met en évidence un risque trop important, lui indiquera par ailleurs les couples (films, critères) les plus judicieux pour lesquels il devra recueillir de nouvelles critiques afin de s'assurer de la fiabilité de son classement et ne pas risquer de décevoir ses clients.

Dans un premier temps, sur la base des critiques dont le SIAD dispose à T=27/04/03 à 12h, on peut calculer les indices des risques de litige (IRL) (section 4.2.2, chapitre 2) par rapport aux autres films. On rappelle que le risque de litige est un risque relatif qui consiste à répondre à la question "quel est le risque de choisir le film classé premier plutôt qu'un autre film moins bien classé ?". On rappelle également que plus l'IRL est proche de 1, plus le risque est élevé et moins le classement est fiable.

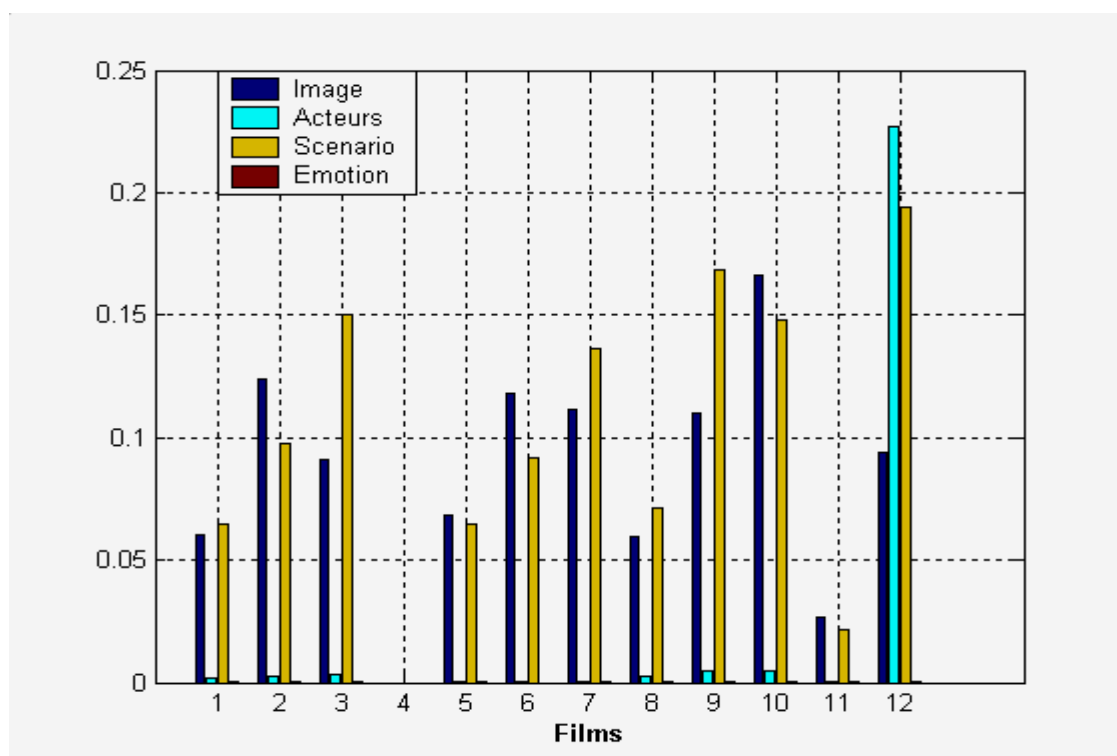
Les résultats sont résumés dans le graphe suivant (Figure 32). L'axe des abscisses représente les films (1 à 12) et celui des ordonnées indique les valeurs des IRL pour chaque film par rapport à « Harry » classé premier à cette date.



**Figure 32: Indices de risque de Litige à T=27/04/03 à 12h**

Dans ce cas de figure, les films « *Révélation* (11) » et « *Hypnose* (5) » sont les candidats les plus menaçants avec des risques importants. En particulier « *Révélation* » avec un indice dépassant le seuil significatif de 0.95 (seuil d'acceptabilité : on ne prend pas de décision si l'indicateur de risque dépasse ce seuil). La valeur de ce seuil est paramétrable.

Enfin, le calcul des indices individuels de pouvoir d'amélioration (IPA) (formule 47, chapitre 2) permet d'avoir plus d'informations quant aux critères les plus sensibles (chemins critiques) pour chaque film (section 4.2.2, chapitre 2). Les valeurs de ces indices à T=27/04/03 à 12h sont résumées dans le graphe suivant (Figure 33) :



**Figure 33: Indices individuels du pouvoir d'amélioration à T=27/04/03 à 12h**

Ainsi, peut-on constater que c'est le film 11 « Révélations » qui est le plus menaçant. En effet, une faible amélioration des critères « Image » et « Scénario » (le « chemin critique » qui sépare « Harry » du film « Révélations » est très sensible et quelques critiques selon ces deux critères pourraient avoir une influence déterminante sur le classement) pourrait modifier le classement à une date ultérieure. Pour les autres films, il faut bien sûr des efforts plus conséquents pour que leur score global atteigne et dépasse celui de « Harry ». Plus le chemin critique est *long*, plus il est difficile de modifier le classement par ajout de critiques et par conséquent moins le risque décisionnel est grand.

Ces résultats sont visibles à partir de l'interface de supervision (Figure 11) et sont donnés sous une forme textuelle (l'utilisateur choisit une date et clique sur le bouton « risque ») (Figure 34).

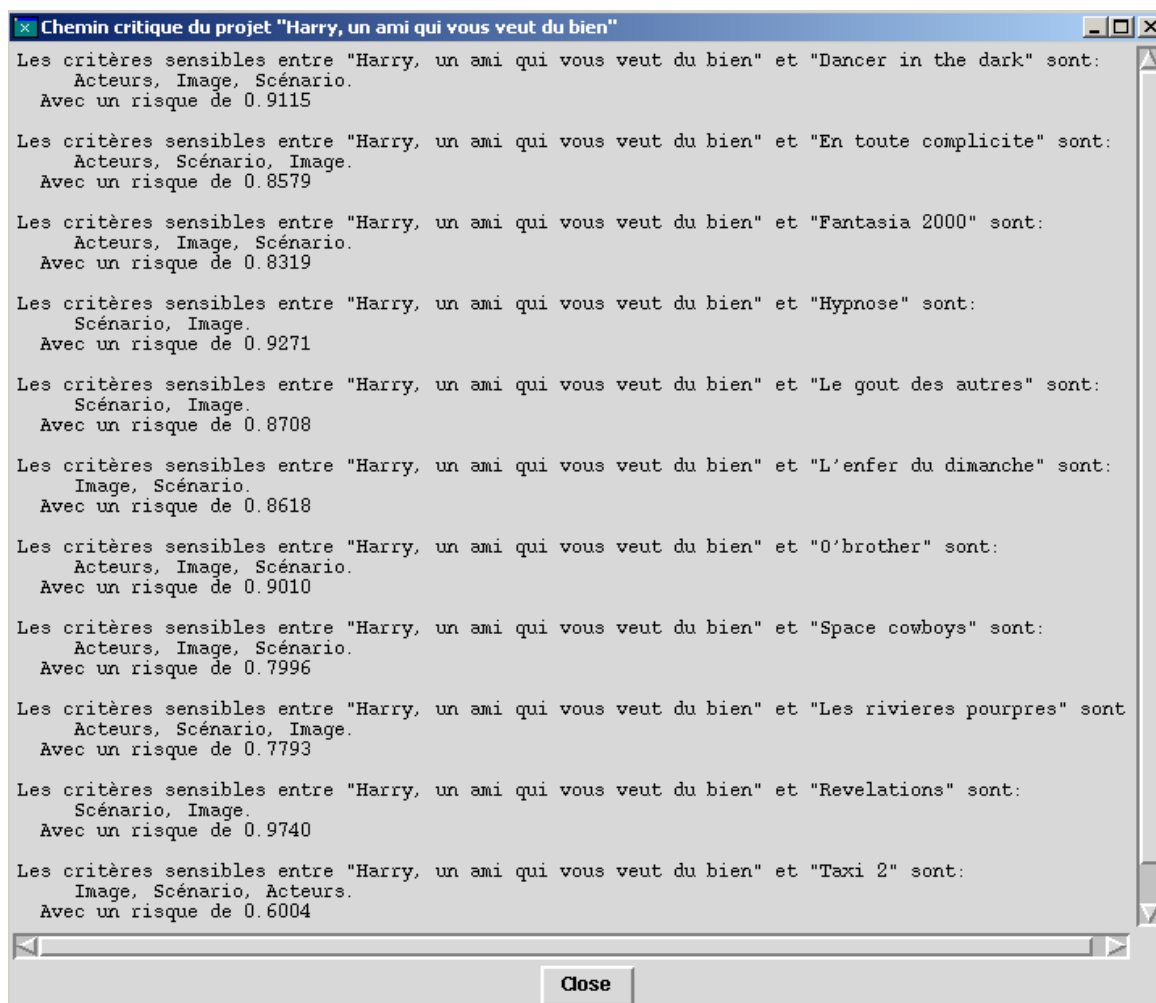


Figure 34 : IRL et chemins sensibles à T=27/04/03 à 12h

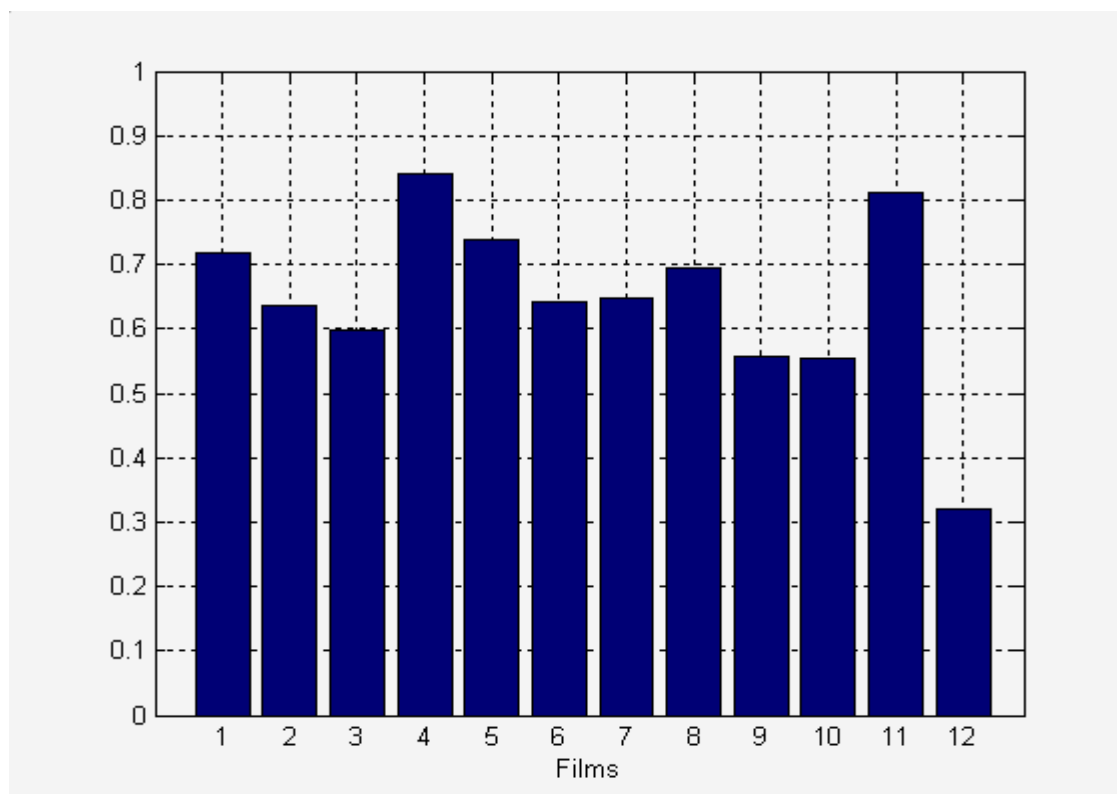
Cette interface affiche les critères les plus sensibles en priorité (en fonction des valeurs de l'IPA) pour chaque film concurrent du film classé premier (ici « Harry ») à la date requise (ici T=27/04/03 à 12h). L'indice de risque de litige associé est affiché.

Par exemple, pour le film 2 « En toute complicité », le critère que l'on doit améliorer en priorité est « Acteurs » puis il faudra considérer « Scénario » et enfin « Image ». L'indice de risque de litige par rapport à « Harry » vaut 0.8579.

Les films les plus dangereux à ce moment T=27/04/03 à 12h sont « Révélations » (IRL=0.974) et après « Dancer in the dark » (IRL=0.9115).

Pour ne pas décevoir ses clients, il est intéressant pour le gestionnaire, de savoir si le film arrivé premier au classement vérifie un degré de satisfaction minimal, autrement dit qu'il s'approche des *canons* définis par les membres du vidéo-club. Pour ce faire, le calcul des indices de risque de déception (IRD) (section 4.2.2, chapitre 2) permet de calculer la position du candidat retenu par rapport à un film idéal au sens des membres du vidéo-club : l'étape précédente a permis de montrer pourquoi il était meilleur que les autres, encore faut-il s'assurer maintenant qu'il satisfait des critères d'excellence dans l'absolu. Rappelons que plus l'IRD est proche de 1, moindre est le risque de décevoir. Ces indices sont calculés par rapport à un film idéal fictif représenté par le profil idéal (1, 1, 1, 1). L'objectif à atteindre pour chaque film devrait être le profil 1.

Les valeurs des IRD calculés à T=27/04/03 à 12h sont résumées dans le graphe suivant (Figure 35) :



**Figure 35: IRD à T=27/04/03 à 12h**

Ce sont les films 4 et 11 qui s'approchent au mieux de ce que l'on attend d'un film idéal. La projection de l'un de ces films à une date précise ne devrait pas risquer de trop décevoir la majorité des clients du vidéoclub.

A cette date et sur la base des informations disponibles, les valeurs de l'IRD permettent de choisir le film 4 « Harry » ou le film 11 « Révélations » : ce sont deux bons films au sens de l'IRD. Par contre comme nous l'avons vu précédemment, c'est l'IPA qui rend peu fiable la sélection de « Harry » à cette date d'analyse : « Harry » comme « Révélations » sont de très bons films, mais leurs évaluations par le public sont trop proches pour que l'on puisse opter pour l'un ou l'autre sans prendre le risque de ne pas faire la recommandation attendue par les clients du vidéo-club. Aussi, le gestionnaire prudent doit-il préférer acquérir plus d'informations avant de faire son choix : il peut par exemple décider d'acheter des critiques à la presse spécialisée, le système lui permettra alors de rechercher l'information *juste nécessaire* pour établir un classement fiable.

## 7.2 Scénarios de pilotage du risque décisionnel

Une première stratégie consiste à se renseigner davantage sur des points bien précis identifiés grâce aux indicateurs de risques de litige calculés auparavant (les films challengers les plus menaçants, les chemins sensibles, ...) pour aller chercher l'information réputée la plus pertinente pour faire évoluer la situation vers une situation décidable.

A ce stade, tous les nouveaux éléments concernant les deux films rivaux ont beaucoup d'importance. En effet, le gestionnaire s'intéresse aux critiques issues des sites

spécialisés relatifs traitant le film « Révélations » et en particulier suivant les deux critères sensibles « Image » et « Scénario » (informations obtenus par les IPA).

Il rentre, dans la base, la critique suivante, sans préjuger de l'évolution future du système (dynamique libre du risque décisionnel) (Figure 36):

Criteres	Commentaires libres	Scores [0-10]
Image	Imaginez une oeuvre de trois heures, où chaque séquence ... chaque plan est pensé, mûri. Des images et plans fantastiques ...	9
Acteurs	ce film nous montre de grandes performances d'acteurs : Al Pacino égal à lui même et surtout Russel Crowe impressionnant et qui possède deux qualités essentielles à un acteur : la justesse et l'humilité ...	9
Scénario	la réalisation possède un style inégalable ... Le scénario (tiré d'une histoire vraie) est en béton et le tout forme un véritable thriller nous effrayant au plus profond de nous même. Une oeuvre maîtresse des années 90 Incontestablement "The insider" est l'un des films ...	9.5
Émotion	Un impact inégalable pour un pur joyau du cinéma moderne ! Nous faire réfléchir sur la cruauté de la vie professionnelle, sur l'importance de la vie familiale, sur le danger réel de l'industrie du tabac ...	9

Quitter Valider

Figure 36: Critique envers le film "Révélations" à T1=27/04/03 à 20h

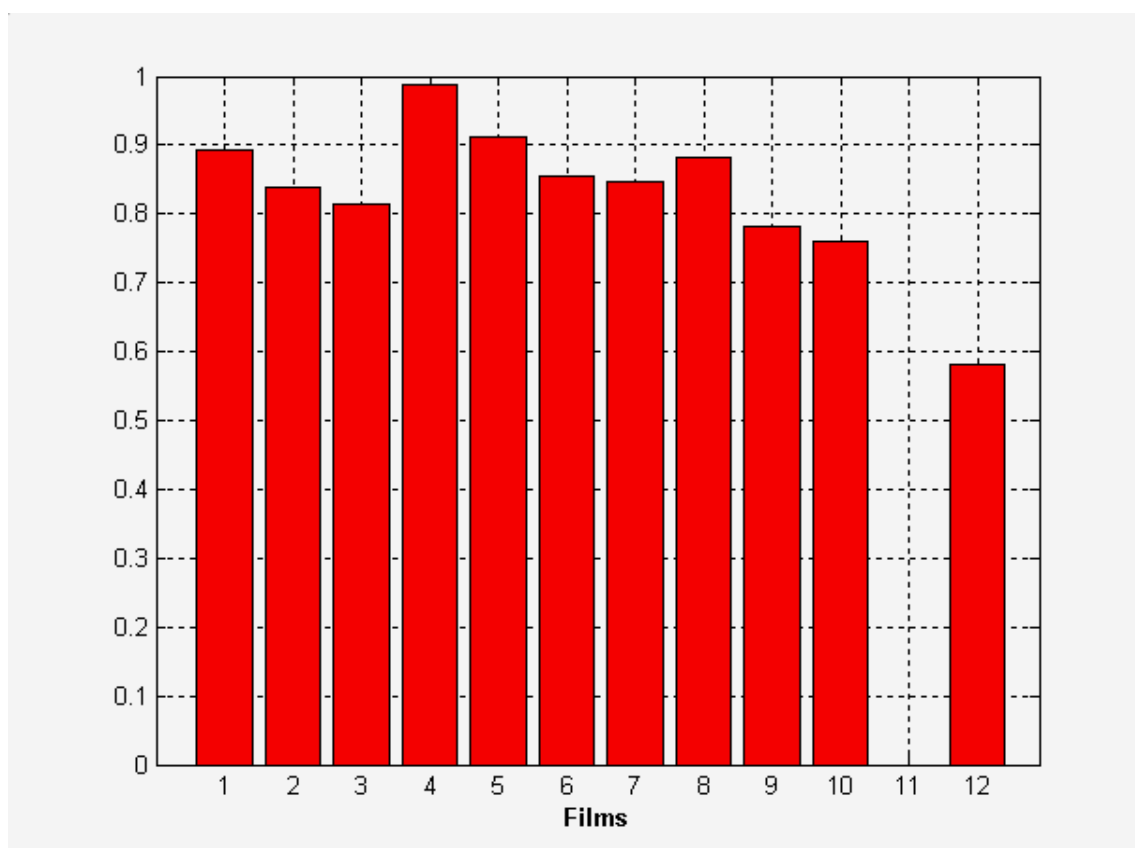
Avec ces nouvelles données, on vérifie le nouveau classement obtenu à la date T1=27/04/03 à 20h, on obtient (Figure 37) :

SCORE%	Nom du film
87.50	Revelations
85.12	Harry, un ami qui vous veut du bien
71.54	Dancer in the dark
71.22	Hypnose
70.49	O'brother
62.58	En toute complicité
60.02	Fantasia 2000
59.91	Le goût des autres
57.80	L'enfer du dimanche
55.61	Space cowboys
52.11	Les rivières pourpres
30.25	Taxi 2

Close

Figure 37: Classement à T1=27/04/03 à 20h

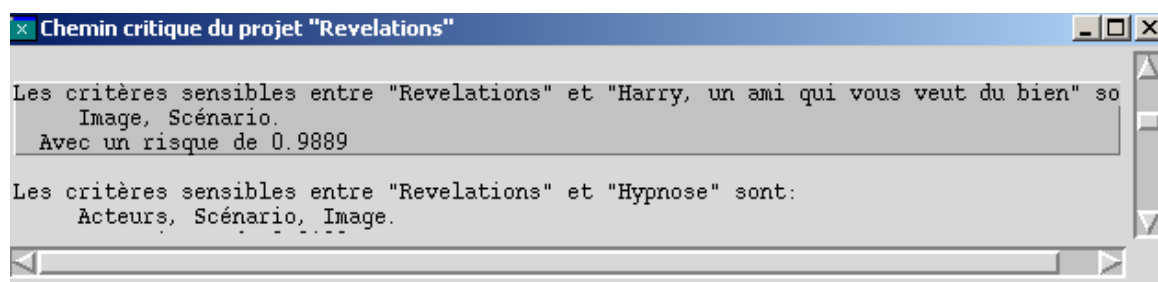
Cette fois-ci, c'est « Révélations » qui est en tête du classement, mais bien sûr avec une toute légère avance par rapport au film « Harry » puisqu'une seule critique (certes *bien choisie*) a modifié le classement précédent. Le calcul du risque de litige confirme cet état (Figure 38) :



**Figure 38: IRL à T1=27/04/03 à 20h**

Suivant ce graphe, le risque de litige du film 4 « Harry » relativement à « Révélations » (film 11 sur le graphe) est évidemment très grand (sa valeur avoisine la valeur maximale 1) puisque tout s'est joué sur une critique ! Donc, il n'est toujours pas possible pour le gestionnaire de conclure.

En terme de chemins sensibles, on obtient (Figure 39) :



**Figure 39: Risques et chemins critiques à T1=27/04/03 à 20h**

On constate une fois de plus que la situation est instable à ce stade du processus de décision : le risque de litige associé à ce nouveau classement où « Révélations » dépasse de peu « Harry » est très élevé puisque ce renversement ne repose que sur une unique source d'information additionnelle. Le chemin sensible pour « Harry » est « Image » suivi de « Scénario », le risque vaut (0.9889).

Objectivement, le gestionnaire responsable n'est pas en mesure de faire une recommandation à cet instant de l'évaluation.

Etant donné que la date de la programmation s'approche (il reste alors 24h) et qu'il semble inévitable de choisir entre « Harry » et « Révélations », le gestionnaire adopte alors une attitude de *pilotage* (vision contrôle du risque décisionnel) : il choisit d'avoir un contrôle qualitatif de la dynamique du processus de sélection. Il va imposer au SIAD de confirmer le classement courant ultérieurement en ne rentrant uniquement de l'information qui viendra conforter la tendance actuelle de l'évaluation. Pour justifier cette attitude stratégique du gestionnaire, on peut admettre qu'ayant constaté via le tableau de bord que le film « Révélations » a continûment été bien évalué tout au long du processus de sélection, le gestionnaire considère qu'il ne peut pas se tromper complètement en « misant » sur lui. Choisir ce film lui apparaît une valeur sûre et il ne devrait pas risquer de décevoir (au moins la majorité) les clients si en plus il prépare bien son argumentaire.

Afin de légitimer et expliquer ce choix, le gestionnaire cherche cette fois-ci des critiques non favorables au rival de « Révélations » qui est « Harry », et en particulier selon les critères « Scénario » et « Image » (le chemin critique pour « Harry »). Il rentre alors dans la base, la critique (Figure 40) :

Criteres	Commentaires libres	Scores [0-10]
Image	c'est la seule chose que je trouve pas mal dans ce film . Elles sont assez bien construites ...	7
Acteurs	Les personnages sont caricaturaux au possible et les scènes de vie banale d'un couple mènent à des dialogues que nombre de discussions de bar ne sauraient égaler dans l'inintérêt ... mauvais casting ...	4
Scénario	Scenarion est mal travaillé, je suis tres decu compte tenu de la renomé de realisateur . Je me suis forcé à rester jusqu'à la fin. Et pour quoi ? Pour voir l'aboutissement d'un néant absolu.	4
Émotion	Harry, c'est un souffle qui s'ecrase lamentablement des la sortie du four !! Ca sret a rien d'aller voir ce film et encore moins de le revoir !!! je ne crois pas qu'un autre film m'ait plus donné ...	3

**Figure 40 : Critique négative envers le film « Harry »**

On remarque que la note de cette critique associée au critère le plus sensible « Scénario » est particulièrement mauvaise.

Le nouveau classement établi à la date T2= 28/04/03 à 00h est (Figure 41) :



SCORE	Nom du film
87.50	Revelations
71.22	Hypnose
70.49	O'brother
68.79	Dancer in the dark
64.65	Harry, un ami qui vous veut du bien
62.58	En toute complicité
60.02	Fantasia 2000
59.91	Le gout des autres
57.80	L'enfer du dimanche
55.61	Space cowboys
52.11	Les rivieres pourpres
30.25	Taxi 2

Figure 41: Classement à T2=28/04/03 à 00h

Comme attendu, « Révélations » confirme ainsi son avance par rapport aux autres candidats, en particulier vis-à-vis de « Harry » : le recul de « Harry » est cette fois-ci conséquent.

Pour conclure le projet de recommandation d'un film, on effectue un dernier contrôle pour s'assurer de la fiabilité de la recommandation à la date de l'étude (T2) et on vérifie les IRL (Figure 42) :

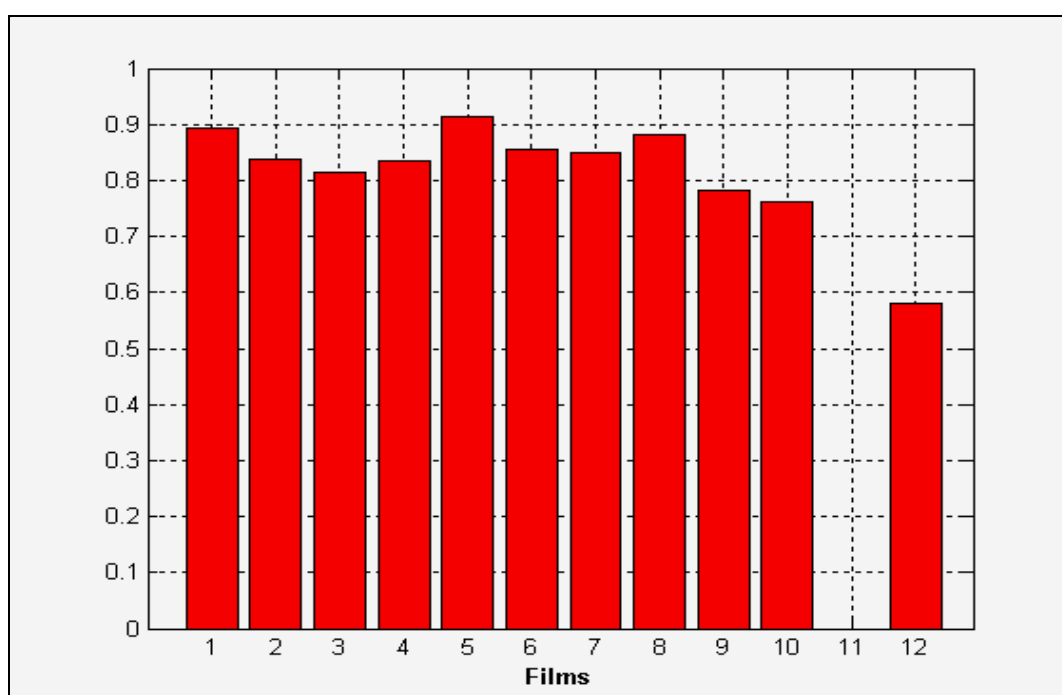


Figure 42 : IRL à T2= 28/04/03 à 00h

Les IRL deviennent moins préoccupants, on peut procéder ainsi itérativement jusqu'à ce que l'on obtienne le seuil d'acceptabilité souhaité.

Finalement, le film « Révélations » est le film retenu par le gestionnaire pour sa programmation hebdomadaire. C'est le film le mieux évalué et pour lequel on a pu construire un argumentaire qui fiabilise la sélection. Le gestionnaire peut publier dans son bulletin des adhérents un rapport de synthèse qui lui permet de légitimer et expliquer son choix vis-à-vis des adhérents grâce aux critiques collectées durant le processus de sélection.

### **8. *Projet ETLD***

Le couplage SGDC/SIAD proposé ici est facilement transposable dans différents secteurs d'activités : veille technologique, conduite de projets stratégiques, gestion d'appels d'offres, maintenance préventive de patrimoines, gestion de porte-feuille de projets, contrôle de la productivité d'une organisation, etc. L'approche peut concerner tout processus décisionnel où l'on peut agir dynamiquement sur la phase d'information et qui, in fine, devra être légitimé.

Mais l'origine de cette réflexion vient de la conduite de projet. Initialement c'est le projet EtLD (*Entreposage de très Longue Durée*) du CEA concernant la gestion des déchets nucléaires qui est à l'origine de ce travail. Nous en donnons les éléments essentiels à la compréhension de la genèse de nos travaux.

Le CEA mène des études sur l'entreposage de longue durée dans le cadre plus général des recherches sur la gestion des déchets nucléaires. Les résultats obtenus sur ce mode de gestion sont à évaluer en regard des avancées concrètes acquises sur les autres axes de recherche de la loi de 91 (loi Bataille), qui ont été démontrées scientifiquement et seront bientôt disponibles à un stade de faisabilité technique et industrielle. C'est l'ensemble qui forme la base cohérente des modes de gestion possibles sur lesquels le pays aura à se prononcer en 2006.

Le CEA a reçu une mission des pouvoirs publics d'élaborer et de présenter des solutions d'entreposage pour chaque type de déchets et pour les combustibles usés qui pourraient faire l'objet d'un entreposage de longue durée dans l'attente d'un mode de gestion définitif. Il proposera des variantes en surface et en subsurface. Il en évaluera la sûreté et l'économie pour éclairer les choix de 2006.

Ces orientations intègrent les recommandations formulées par la Commission Nationale d'Evaluation (CNE). Elles rejoignent, en outre, un certain nombre des avis énoncés dans le rapport Bataille de mai 2001. Dans ces orientations, le CEA recherche la cohérence avec l'ANDRA (agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) par l'établissement d'une concertation entre les deux organismes et d'une coordination étroite de l'axe 3 (conditionnement et entreposage de longue durée) et de l'axe 2 (stockage géologique) de la loi.

La recherche de sites pour l'implantation de telles installations pose la question de l'interaction avec les acteurs concernés. Le CEA se prépare à y jouer le rôle que les pouvoirs publics souhaiteront lui confier. Dans cette attente, et sans incidence sur le bon déroulement des études en cours, le CEA s'appuie sur une méthode de sites génériques.

L'entreposage est un mode de gestion des colis de déchet assurant, par conception, leur conservation et leur reprise ultérieure, dans des conditions sûres et techniquement établies. La multiplicité des entreposages existants montre qu'il n'y a pas de difficultés majeures en termes de faisabilité technique et industrielle. Ces concepts industriels d'entreposage pourraient être renouvelés, par périodes successives : on reprend pour cela les colis à la fin de la période d'exploitation et on les place, après un éventuel reconditionnement, dans un entreposage neuf.

Une autre solution consiste à modifier les concepts existants, pour aboutir à des concepts d'entreposage de longue durée, qui se caractérisent par le fait que leur conception, leur réalisation et leur mode d'exploitation permettent, dès l'origine, d'envisager un entreposage d'une seule traite sur une durée séculaire, contribuant ainsi à accroître l'ouverture et la flexibilité des solutions envisageables pour l'aval du cycle. Les programmes ont pour but de produire les éléments scientifiques et techniques sur les modes de réalisation et les règles de fonctionnement d'un entreposage de longue durée, ainsi que les bases de connaissance permettant d'établir sa faisabilité, notamment du point de vue de la sûreté.

La production de ces concepts, ainsi que la démonstration de ce potentiel de durabilité, sont du domaine de la R&D : les décisions de réalisation et d'utilisation complète ou partielle de ce potentiel relèvent des pouvoirs publics et des industriels, quand le Parlement se sera prononcé selon les dispositions de la loi du 30 décembre 1991.

Deux principes directeurs guident l'ensemble des études :

1. Ces entrepôts sont par définition susceptibles de recevoir tous les colis, ce qui implique flexibilité et modularité ;
2. Un entreposage, même optimisé pour une durée séculaire, présente par définition un caractère provisoire et n'est pas techniquement destiné à devenir définitif pour des durées multimillénaires : il diffère en cela du stockage en formations géologiques profondes qui peut être réversible ou irréversible, mais qui doit par définition être techniquement capable de devenir définitif pour de telles durées. L'entreposage se distingue du stockage par le fait, qu'étant provisoire, il ne nécessite pas de faire appel, même pour des durées séculaires, aux propriétés de confinement du milieu constitutif du site d'implantation. A contrario, le stockage en formations géologiques profondes s'appuie sur le milieu géologique d'accueil pour être techniquement capable de devenir définitif, le milieu apportant, sous réserve des conclusions des travaux de recherche menés dans le cadre de l'axe 2 de la loi (notamment dans les laboratoires souterrains), le confinement multimillénaire requis.

Les études comportent trois volets :

- L'étude des concepts d'entreposage (concepts d'installations et de familles de conteneurs) incluant les études de sûreté, d'évaluation économique, d'interface avec les autres installations du cycle et la quantification des indicateurs de durabilité. En 1999, quatre concepts intégrateurs, permettant de couvrir les divers types d'implantation ou de caractéristiques de colis envisageables, ont été produits à partir des premières images conceptuelles de 1997 et 1998 : trois concepts d'entreposage en plaine, en surface ou en subsurface et un concept d'entreposage en subsurface en relief en roche dure. Leur sont associés des concepts de conteneurs : conteneur multi-usage, conteneur de grande capacité et de charge thermique élevée, pour l'entreposage des combustibles irradiés, conteneur pour les déchets ;
- Les développements technologiques spécifiques de composants particuliers, sollicités par la longue durée d'entreposage : ils nécessitent une conception et une qualification spécifiques, utilisant des démonstrateurs et bancs de qualification. Les programmes sont focalisés sur un nombre restreint de questions clé et concernent :
  - i) le système de conteneur et sa fiabilité (fermeture, ouverture, étanchéité,...),

- ii) la robustesse de la structure d'accueil des colis (guidage à la réception, maintien dans la durée, reprise en situation normale ou dégradée),
  - iii) le refroidissement adaptable à l'évolution de la chaleur dégagée par les colis et la prévention de la condensation (source de corrosion) sur les colis,
  - iv) la définition des protocoles de caractérisation des matériaux d'infrastructure et de site pour être utilisables pour un entreposage qualifié pour la longue durée v) les techniques de surveillance de l'intégrité des barrières de confinement ;
- La recherche scientifique afin d'établir les connaissances nécessaires à la démonstration des performances en termes de robustesse et de durabilité de l'entreposage, avec notamment :
- i) l'étude du comportement des matériaux d'infrastructure (bétons, géo-matériaux de site) en température et en durée,
  - ii) l'étude de l'évolution de l'aléa sismique d'un entreposage en fonction de la profondeur de l'installation (surface ou subsurface), avec l'instrumentation complémentaire d'un forage effectif.

Il est intéressant de souligner la finalité de ces deux derniers programmes de recherche. Il s'agit d'acquérir les connaissances scientifiques permettant de proposer et légitimer des règles de conception et de construction, des modes de fonctionnement permettant de garantir la maîtrise de la longue durée.

Initialement, un chef de projet a été nommé en 1997. Plus de cent ingénieurs se trouvent impliqués dans ce projet et le nombre de documents se multiplie de façon exponentielle. Le chef de projet est conscient qu'il devra rapporter les idées majeures notifiées dans cette conséquente masse d'informations aux pouvoirs publics ou encore à la CNE. De façon caricaturale, il ramène donc dans un premier temps son problème de gestion de projet à un problème de gestion documentaire et demande à ce qu'un outil de gestion documentaire soit développé en interne au CEA. Cette requête est à l'origine du *référentiel de connaissances* [Penalva *et al.*, 02]. L'intranet d'EtLD voit le jour en 1998 (Figure 43) :



Figure 43: Le serveur de connaissances d’EtLD

Rapidement, le besoin de structurer la base documentaire selon les solutions technologiques envisagées et les problématiques abordées suivant les différents axes du projet se fait sentir. Un outil de cartographie des documents est requis. La complexité du problème amène les acteurs du projet à hiérarchiser les problématiques abordées pour aboutir à une cartographie comme illustrée sur la figure 44 où les colonnes portent les noms des solutions technologiques envisagées (masquées sur la figure pour des raisons de confidentialité).

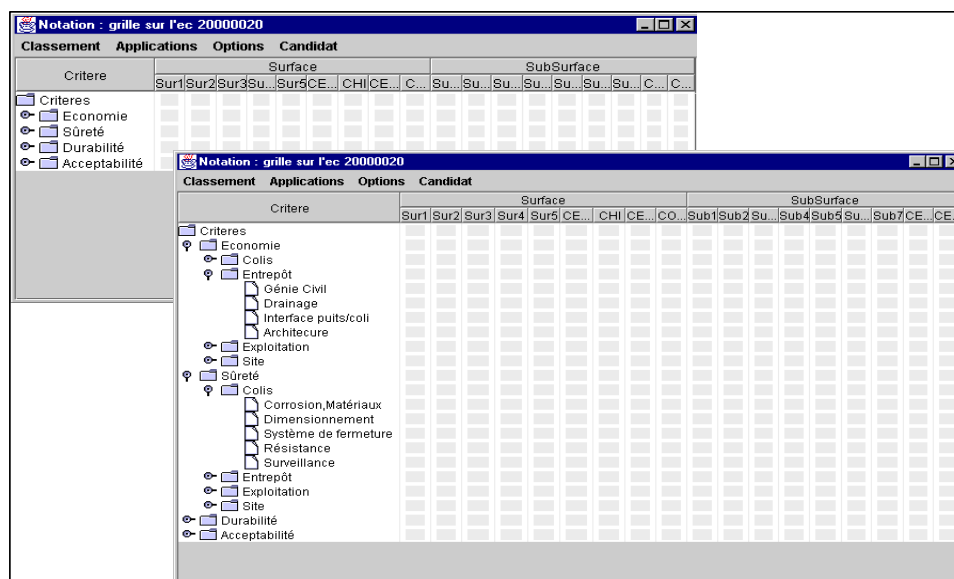


Figure 44: Cartographie hiérarchisée dans EtLD

Chaque document EtLD est donc cartographié selon une grille du type de la figure suivante (Figure 45). Pour suivre le fonctionnement de l’organisation en charge du projet, une idée de base est alors de suivre la production scientifique pour chaque case

de la cartographie. On a alors recours à de basiques statistiques sur le nombre de documents déposés par jour, mois, services, départements, solutions, etc.(Figure 45).

Grille projet (Projets x Eléments)															
	T*	Be	B	C14*	Co*	Se*	Si*	Tc*	Cd	I*	Cs*	Pb	U*	PU*	Am*
Caractérisation					2								2		
Chélation					5		5		7		5	6	5		
Cibles mol.													6		
Décorporation					8		1		8	1	8	1	8	8	7
Génotoxicologie					1				1		1	2	3	1	1
Résistance				1	1	5		1	2			2	3		
Toxico-cancéro					1				1			1	5	4	3
Tocso					3	3	1		6		1	1	2	1	1
Transcriptome						3	1		9	1	1	1	1		
Transfert					1		6		3	1	6	8	6		
Transport									7		9	1	1		
Transporteurs					4	1	3	4	7	5		1			

Type document :

Pondération :

Figure 45: Statistiques des documents scientifiques cartographiés

Malgré cela, les premiers comptes-rendus s'avèrent plus fastidieux que prévu. Il ne s'agit pas de livrer aux autorités ou à la CNE des informations scientifiques brutes mais une interprétation de celles-ci dans le cadre de la logique du projet. Ce n'est pas l'information qui donne la décision, mais l'interprétation de celle-ci dans un contexte d'action. Le chef du projet distingue alors l'information scientifique et la connaissance utile au projet (la connaissance *actionnable*) [Penalva *et al.*, 02b ; Montmain *et al.*, 02a]. La notion d'Eléments de Connaissances (ECs) est introduite : les ECs sont une forme particulière de la *connaissance actionnable* au sens de [Argyris *et al.*, 78].

Les ingénieurs projet ont alors, entre autres, pour mission de rédiger ces ECs (Figure 46) : ils synthétisent quantité de documents scientifiques ou techniques, d'études d'ingénierie, de bilans technico-économiques sous la forme de « post-it » électroniques, les ECs, dont ils alimentent la base gérée par le référentiel. La même cartographie est utilisée pour les documents et les ECs. Ainsi, rendre compte aux autorités de l'avancement du projet et des conclusions intermédiaires devient chose plus aisée : les éléments de rhétorique du collectif d'ingénieurs EtLD sont cartographiés et gérés dans le serveur intranet d'EtLD.

Accès:	
Chrono:	1999-0003
Auteur:	C. VENARD
Chrono Source:	1999-00114 EtLD, Rapport Conteneurs : Chapitre 5.1 Etudes préliminaires de criticité sur l'entreposage d'assemblage MOX dans un conteneur multi-usage. (Données d'entrées CMU : chrono 1999-00213)
Redacteur:	C. MOTUELLE
Type:	ECR
Classe:	HYPOTHESE
Titre:	Quelle est la donnée de base à utiliser en terme de durée de refroidissement des MOX avant l'entreposage ?
Objet:	Le calcul de criticité (dans ce document) a été réalisé en considérant que les assemblage MOX ont été refroidis 25 ans.
Commentaire:	En fin 1997, la donnée de base était 25 ans suite à des considérations issues d'un groupe de travail CEA - EDF - COGEMA - ANDRA. En fin 1998, pour des raisons de perspective de saturation des piscines de refroidissement, la référence de durée de refroidissement est descendue à 5 ans, c'est à dire à la sortie des piscines BK.
Date:	18/02/1999
Type Source:	ECHANGE
Illustration:	
Expressions Associées:	DUREE DE REFROIDISSEMENT DES CI
Voir Aussi:	1999-00001 : Absence de risque de criticité pour le CMU (MOX) en cas d'infiltration d'eau
Trace:	
<b>Historique</b>	
Création:	14:57:54 18/02/1999 c.motuelle

Figure 46: Exemple d'EC dans EtLD

Une dernière étape reste à franchir dans la gestion de projet : la croissance exponentielle des connaissances liées au projet (de 1997 à 2006 avec une centaine d'ingénieurs-rédacteurs !) rend l'automatisation de la rhétorique argumentaire essentielle.

Un EC représente une interprétation par un ingénieur du projet d'une source d'information donnée. Un EC peut donc être considéré comme un jugement de valeur par son rédacteur vis-à-vis de l'information analysée. L'idée suivante fait alors rapidement son chemin : la cartographie des documents et l'évaluation de l'avancement du projet via des statistiques sur le nombre de ces documents fournissent des indicateurs de fonctionnement du projet peu fiables et peu pertinents. En effet, on peut très bien avoir plusieurs dizaines de rapports associés à une même case de la base sans pour autant que ces rapports ne contiennent d'informations essentielles au projet ! Cartographier les ECs apporterait une autre dimension à l'évaluation du déroulement du projet : on connaîtrait alors, case par case, la quantité et la disponibilité des documents utiles au projet. Les problématiques et sous-problématiques du projet sont alors déclinées en critères d'évaluation : tout EC cartographié apporte ainsi un jugement de valeur sur une solution technologique au regard d'un critère d'évaluation dérivé des problématiques d'EtLD. Il suffit alors de transformer ce jugement de valeur en un score « qualitatif » et le SIAD que nous avons présenté dans ce mémoire prend ainsi naissance.

Notre outil de gestion des connaissances et d'aide à la décision collective argumentée est un outil précieux pour les cellules de synthèse et décisionnelles du projet qui se trouvent confrontées à l'évaluation d'une multiplicité de filières technologiques à analyser sous de nombreuses dimensions et qui doivent rendre compte de leurs conclusions aux autorités publiques et à la CNE. Sur la base d'une mémoire et d'une représentation partagée par la collectivité projet (gérée par le référentiel des connaissances), une aide à la décision, à la concertation et à l'argumentation est ainsi développée pour aider à formuler les propositions qui devront être faites en 2006 par le CEA.

Notre approche traite de manière plus générale de l'impact des NTIC sur les processus dynamiques de concertation, de délibération, de sélection et d'argumentation dans le cadre d'une décision collective impliquant un grand nombre d'acteurs de cultures, métiers ou fonctions très diverses. EtLD en est un exemple typique (les acteurs ANDRA et CEA n'ont pas nécessairement les mêmes points de vue dans un tel projet). C'est une approche qui se veut respecter une philosophie cognitive de la décision tout en l'instrumentant avec des outils mathématiques et informatiques adéquats. Les phénomènes d'interactions entre enjeux, acteurs et objectifs sont pris en compte tant par le système de gestion des connaissances que par les outils d'aide à la décision multicritère. L'aspect rhétorique original du système vient naturellement du couplage du système de gestion des connaissances et du SIAD.

Nous pensons que les NTIC auront prochainement un impact majeur sur les aspects des processus de concertation et de décision collective et organisationnelle. Notre approche tente de montrer comment les utiliser pour comprendre les différents modes et phases du processus de décision. De façon plus générale, la supervision de n'importe quel projet de grande envergure et de longue durée impliquant un grand nombre d'acteurs de métiers, cultures ou fonctions variés est une application intéressante pour notre système.

## **9. Conclusion**

Nous avons présenté dans ce chapitre une application qui permet de mettre en oeuvre les concepts proposés au cours des deux premiers chapitres. Nous avons décrit au cours de cette application, un prototype d'une plate-forme logicielle complète permettant à un collectif de capitaliser, utiliser et gérer dynamiquement de la connaissance pour prendre une décision. Ce chapitre montre que pour un corpus dynamique de critiques donné et une stratégie décisionnelle modélisée par un opérateur d'agrégation fixé (ici une intégrale de Choquet 2-additive), on obtient un classement des films concurrents que l'on sait argumenter à partir de la base de critiques et dont on sait évaluer la fiabilité. La gestion du risque associé à la décision est une manière détournée de contrôler les informations de la base de critiques et par-là même, la dynamique du processus décisionnel.

Le but de cette représentation inspirée de l'automatique est de mettre en évidence la nécessité d'un « rebouclage » sur la phase d'information et d'apprentissage dans le processus de décision, et de montrer la pertinence du couplage d'un Système de Gestion des Connaissances (SGC) et d'un SIAD pour résoudre des problèmes d'aide à la décision dans des contextes de veille technologique, conduite de projets, maintenance préventive, etc. C'est une vision opérationnelle du processus de décision en organisation dont le modèle s'inspire de réflexions empruntées à la fois aux Sciences Humaines (Modèle STI) et aux mathématiques (Intégrales floues). L'idée est bien d'emprunter aux SH ou aux sciences dures leurs modèles théoriques pour en faire un outil d'ingénierie opérationnel.



# *Conclusion générale*

---

Sur le plan de la décision, nous sommes partis de constats des sciences humaines et plus spécifiquement du modèle descriptif et cognitif S.T.I<sup>1</sup> de H.A.Simon pour élaborer notre SIADG<sup>2</sup>. Nous l'avons doté de fonctionnalités informatiques qui nous semblent répondre à chacune des spécificités de la décision en organisation du modèle S.T.I. :

1. Rationalité limitée du décideur : La panoplie des solutions théoriquement possibles est plus large que celles réellement envisagées par une approche purement rationnelle. Les propositions émanent de scénarios préétablis par des membres bien identifiés de l'organisation. Il est difficile de pouvoir gérer simultanément dans le temps et partout dans l'organisation l'ensemble des flux d'informations nécessaires à la décision. Le décideur ne possède pas en fait une connaissance totale de la situation et ses limitations dans la connaissance des faits et hypothèses proviennent principalement des contraintes de l'organisation qui sélectionne ou favorise tel ou tel scénario en fonction de ses intérêts.

Notre proposition : Le SGDC<sup>3</sup> permet la diffusion et le partage des connaissances dans l'organisation, favorise les processus de délibération et de négociation. Cette distribution du savoir et du savoir-faire est censée nuire à la décision technocratique dès la phase d'informations.

2. Capacité cognitive et flux informationnels : L'incapacité (en tout cas la capacité limitée) de l'homme à traiter l'ensemble des flux d'informations imprécises, incertaines, incomplètes et contradictoires nécessaires à la décision semble montrer que la solution pour une aide à la décision efficace relève des systèmes de traitement de l'information.

---

<sup>1</sup> Système de Traitement de l'Information

<sup>2</sup> Système Interactif d'Aide à la Décision de Groupe

<sup>3</sup> Système de Gestion Dynamique des Connaissances

Notre proposition : L'acquisition et le traitement de l'information que nous proposons dans le cadre d'une organisation apparaissent comme plus importants pour prendre une «bonne» décision que la recherche fine et illusoire d'une décision en apparence «la meilleure».

3. Evaluation des solutions potentielles : Toujours selon le modèle de rationalité limitée de Simon, le décideur est naturellement tenté de s'orienter vers une approche monocritère, occultant la prise en compte de la complexité de la réalité et aboutissant au choix d'une solution satisfaisante mais non optimale.

Notre proposition : L'approche multicritère de l'aide à la décision permet de pallier à cette restriction en augmentant le niveau de réalisme et de lisibilité donné au décideur. Construire un modèle prenant explicitement appui sur plusieurs critères, traduit et formalise, un mode de raisonnement intuitif et naturel face à un problème de décision.

Le choix de l'intégrale de Choquet comme opérateur d'agrégation multicritère augmente encore d'un niveau ce degré de réalisme en permettant de prendre en compte en pratique l'interaction entre les critères d'évaluation du processus décisionnel, et par là-même, d'introduire l'idée de coalition, d'interaction, etc., entre les acteurs de la décision.

4. Causalité enchevêtrée : Les différentes phases de la décision ne se présentent pas de façon linéaire, mais en boucles. De nombreuses itérations sont nécessaires, au vu de la faible capacité cognitive des hommes et de la complexité des problèmes de décision, avant qu'un terme ne puisse être apporté au processus de décision. Phases d'intelligence (*Intelligence*), de conception (*Design*), de sélection (*Choice*) et de bilan (*Review*) se succèdent sans logique chronologique préétablie possible (*modèle IDCR*). Les phases sont ainsi des «engrenages d'engrenages». Si le schéma linéaire du processus de décision (la vision *problem solving* de la Recherche Opérationnelle) doit être rejeté, il n'en reste pas moins que dans cette perspective, la planification conserve encore une place privilégiée dans la décision mais est gouvernée par la phase d'information.

Notre proposition : Le problème de la gestion de l'information utile à la décision, de l'évaluation et de la comparaison des solutions candidates et de la justification des choix retenus peut se formaliser sous la forme d'une boucle de contrôle dont le système d'information est l'organe d'action. La *symbolique* de la boucle de régulation souligne le rôle central que conserve la planification au sein du système d'information de l'organisation.

D'un point de vue fonctionnel, nous sommes arrivés à la conclusion suivante qui a donné les bases des spécifications de notre SIADG. Pour qu'un SIADG soit accepté par ses utilisateurs, il faut non seulement qu'il soit capable de gérer toutes les informations disponibles utiles à la décision mais aussi qu'il propose la trace de la logique décisionnelle utilisée à des fins argumentatives. En effet, pour un collectif (organisation, équipe projet...), il est possible d'associer un grand nombre d'interprétations et de stratégies décisionnelles satisfaisantes à une même situation, la notion de solution optimale n'a plus nécessairement de sens. La décision de groupe nécessite donc de parvenir à un consensus, aussi est-il fondamental de doter un SIADG de fonctionnalités d'argumentation des choix proposés. Outre la légitimation de la logique décisionnelle, un autre point essentiel pour favoriser l'acceptabilité de la décision de groupe est l'évaluation des risques associés à cette décision. Le SIAD doit donc également évaluer la sensibilité de ses décisions et identifier les points précis sur

lesquels l'utilisateur devrait acquérir davantage de connaissances pour garantir la fiabilité de la sélection ultérieurement.

D'un point de vue technique, nous résumons notre contribution à la décision en organisation à une interprétation cybernétique des processus cognitifs collectifs d'apprentissage, de conception et de sélection. Le SGDC, chargé de la gestion dynamique des connaissances, est l'organe de commande du processus décisionnel (*l'actionneur* du SIADG selon un point de vue cybernétique). Il capitalise et gère les connaissances qui sont organisées en rhétorique de décision lors de la légitimation de prises de risques : il assure l'évolution de l'entropie décisionnelle (*vanne de l'information*). Il est le support de la phase d'information du processus décisionnel.

Les problématiques du collectif sont déclinées en critères d'évaluation dans le cadre de la décision collective. Les connaissances utiles à la décision, gérées par le SGDC, sont autant de jugements de valeur cartographiés dans une grille d'analyse qui croise les actions candidates envisagées par le collectif et les critères d'évaluation qui supportent la stratégie du collectif. Cette évaluation résulte de l'interprétation des connaissances gérées par le SGDC en termes d'utilité d'une action au vu d'un critère donné. Il s'agit là d'une analyse multicritère qui conduit à modéliser la stratégie du collectif par un opérateur d'agrégation de ces scores partiels et aboutit à un classement par ordre de préférence des actions envisagées. Le mode d'évaluation des actions potentielles par la connaissance contenue dans la base gérée par le SGDC permet enfin de s'orienter vers une argumentation automatisée de stratégies décisionnelles collectives. L'analyse multicritère constitue la phase de représentation du processus décisionnel. D'un point de vue cybernétique, il s'agit là du processus à contrôler (le processus d'évaluation) et la fonction d'argumentation en est une observation pour une stratégie d'agrégation fixée.

Pour définir le risque décisionnel, la notion de distance entre les actions candidates a été utilisée. La notion de risque est donc ici assez éloignée de la définition probabiliste classique (probabilité d'occurrence et gravité des conséquences de l'action) et relève plutôt de la sensibilité de l'ordre établi à toute perturbation externe (autrement dit la sensibilité à l'ajout dans la base de connaissances du SGDC de toute nouvelle information non contrôlée). Le contrôle du risque décisionnel détermine les dimensions les plus critiques, i.e les critères pour lesquels il suffirait d'un ajout de connaissances nouvelles minime pour que l'ordre de préférence des actions s'en trouve modifié. Le système de contrôle permet ainsi d'identifier les dimensions pour lesquelles il serait le plus pertinent d'introduire de nouvelles connaissances dans la base du SGDC pour une convergence plus rapide (par exemple) du processus décisionnel. Le contrôle du risque, d'un point de vue cybernétique, est le régulateur du SIADG (le rebouclage sur le système d'information). Cette boucle de contrôle constitue la phase de sélection du processus décisionnel.

D'un point de vue mathématique, les notions d'explication et de risque décisionnel ont été associées au concept de sensibilité de l'opérateur d'agrégation multicritère. L'analyse quantitative de la sensibilité de l'opérateur d'agrégation à chacun des critères en un point d'évaluation donné a permis de calculer la contribution marginale de chaque critère en ce point ; un raisonnement aux ordres de grandeur sur ces contributions marginales fournissant les scores partiels qui ont été les plus déterminants dans l'évaluation (optique de l'explication), et les critères selon lesquels une amélioration serait la plus efficace (optique de calcul du risque décisionnel). Si l'opérateur d'agrégation est la somme pondérée, la décomposition de l'évaluation en somme des contributions est triviale. Si l'opérateur est différentiable, la décomposition en contributions s'obtient facilement en calculant formellement les dérivées partielles

selon chaque critère. Dans le cas de l'intégrale de Choquet, nous avons mis à profit la linéarité par hyperplan de cet opérateur pour obtenir des algorithmes simples et interprétables.

Sur le plan des systèmes d'information, notons que le management des organisations repose de plus en plus sur des systèmes informatisés de gestion, de planification, etc. Si les mathématiques de la décision (Recherche opérationnelle, théorie des jeux, etc.) ont enregistré des réussites notoires dans des domaines d'application spécifiques, les autres outils (Système de Traitement de l'Information et de Gestion) ne peuvent justifier aujourd'hui d'un retour d'expérience suffisant, mais par contre sont en plein essor dans la société de l'information et des réseaux. Le couplage SGDC/SIAD proposé ici est facilement transposable dans différents secteurs d'activités : veille technologique, conduite de projets stratégiques, gestion d'appels d'offres, maintenance préventive de patrimoines, gestion de porte-feuille de projets, contrôle de la productivité d'une organisation, etc. L'approche peut concerner tout processus décisionnel où l'on peut agir dynamiquement sur la phase d'information et qui, in fine, devra être légitimé, en particulier la gestion de projets qui est à l'origine de ces idées. La comparaison de solutions d'entreposage de déchets nucléaires ou de différents cycles électronucléaires futurs possibles pour le Commissariat à l'Energie Atomique se modélisent naturellement sous la forme d'une analyse multicritère qui porte sur une masse considérable de documents techniques, économiques et sociotechniques générés par des acteurs de métier, de culture, de fonction très variés, et ce sur plusieurs années. Les enjeux sont énormes, les conflits d'intérêts omniprésents...il faut être capable de légitimer chaque décision auprès des autorités politiques et scientifiques. Les fonctions d'argumentation s'imposent : il s'agit de préparer des audits de façon permanente. La gouvernance d'un tel projet passe par le management des savoirs scientifiques dans le temps. Estimer la valeur de ces savoirs, autrement dit, évaluer l'entropie d'une base documentaire peu formalisée a été réalisé à travers le concept de risque décisionnel. Le chef de projet gère et gouverne ses études et leur budget en fonction de ce risque décisionnel.

Nous pensons avoir donné un cadre d'analyse générale pour ce qui est des problèmes d'aide à la décision en organisation. De plus il nous semble important de souligner le caractère opérationnel des méthodes que nous avons proposées. Une démarche d'aide à la décision passe nécessairement par l'étude théorique de modèles d'agrégation mais aussi par la mise en œuvre de ceux-ci à travers, par exemple, des logiciels évolués. C'est cette double optique, d'étude des modèles et de leur mise en œuvre, qui a guidé nos travaux. De ce point de vue, le prototype de la méthode que nous avons présenté au chapitre 3, apparaît comme une ébauche d'un logiciel évolué d'aide à la décision dans une organisation. Il s'agit, à notre avis, d'une démarche permettant d'intégrer des modèles avancés de représentation des préférences dans des outils concrets d'aide à la décision.

Néanmoins, dans la *boucle de contrôle* opérationnelle que nous avons proposée pour le SGDC, celui qui actionne l'organe de commande dans notre système de décision automatisée reste l'opérateur humain (c'est lui qui recherche en pratique l'information désignée par le SIAD comme la plus pertinente, qui la cartographie et qui lui attribue un score). Pour s'affranchir de cet aspect, des travaux sont en cours au LGI2P contribuant (1) à la cartographie automatique des CAs avec des algorithmes relevant à la fois de techniques de TALN (Traitement Automatique de la Langue Naturelle) et de Text-Mining, (2) à l'attribution automatisée du score de la CA (apprentissage et clustering) [Montmain *et al.*, 04; Plantié *et al.*, 02 ; Jaillet *et al.*, 04]. Ces fonctionnalités sont destinées à informatiser notre actionneur (SGDC) : après avoir procédé à la

décomposition en critères d'évaluation du problème de décision, identifié une stratégie de l'organisation via l'opérateur d'agrégation, fixé un seuil d'acceptabilité, on peut envisager que notre système, couplé à la cartographie et à l'évaluation automatiques des CAs, accentue le degré d'automatisation de la décision. En effet, partant d'une base de connaissances initiale, le SIADG la fait évoluer avec une dynamique contrôlée pour répondre au plus tôt avec un risque mesuré au problème de sélection posé par l'organisation sans avoir recours à un individu cognitif !

Enfin, nous avons signalé certaines limites à ce travail qui méritent d'être approfondies par la suite. Par exemple, lors de l'évaluation partielle d'une solution par un critère donné par plusieurs évaluateurs, le nombre d'avis peut être différent d'un couple (solution / critère) à un autre. L'utilisation d'un opérateur de type "uninorm" [Yager, 02] constitue une perspective pour résoudre ce type de problèmes. Nous pensons, qu'il faudra par ailleurs construire des méthodes d'identification des paramètres d'importance des critères pour chaque méthode d'agrégation globale des solutions, et ce de manière adéquate avec l'échelle utilisée. De même, des techniques de révision temporelle plus évoluées sont à étudier pour l'agrégation des notes dans le temps. Nous signalons encore, les problèmes d'incertitude qui peuvent accompagner les informations qui sont fournies par un utilisateur. L'incomplétude d'une information peut être relative à l'imprécision du contenu informationnel ou encore à la valeur de vérité que l'on accorde à ce contenu, etc. Nous avons ainsi, introduit la notion de risque d'ignorance qui est définie comme le risque pris pour qui s'appuierait sur des données potentiellement erronées ou incertaines. Il est intéressant de pouvoir modéliser et formaliser ce type de risque comme cela a été fait pour les risques de litige et de déception.



# Annexe 1

## *SIAD et Système à base de connaissances*

---

### *1. Les Systèmes interactifs d'Aide à la Décision (SIAD)*

Les SIAD sont des systèmes informatisés permettant à l'utilisateur d'avoir accès à des données et à des modèles afin de prendre de meilleures décisions [Edwards, 92]. Quant aux systèmes experts, ce sont des logiciels pouvant assister l'être humain dans des domaines où est reconnue une expertise humaine, insuffisamment structurée pour constituer une méthode de travail précise et sûre, complètement transposable sur un support informatique et sujette à révisions ou compléments selon l'expérience accumulée [Farreny, 85].

Néanmoins, ces deux types de systèmes présentent certaines lacunes qui peuvent être comblées en intégrant un système à base de connaissance (SBC) à un SIAD. [Turban *et al.*, 98] parle de SIAD *intelligents*, les définissant en tant que systèmes qui utilisent des modèles, supportent toutes les étapes de la prise de décision et incluent une base de connaissances.

Les SIAD ont été conçus pour résoudre des problèmes de décision peu ou mal structurés. Ces problèmes possèdent les ou l'une des caractéristiques suivantes [Horvitz *et al.*, 88] :

- Les préférences, jugements, intuitions et l'expérience du décideur sont essentiels ;
- La recherche d'une solution implique un mélange de recherche d'informations, de formalisation ou définition du problème et de sa structuration, de calcul et de manipulation de données ;
- La séquence des opérations ci-dessus n'est pas connue à l'avance parce qu'elle peut être fonction des données, être modifiée, ou peut ne donner que des résultats partiels ;

- Les critères pour la décision sont nombreux (en conflit et/ou fortement interdépendants) ;
- La solution doit être obtenue en un temps limité ;
- Le problème évolue rapidement.

De nombreuses définitions des SIAD ont été proposées dans la littérature, ces diverses définitions ont mis l'accent soit sur le type de problèmes, soit sur les fonctions du système, soit sur ses composants ou encore sur le processus de développement. Nous reprenons ici la définition de Turban [Turban, 93], qui porte à la fois sur les fonctions et la constitution du système.

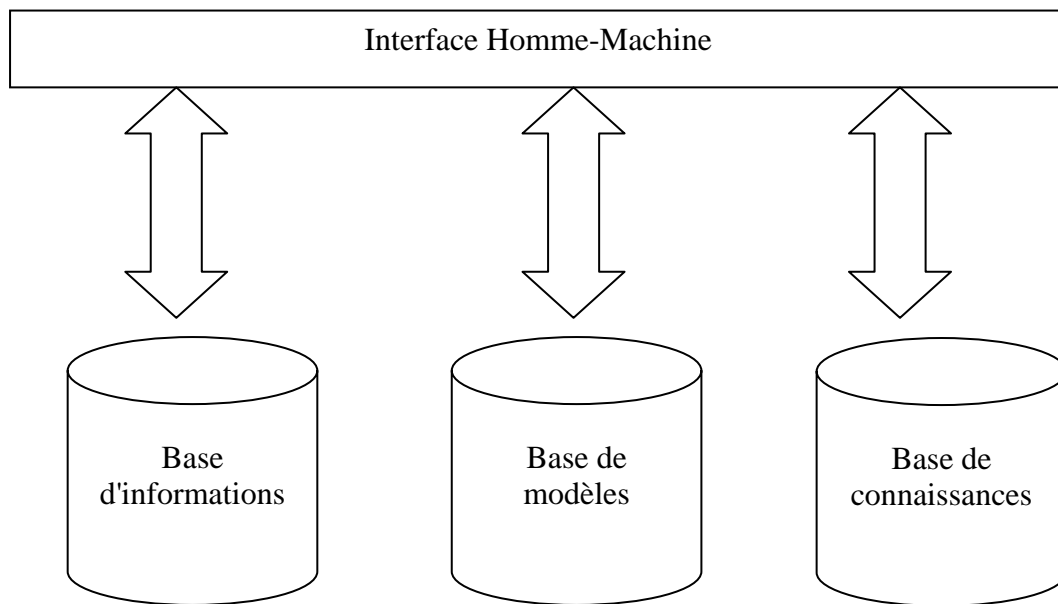
*" Un SIAD est un système d'information interactif, flexible, adaptable et spécifiquement développé pour aider à la résolution d'un problème de décision en améliorant la prise de décision. Il utilise des données, fournit une interface utilisateur simple et autorise l'utilisateur à développer ses propres idées ou points de vue. Il peut utiliser des modèles – soit standards, soit spécifiques -, supporter les différentes phases de la prise de décision et inclure une base de connaissances".*

Parmi les diverses caractéristiques que l'on associe aux SIAD, on peut citer les suivantes:

- Ils apportent principalement une aide pour les problèmes peu ou mal structurés en connectant ensemble jugements humains et données calculées ;
- Ils fournissent une aide pour différentes catégories d'utilisateurs ou des groupes d'utilisateurs ;
- Ils supportent des processus interdépendants ou séquentiels ;
- Ils sont adaptatifs dans le temps ;
- Le décideur peut être réactif, être capable d'adapter le SIAD pour faire face à de nouvelles conditions. Il est suffisamment flexible pour que le décideur puisse ajouter, combiner, changer et réarranger les variables du processus de décision, ainsi que les différents calculs fournissant ainsi une réponse rapide à des situations inattendues ;
- Le décideur a le contrôle de toutes les étapes du processus de décision et peut à tout moment remettre en cause les recommandations faites par le SIAD. *Ce dernier doit aider le décideur et non se substituer à lui ;*
- Ils utilisent des modèles. La modélisation permet d'expérimenter différentes stratégies sous différentes conditions ;
- Les SIAD les plus avancés utilisent un système à base de connaissances qui apporte notamment une aide efficace et effective dans des problèmes nécessitant une expertise.

Comme les SIAD sont des systèmes de résolution de problèmes peu ou mal structurés, ils permettent la recherche heuristique [Lévine *et al.*, 89]. Pour satisfaire les critères cités ci-dessus, un SIAD se compose d'une interface homme/machine, d'une base d'informations, d'une base de connaissances et d'une base de modèles [Holtzman, 89] ; [Sage, 91] ; [Turban, 93] .





**Figure A.1 : Composition d'un SIAD**

L'interface homme/machine (IHM) permet la communication entre l'utilisateur et le système et offre l'accès à la base d'informations, à la base de connaissances et à la base de modèles. La base d'informations se compose d'une ou plusieurs bases de données et parfois de systèmes à base de connaissances qui peuvent être une source d'informations spécifiques à certains domaines. La base de connaissances peut être un système indépendant apportant une aide pour des problèmes précis nécessitant une expertise sur un domaine étroit. Elle peut aussi apporter une aide aux autres composants du système, c'est-à-dire pour la recherche d'informations dans les bases de données, pour l'interface homme/machine ou pour l'élaboration et l'enchaînement des différentes phases du processus de décision en utilisant la base de modèles.

La base d'informations est constituée principalement d'une ou plusieurs bases de données et parfois de base de connaissances contenant des informations multimodales. Ces systèmes permettent à l'utilisateur d'accéder à des données et aux connaissances. Les bases de données fournissent des mécanismes d'interrogation, notamment par des requêtes, de mise à jour et effacement des données, génération de rapports ...

Dans un SIAD, une base de données doit fournir les services suivants :

- Mettre en corrélation des données de différentes sources ;
- Recherche rapide de données pour des requêtes et des rapports ;
- Réaliser des tâches de recherche complexe et des manipulations de données basées sur des requêtes.

La base de modèles se compose d'un ensemble de modèles et d'un système de gestion de ceux-ci. Les différents modèles peuvent être les suivants : outils de programmation mathématiques - recherche opérationnelle -, des modèles de prédiction, des modèles de simulation, des procédures de recherche heuristique, des diagrammes d'influence, des modèles financiers, des modèles statistiques, des modèles de planification, des modèles qualitatifs, des tableurs ... [Holtzman, 89 ; Turban, 93].

Le système de gestion de la base de modèles joue un rôle similaire à celui d'un système de gestion de base de données mais pour des modèles. Il devra donc assurer des fonctions supplémentaires. Les principales fonctions du système de gestion de modèles sont les suivantes :

- Création rapide et facile de modèles à partir de ceux existant ou à partir de rien ou encore à partir d'éléments de modèles ;
- Interconnexion des modèles par des relations appropriées afin de supporter notamment la construction de nouveaux modèles à partir de ceux existant ;
- Manipulation de modèles afin de mener des expériences et des analyses d'alternatives, choisir les valeurs des différentes variables de décision ou fournir les données qui permettront de les calculer pour le modèle choisi ;
- Catalogue des différents modèles avec un accès à ceux-ci et à leur mode d'emploi éventuellement ;
- Gestion de la base de modèles : stockage des accès, exécution des modèles, mise à jour, liens et recherche de modèles - par requêtes par exemple.

## 2. *Système à base de connaissances*

Le terme de *système expert* [Farreny, 85] disparaît au profit du concept plus général de *système à bases de connaissances* (SBC) que l'on retrouve dans divers champs d'activités de l'intelligence artificielle (IA). Les SBC se sont développés ces dernières années dans plusieurs domaines d'application qui relèvent d'activités humaines variées (planification, diagnostic, ...). De tels systèmes sont conçus pour atteindre les performances d'experts humains dans des domaines limités en exploitant un ensemble de connaissances acquises pour l'essentiel auprès de ces experts.

Ce concept est fondé sur une séparation entre les connaissances nécessaires pour résoudre un problème et les mécanismes de raisonnement exploitant ces connaissances (appelés selon les cas structures de contrôle, interpréteurs, moteurs d'inférence). Cette définition montre la dualité connaissances/raisonnement qui vient compléter la structure algorithmique traditionnelle de l'informatique procédurale.



**Figure A.2 : Schéma simplifié du SBC**

Le raisonnement sur des connaissances dans un SBC implique leur formalisation selon un certain mode de représentation, qui peut être défini comme un ensemble de méthodes de codage symbolique.

Une base de connaissances, codée avec un ou plusieurs modes de représentation, diffère nettement d'une base de données, en particulier par le fait que le mécanisme de raisonnement associé permet de produire *dynamiquement* de nouvelles connaissances qui n'existent pas dans la base initiale.

## Annexe 2

### *Explications dans les systèmes experts*

---

L'*explication* est la capacité d'un système à expliquer ses décisions d'une façon compréhensible. L'explication des systèmes de décision est un problème qui est identifié depuis la création du système expert de diagnostic médical MYCIN [Buchanan *et al.*, 84]. Les systèmes experts de première génération utilisent presque exclusivement des règles de production comme méthode de résolution. Les explications données sont fondées directement sur les règles et les inférences effectuées. Les *phrases à trou* sont le moyen le plus utilisé pour fournir des explications en langue naturelle d'un niveau simple. C'est la trace des inférences qui est le plus souvent utilisée pour expliquer les conclusions du système de règles. L'utilisateur peut poser au système des questions du type *comment* et *pourquoi*.

La question « comment » est posée quand l'utilisateur veut savoir quelles sont les règles qui ont permis de déduire la valeur d'un nœud (un *concept intermédiaire*) de l'arbre d'inférence. La question « pourquoi » est posée par l'utilisateur pour connaître les raisons pour lesquelles une règle a été activée. Le système peut indiquer les hypothèses qu'il a cherché à vérifier à l'aide de la règle.

Un système expert est censé représenter les connaissances d'un expert sur un domaine limité. Il est destiné à aider des personnes possédant moins d'informations que lui. Afin que ces personnes puissent faire confiance au système, il faut que celui-ci puisse fournir des explications sur ses recommandations. C'est également pour cette raison que le module des explications est actuellement intégré dans le domaine de l'intelligence artificielle [Barboux *et al.*, 90] [Moore *et al.*, 91][Swartout *et al.*, 93] [Dubois *et al.*, 94].

Les premières descriptions de la fonction explicative dans les systèmes à base de connaissances (SBC) sont définies ainsi [Giboin, 95; 96] : une première définition de la notion d'explication dans les SBC est "est une réponse à une question *pourquoi* ?". Par exemple, pourquoi une solution x est-elle réputée être la meilleure?

Lorsque l'on construit un système expert (un programme informatique qui fournit à son utilisateur des conseils relatifs à l'expertise qu'il reproduit ou assiste), il faut savoir qu'un utilisateur ne se contentera pas des seuls conseils qu'on lui fournira. Il voudra

savoir aussi pourquoi ces recommandations ont été émises ou comment elles ont été émises. En d'autres termes, il souhaitera qu'on lui fournisse des explications et des justifications sur ces conseils. Le concepteur de SE et de SIAD ne doit donc pas oublier d'inclure dans son système des fonctionnalités explicatives. Cette fonctionnalité est en fait la "clé de l'acceptation" des systèmes par l'utilisateur.

L'explication est définie également en IA symbolique [Giboin *et al.*, 92a ; 92b]: le terme explication désigne une structure explicite qui peut être utilisée de manière interne pour le raisonnement et l'apprentissage, et de manière externe pour expliquer à un utilisateur les résultats de ce raisonnement et/ou de cet apprentissage. Dans les systèmes à base de règles par exemple, l'explication comprend les étapes intermédiaires du processus du raisonnement, c'est à dire une trace des règles activées, une structure de preuve, etc. Cette structure peut être utilisée pour répondre à des questions "comment". Par exemple, comment une solution x a-t-elle été produite?

Ces définitions précisent un certain nombre de points, l'explication utilisateur ou explication externe par rapport à l'explication système ou explication interne ; elles explicitent entre autre, le destinataire de l'explication (utilisateur) ; elles indiquent aussi sur quoi peut porter l'explication (les étapes intermédiaires qui ont conduit à une conclusion), la forme que peut prendre une explication (une trace) ; elles donnent les types de questions auxquelles peut répondre le système ( comment, pourquoi...).

Les définitions ultérieures vont accroître les dimensions et éléments de constitution d'une explication. C'est ainsi qu'apparaîtront, entre autres, des dimensions telles que: la finalité de l'explication, son orientation, son déroulement, ses modalités d'expression, son contexte, etc. D'autres dimensions ont marqué fortement l'évolution des travaux sur l'explication : la qualité de l'explication, où le but est de créer des systèmes permettant de construire de "bonnes explications" [Nicaud, 91]. La question des critères d'une bonne explication n'est pas cependant encore résolue (acceptabilité, pertinence, utilité, etc.).

En fait une bonne explication est liée à son contexte particulier. Une autre dimension de l'explication est son interactivité, on en est ainsi venu à considérer l'explication non plus comme une réponse produite par le système, mais un objet dynamique engendré dans une interaction ou un dialogue collaboratif [Gilbert, 88].

La fonction explicative dans un système de façon générale répond à une vaste gamme de besoins des utilisateurs. Cette fonction aide par exemple à mieux spécifier le problème de l'utilisateur dans un système de recherche d'informations. Elle vise à faire accepter à l'utilisateur le système et son raisonnement, par exemple, dans un système d'aide, les décisions proposées ne sont recevables par l'utilisateur que si elles s'accompagnent de justifications étayées par des explications convaincantes (l'aide au diagnostic médical par exemple) [Bouri *et al.*, 90].

La fonction explicative peut aider l'utilisateur à mieux appréhender un raisonnement, par exemple s'il s'agit d'aider un opérateur à conduire un dispositif, l'analyse du contexte c'est-à-dire la synthèse des informations disponibles sur l'état du dispositif lui permet de mieux comprendre le fonctionnement de ce dispositif [Montmain *et al.*, 94 ; 00].

Dans le domaine des systèmes experts, la tendance à développer des modules d'explication de plus en plus complexes et indépendants est observée. Pour cette raison, nombre de travaux se concentrent sur la construction de tels systèmes, notamment pour les aspects linguistiques et rhétoriques [Mann *et al.*, 88]. Les connaissances des utilisateurs sont également de mieux en mieux prises en compte pour leur fournir des explications adaptées. Pour cela, il est nécessaire d'utiliser des modèles d'utilisateur

[Kass, 91] qui permettent de connaître le niveau de connaissances de chaque utilisateur et de suivre son évolution.

Les efforts du groupe de travail français AIDE [Kassel, 95] sont un bon exemple des tendances dans le domaine de l'explication par système expert. Le système AIDE permet une structure modulaire avec plusieurs modules de raisonnement, des modules pour l'interface en langage naturel, les modèles d'utilisateur, etc. [Greboval, 94].

Les systèmes experts de deuxième génération essaient de prendre en compte a priori les besoins des explications. Ils contiennent pour cette raison beaucoup d'informations supplémentaires par rapport au domaine d'application et au raisonnement utilisé. Il y a également d'autres méthodes d'inférence que les règles, qui permettent souvent de fournir des explications plus facilement, les réseaux sémantiques en sont un exemple.

Dans les systèmes experts de deuxième génération, il est possible et souhaitable de faire une séparation entre le *module de raisonnement* et le *module d'explication*. Le module de raisonnement se charge de déterminer le résultat du système expert et le module d'explication d'expliquer ce résultat. Le meilleur degré d'intégration de ces deux modules est une des questions importantes du domaine. Il existe un grand nombre de systèmes représentant divers degrés d'intégration. Swartout et Moore utilisent quatre systèmes experts comme exemples pour illustrer l'évolution : *NEOMYCIN*, *Generic Tasks*, *EES* et *REX* [Swartout *et al.*, 93].

D'autres travaux liés aux explications peuvent être trouvés en science cognitive, psychologie, et philosophie. Johnson et ses collaborateurs ont commencé la recherche dans les composantes d'une théorie unifiée d'explication dans des interfaces homme-machine [Jonson *et al.*, 93]. Pour soutenir leurs théories, ils ont effectué des expériences empiriques pour aider à déterminer les composantes logiques d'une explication. D'un autre côté, certains philosophes ont étudié les règles et la logique des discours humains, comme dans le livre "*The Uses of Argument*" [Toulmin, 58]. L'argumentation est une composante majeure du raisonnement de sens commun. Le but est souvent de justifier une opinion sur un point particulier en donnant des raisons renforçant ce point de vue. Ces raisons sont basées sur la notion *d'argument*. L'argumentation est un modèle pour raisonner avec des informations incomplètes, incertaines ou incohérentes, basé sur la construction et la comparaison des arguments afin de déterminer les plus acceptables d'entre eux [Amgoud, 99].



## Annexe 3

### *Mesures k-additives et preuve de la propriété (33)*

---

Dans cette annexe, nous donnons la preuve de la relation (33) du chapitre 2, qui consiste à exprimer les indices locaux d'importance en fonction des indices de Shapley et d'interaction. Pour arriver à ce résultat, nous avons besoin de certains rappels.

#### *1. Mesures k-additives*

Dans la pratique, dès que le nombre de critères  $n$  est grand, la détermination des mesures floues constitue un inconvénient majeur. Il est intéressant d'un point de vue pratique de disposer de modèles type mesures floues qui soient suffisamment flexibles pour étudier un phénomène non représentable par une mesure additive, mais encore faut-il que la détermination de leurs nombreux paramètres n'empêche pas leur mise en œuvre. A cet effet, [Grabisch, 97b] propose sous le nom de mesure additive d'ordre  $k$  ou mesure  $k$ -additive une solution intéressante.

**Définition** [Chateauneuf et al., 89] Soit  $\mu$  une mesure floue sur  $C$ , la transformée de Möbius (TM) de  $\mu$  est la fonction d'ensemble  $m$  sur  $C$  définie par:

$$m(A) = \sum_{B \subset A} (-1)^{|A-B|} \mu(B), \quad \forall A \subset C.$$

Cette transformée est inversible et  $\mu$  peut être obtenue de  $m$  :  $\mu(A) = \sum_{B \subset A} m(B)$ ,  $\forall A \subset C$ .

**Définition** La mesure floue  $\mu$  est dite  $k$ -additive si sa transformée de Möbius  $m(I) = 0$  pour tout  $I$  tel que  $|I| > k$ , et il existe au moins un sous-ensemble  $I$  de  $C$  ayant exactement  $k$  éléments tel que  $m(I) \neq 0$ .

Ainsi, une mesure  $k$ -additive n'est à définir que sur les sous-ensembles de  $C$  de cardinal inférieur ou égal à  $k$  et par conséquent, il suffit de connaître  $\sum_{i=1}^k \binom{i}{n}$  coefficients pour

définir la mesure floue de façon univoque. Il nous est possible de choisir a priori la complexité de notre modèle en fonction de la précision voulue.

**Proposition** [Grabisch, 97b] *Soit  $\mu$  une mesure  $k$ -additive sur  $C$  alors :*

- $I(T)=0$  pour tout  $T \subset C$  tel que  $|T| > k$  ;  $I(T)$  désigne l'indice d'interaction des éléments de  $T$ .
- $I(T)=m(T)$ , pour tout  $T \subset C$  tel que  $|T| = k$ .

Il est facile de voir le lien entre la complexité et l'interaction. Pour une mesure  $k$ -additive, l'interaction entre  $(k+1)$  éléments est nulle, ceci réduit sensiblement le nombre de valeurs de la mesure floue à identifier.

On s'intéresse au cas particulier des mesures 2-additives qui semblent être souvent satisfaisantes dans les applications pratiques.

Soit  $\mu$  une mesure 2-additive, d'après la proposition précédente,

$$m(T) = 0, \forall T, |T| > 2$$

Ainsi, pour connaître les coefficients de la mesure  $\mu$ , il suffit d'identifier les mesures des singletons et des paires de critères, ils sont au nombre total de  $n(n+1)/2$ .

Les mesures des singletons et de paires de critères sont donnés par:

$$\mu_i = \mu(i) = m(i) = m_i;$$

$$\mu_{ij} = m_i + m_j + m_{ij}, \{i, j\} \subseteq C.$$

Les autres coefficients sont donnés par:

$$\mu(T) = \sum_{i \in T} m_i + \sum_{i, j \in T} m_{ij}$$

Ainsi, on obtient la représentation de l'intégrale de Choquet 2-additive en terme de la transformée de Möbius :

$$C_{\mu}(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n m_i x_i + \sum_{\{i, j\} \subseteq T} m_{ij} \cdot \min(x_i, x_j)$$

avec les conditions :

$$\left\{ \begin{array}{l} m(\emptyset) = 0; m_i \geq 0, \forall i \\ \sum_{i \in C} m_i + \sum_{\{i, j\} \subseteq C} m_{ij} = 1 \\ m_i + \sum_{j \in T} m_{ij} \geq 0; \forall i \in C, \forall T \subseteq C \end{array} \right.$$



## 2. Preuve propriété (33), chapitre 2

Rappelons la propriété (33) du chapitre 2:

$$\Delta\mu_{\sigma(i)} = v_{\sigma(i)} + \frac{1}{2} \sum_{j>i} I_{\sigma(i)\sigma(j)} - \frac{1}{2} \sum_{j<i} I_{\sigma(j)\sigma(i)}$$

avec  $v_i$  et  $I_{ij}$  les indices de Shapley et d'interaction (formules 6 et 7 du chapitre 2).

En utilisant d'un coté, les relations données précédemment, liant les mesures floues et les transformées de Möbius, et les définitions des indices de Shapley et d'interaction, on obtient :

**Lemme.** ([Grabisch, 97b]) Soit  $\mu$  une mesure floue 2-additive, alors  $m(A)=0$ , pour  $|A|>2$ ,  $\forall A \subset C$  ( $m$  étant la transformée de Möbius de  $\mu$ ) et on a les résultats:

$$\mu_i = m_i = m(\{c_i\}), \quad \forall c_i \in C, \quad I_{ij} = m_{ij} = m(\{c_i, c_j\})$$

$$v_i = m_i + \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} m_{ij}$$

avec  $v_i$  et  $I_{ij}$  les indices de Shapley et d'interaction.

Rappelons la formule 29 du chapitre 2 :

$$\Delta\mu_{\sigma(i)} = \mu(A_{\sigma(i)}) - \mu(A_{\sigma(i+1)})$$

avec  $A_{\sigma(i)} = \{\sigma(i), \sigma(i+1), \dots, \sigma(n)\}$  et  $A_{\sigma(i+1)} = \{\sigma(i+1), \sigma(i+2), \dots, \sigma(n)\}$  et  $A_{\sigma(n+1)} = \emptyset$ .

$$\Delta\mu_{\sigma(i)} = \sum_{B \subset A_{\sigma(i)}} m(B) - \sum_{B \subset A_{\sigma(i+1)}} m(B)$$

et comme  $m(B)=0$ ,  $\forall |B|>2$ , alors

$$\mu(A_{\sigma(i)}) = \sum_{j=i}^n m_{\sigma(j)} + \sum_{j=i}^n \sum_{k>j} m_{\sigma(j)\sigma(k)}$$

$$\mu(A_{\sigma(i+1)}) = \sum_{j=i+1}^n m_{\sigma(j)} + \sum_{j=i+1}^n \sum_{k>j} m_{\sigma(j)\sigma(k)}$$

il en résulte que :  $\Delta\mu_{\sigma(i)} = m_{\sigma(i)} + \sum_{j>i} m_{\sigma(i)\sigma(j)}$

par le lemme :  $m_{\sigma(i)} = v_{\sigma(i)} - \frac{1}{2} (\sum_{j \neq i} m_{\sigma(i), \sigma(j)})$  et  $I_{\sigma(i)\sigma(j)} = m_{\sigma(i)\sigma(j)}$ .

Enfin :

$$\begin{aligned} \Delta\mu_{\sigma(i)} &= v_{\sigma(i)} - \frac{1}{2} (\sum_{j<i} I_{\sigma(i), \sigma(j)}) - \frac{1}{2} (\sum_{j>i} I_{\sigma(i), \sigma(j)}) + \sum_{j>i} I_{\sigma(i), \sigma(j)} \\ &= v_{\sigma(i)} + \frac{1}{2} (\sum_{j>i} I_{\sigma(i), \sigma(j)}) - \frac{1}{2} (\sum_{j<i} I_{\sigma(i), \sigma(j)}) \end{aligned}$$



---

## Bibliographie

---

- [Akharraz *et al.*, 02a] Akharraz A., Mauris G., Montmain J., A project decision support system based on an elucidative fusion system. *Fifth International Conference on Information Fusion, Fusion'02*, pp. 593-599, Annapolis, MA, USA, 2002.
- [Akharraz *et al.*, 02b] Akharraz A., Montmain J., Mauris G., Fonctionnalités explicatives d'un système de fusion de connaissances collectives par l'intégrale de Choquet 2-additive. *Rencontre Francophone sur la Logique Floue et ses Applications (LFA'02)*, pp. 75-82, Montpellier, France, 2002.
- [Akharraz *et al.*, 03a] Akharraz A., Montmain J., Troussel F., Mauris G., Acceptabilité d'un processus décisionnel dynamique: argumentation et contrôle d'une décision basée sur une agrégation par l'intégrale de Choquet. *Rencontres francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA'03)*, pp. 227-234, Tours, France, 2003.
- [Akharraz *et al.*, 03b] Akharraz A., Montmain J., Mauris G., Acceptabilité d'une décision collective : argumentation et gestion du risque. *Actes des journées de la Recherche Opérationnelle et de l'Aide à la Décision (ROADEF'03)*, Avignon, France, 2003.
- [Akharraz *et al.*, 04] Akharraz A., Montmain J., Mauris G., Elucidation and risk expressions of a movie recommendation based on a multi-criteria aggregation with Choquet integral. *10th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems, (IPMU'04)*, Perugia, Italy, 2004.
- [Amgoud, 99] Amgoud L., Contribution à l'intégration des préférences dans le raisonnement argumentatif. *Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier*, Toulouse, France, 1999.
- [Andreewski, 98] Andreewski E., Langage et construction de la cognition collective. *Grand Atelier MCX au Futuroscope*, Poitiers, France, 1998.
- [Argyris *et al.*, 78] Argyris C., Schön D., Organizational learning : a theory of action perspective. *Addison Wesley*, 1978.
- [Balaban. *et al.*, 97] Balabanovic M., Shoham Y., Content-Based, Collaborative Recommendation. *Communications of the ACM*, **40**(3), 1997.
- [Bana *et al.*, 94] Bana e Costa C.A., Vansnick J.C., Macbeth - an interactive path towards the construction of cardinal value fonctions. *International transactions in operational Research*, **1**, pp. 489-500, 1994.
- [Barboux *et al.*, 90] Barboux C., Bouri M., Dieng R., Kassel G., Safar B., La production et l'emploi d'explications dans les systèmes à base de connaissances. *Actes des 3<sup>ième</sup> journées du PRC-GDR-IA, Hermès*, pp. 327-340, 1990.
- [Basu *et al.*, 98] Basu C., Hirsh H., Cohen W., Recommendation as Classification: Using Social and Content-Based Information in Recommendation. *Proceedings of the Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence*, Madison, Wisconsin, 1998.

- [Bouri *et al.*, 90] Bouri M., Dieng R., Kassel G., Safar B., Vers des systèmes experts plus explicatifs. *Actes des 3<sup>ième</sup> journées du PRC-GDR-IA*, Hermès, pp. 341-355, 1990.
- [Breese *et al.*, 98] Breese J.S., Heckerman D., Kadie C., Empirical analysis of predictive algorithms for collaborative filtering. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, pp. 43-52, 1998.
- [Buchanan *et al.*, 84] Buchanan B., Shortliffe E., Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. *Addison-Wesley*, Reading, MA, 1984.
- [Caverni *et al.*, 91] Caverni J-P., Bastien C., Mendelsohn P., Tiberghien G., Psychologie Cognitives, modèles et méthodes. *Presses Universitaires de Grenoble, Sciences et Technologies de la connaissance*, 1991.
- [Chateauneuf *et al.*, 89] Chateauneuf A., Jaffray J.Y., Some characterizations of lower probabilities and other monotone capacities through the use of Möbius inversion. *Math. Social Sciences*, **17**, pp. 263-283, 1989.
- [Choquet, 53] Choquet G., Theory of capacities. *Annales de l'Institut Fourier*, **5**, pp.131-295, 1953.
- [Cohen *et al.*, 72] Cohen M.D., March J.G., Olsen J.P., A garbage Can Model of Organizational choice. *Administrative Science Quarterly*, **17**(1), pp. 1-25, 1972.
- [Cyert *et al.*, 70] Cyert R., March J.G., Processus de décision dans l'entreprise. *Dunod*, 1970.
- [Damart, 03] Damart S., Une étude de contribution des outils à la décision aux démarches de concertation : le cas des décisions publiques de transport. *Thèse de doctorat, Université Paris-Dauphine*, 2003.
- [Dasarathy, 00] Dasarathy B.V., Elucidative fusion systems – an exposition. *Information Fusion*, **1**, pp. 5-15, 2000.
- [Denneberg, 94] Denneberg A.P., Non-additive measure and integral, *Kluwer Academic*, Dordrecht, 1994.
- [Doise, 92] Doise W., Dissensions et consensus. *Ed. PUF*, 1992.
- [Doise, 98] Doise W., Comment se crée le consensus. in "*La communication - Etat des savoirs*", *Ed. Sciences Humaines*, 1998.
- [Dubois *et al.*, 94] Dubois D., Gentil S., Intelligence Artificielle pour l'Automatique. *Revue d'Intelligence Artificielle*, **8**(1), pp. 1-27, 1994.
- [Edwards, 92] Edwards J.S., Experts Systems in Management and Administration. Are they really different from decision support systems?. *European Journal of Operational Research*, **61**, pp. 114-21, 1992.
- [Ermine, 96] Ermine J-L., Les systèmes de connaissances. *Editions Hermès*, Paris, 1996.
- [Farreny, 85] Farreny H., Les systèmes experts : principes et exemples. *Cépaduès*, 1985.
- [Giboin *et al.*, 92a] Giboin A., Amergé C., Task/Activity Models as Frameworks for Identifying User's Explanatory Needs. *Proc. of ECAI-92 Workshop on Improving the Use of Knowledge-Based Systems with Explanations*, pp. 3-12, Vienne, Autriche, 1992.
- [Giboin *et al.*, 92b] Giboin A., Amergé C., L'évaluation des explications : approche multi-évaluateurs. *Actes de 2èmes Journées Explications du PRC-GDR-IA du CNRS*, pp. 209-220, Sophia-Antipolis, 1992.
- [Giboin, 95] Giboin A., Groupe Explication, Les explications destinées aux utilisateurs de systèmes à base de connaissances. *Bulletin de l'AFIA*, **20**, pp. 21-47, 1995.
- [Giboin, 96] Giboin A., L'explication homme machine : explication ou correspondance?. *Actes des 3èmes Journées Explications*, pp. 77-90, Sophia-Antipolis, 1996.
- [Gilbert, 88] Gilbert I.P., Forms of explanations. *Proceeding of AAAI'88 Workshop on Explanation*, pp. 72-75, Saint-Paul, USA, 1988.

- [Grabisch *et al.*, 95] Grabisch M., Nguyen H.T., Walker E.A., Fundamentals of Uncertainty Calculi, with Applications to Fuzzy Inference. *Kluwer Academic*, 1995.
- [Grabisch *et al.*, 96] Grabisch M., Roubens M., The application of fuzzy integrals in multicriteria decision making. , **89**, pp. 445-456, 1996.
- [Grabisch, 97a] Grabisch M., k-Ordered Discrete Fuzzy Measures and Their Representation. *Fuzzy sets and systems*, **92**, pp.167-189, 1997.
- [Grabisch, 97b] Grabisch M., Alternatives Representation of discrete fuzzy measures for decision Making. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge- Based Systems*, 1997.
- [Grabisch *et al.*, 98] Grabisch M., Orłowski S.A., Yager R.R., Fuzzy aggregation of numerical preferences. In R. Slowinski, Ed., *Fuzzy Sets in Decision Analysis, Operations Research and Statistics*. *Kluwer Academic*, 1998.
- [Grabisch *et al.*, 00] Grabisch M., Roubens M., Murofushi T., Sugeno M., Fuzzy Measures and Integrals : Theory and Applications. *Physica-Verlag*, 2000.
- [Grabisch *et al.*, 01] Grabisch M., Labreuche C., How to improve acts: an alternative representation of the importance of criteria in MCDM. *Int. J. of Uncertainty, Fuzziness, and Knowledge-Based Systems*, **9**(2), pp.145-157, 2001.
- [Greboval, 94] Greboval M-H., La production d'explications, vue comme une tâche de conception: contribution au projet AIDE. *Thèse de Docteur: Université Technique de Compiègne*, France, 1994.
- [Herlocker *et al.*, 99] Herlocker J.L., Konstan J.A., Borchers A., Riedl J., An algorithmic framework for performing collaborative filtering. *Proceedings of the Conf. on Research and Development in Information Retrieval*, 1999.
- [Herlocker *et al.*, 00] Herlocker J.L., Konstan J.A., Riedl J., Explaining collaborative filtering recommendations. *Proc. of the ACM 2000 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, Philadelphia, USA, 2000.
- [Hill *et al.*, 95] Hill W., Stead L., Rosenstein M., Furnas G.W., Recommending and Evaluating Choices in a Virtual Community of Use. *Proceedings of ACM CHI'95 Conference on human factors in computing systems*. pp. 194-201, Denver, CO., 1995.
- [Holtzman, 89] Holtzman S., Intelligent Decision Systems. *Addison Wesley*, 1989.
- [Horvitz *et al.*, 88] Horvitz E.J., Breese J.S., Henrion M., Decision Theory in Expert Systems and Artificial Intelligence. *International Journal of Approximate Reasoning*, **2**(3), pp. 247-302, 1988.
- [Jaillet *et al.*, 04] Jaillet S., Teisseire M., Dray G., Plantié M., Comparing concept-based and statistical representations for textual categorization. *10th International Conference on Information processing and Management of uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU'04)*, Perugia, Italy, 2004.
- [Jarrosson, 94] Jarrosson B., Décider ou ne pas décider ?. *Maxima, Laurent du Mesnil Editeur*, 1994.
- [Johnson *et al.*, 93] Johnson H., Johnson P., Explanation facilities and interactive systems. *Proceedings of Intelligent User Interfaces'93*, pp.159-166, 1993.
- [Kass, 91] Kass R., Building a User Model. *User Model and User Adapted Interaction*, **1**(3), pp. 203-258, 1991.
- [Kassel, 95] Kassel G., Contribution à la représentation des connaissances pour les systèmes experts de 2nde génération: Le projet AIDE. *Mémoire d'Habilitation: U.R.A. C.N.R.S. 817, Heudiasyc*, 1995.
- [Keeney *et al.*, 76] Keeney R., Raiffa, H., Decisions with Multiple Objectives : Preference and Value of Trade-offs. *Wiley*, New York, 1976.
- [Koenig, 90] Koenig G., Management stratégique : vision, manœuvres, tactiques. *Ed. Nathan*, 1990.
- [Konstan *et al.*, 97] Konstan J., Miller B, Maltz D., Herlocker J., Gordon L., Riedl J., GroupLens: Applying Collaborative Filtering to Usenet News. *Communications of the ACM* , **40**(3), pp. 77-87, 1997.

- [Lagreze, 81] Jacquet-Lagreze E., Systèmes de décision et acteurs multiples: contribution à une théorie de l'action pour les sciences des organisations. *Thèse d'état, Université de Paris Dauphine*, 1981.
- [Landry et al., 96] Landry M., Banville C., Oral M., Model legitimisation in operational research. *European Journal of Operational Research*, **92**, pp. 443-457, 1996.
- [Lang, 95] Lang K., NewsWeeder: Learning to filter netnews. *Machine Learning: Proceedings of the Twelfth International Conference*, Lake Tahoe, California, 1995.
- [Le Moigne, 74] Le Moigne J-L., Les systèmes de décision dans les organisations. *Presses universitaires de France*, 1974.
- [Le Moigne, 98] Le Moigne J-L., Connaissance actionnable et action intelligente. *Grand Atelier MCX au Futuroscope*, Poitiers, France, 1998.
- [Lévine et al., 89] Lévine P., Pomerol J.C., Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts. *Hermès*, 1989.
- [Liu, 93] Liu M., Etudes de situations socio-techniques complexes. *Actes du congrès AFCE, en Systémique et cognition*, pp. 309-316, Versailles, France, 1993.
- [Mann et al., 88] Mann W. C., Thompson S. A., Rhetorical Structure Theory: Towards a functional theory of text organization. *TEXT*, **8** (3), pp. 243-281, 1988.
- [March, 88] March J., Decisions and Organization. *Blackwell, New-York*, 1988.
- [March, 91] March J., Décisions et organisations. *Editions d'Organisation*, 1991.
- [Marichal, 98] Marichal J-L., Aggregation operators for multicriteria decision aid. *PhD thesis, Institute of Mathematics, Univ. Of Liège, Belgium*, 1998.
- [Marichal et al., 00] Marichal J-L., Roubens M., Determination of weights of interacting criteria from a reference set. *European Journal of Operational Research*, **124**(3), pp.641-650, 2000.
- [Mavrov. et al., 88] Mavrovouniotis M., Stephanopoulos G., Formal order-of-magnitude reasoning in process engineering. *Computer and Chemical Engineering*, **2**(9/10), pp. 867-880, 1988.
- [Maystre et al., 94] Maystre L., Pictet J., Simos J., Méthodes multicritères ELECTRE: Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale. *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*, Lausanne, 1994.
- [Montero, 88] Montero F.J., Aggregation of fuzzy opinions in a nonhomogeneous group. *Fuzzy Sets and Systems*, **25**, pp. 15-20, 1988.
- [Montmain et al., 94] Montmain J., Leyval L., Gentil S., Qualitative analysis for decision making in supervision of industrial continuous processes. *Mathematics and Computers in Simulation*, **36**, pp.149-163, 1994.
- [Montmain et al., 00] Montmain J., Gentil S., Dynamical causal model diagnostic reasoning for online technical process supervision. *Automatica*, **36**, pp. 1137-1152, 2000.
- [Montmain et al., 02a] Montmain J., Akharraz A., Mauris G., Knowledge management as a support for collective decision-making and argumentation processes. *9th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU'02)*, I, pp. 91-98, Annecy, France, 2002.
- [Montmain et al., 02b] Montmain J., Akharraz A., Mauris G., Decision acceptability in project management: argumentation and risk control. *In IAR-ICD Workshop on Intelligent Control and Diagnosis*, Grenoble, France, 2002.
- [Montmain et al., 04] Montmain J., Plantié M., Akharraz A., Gestion des Connaissances et Analyse Multicritère pour un Système Interactif d'Aide à la Décision en Organisation. A paraître dans *Revue des Nouvelles Technologie de l'information*, éditions Cépaduès, 2004.

- [Moore et al., 91] Moore J., Paris C.L., The EES explanation facility: its tasks and its architecture. *Proceeding of AAAI Workshop on Comparative Analysis of Explanation Planing Architectures*, pp. 65-79, Anaheim, USA, 1991.
- [Mukherjee et al., 01] Mukherjee R., Dutta P.S., Sen S., Movies2go – a new approach to online movie recommendations. *Working notes of the IJCAI 2001 workshop on "Intelligent Techniques for Web Personalisation"*, pp. 10-19, 2001.
- [Murofushi et al., 91] Murofushi T., Soneda S., A theory of fuzzy measures: representations, the Choquet integral, and null sets. *J. Math. Anal. Appl.*, **159**, pp.532-549, 1991.
- [Murofushi et al., 93] Murofushi T., Soneda S., Techniques for reading fuzzy measures(III) : Interaction index. In *9<sup>th</sup> Fuzzy sysem Symposium*, pp.693-696, Sapparo, Japan, 1993.
- [Neumann et al., 44] Von Neumann J., Morgensten O., Theory of games and economic behavior. *Princeton Univ. Press*, Princeton N.J., 1944.
- [Newell et al., 57] Newell A., Shaw J.C., Simon, H.A., Problem solving in humans and computers. *Carnegie Technical*, **21**(4), pp. 35-38, 1957.
- [Newell et al., 72] Newell A., Simon H.A., Human problem Solving. *Englewood Cliffs, Prentice-Hall*, NJ, 1972.
- [Nicaud, 91] Nicaud, J. F., Explication en intelligence artificielle, le point sur les travaux français. *Colloque "l'explication dans l'enseignement et l'E.I.A.O."*, M.G. séré & A. Weil-Barais (Eds.), Editions "Paris Onze Edition", pp. 43-48, 1991.
- [Pazzani et al., 96] Pazzani M., Muramatsu J., Billsus D., Identifying interesting web sites. *Proceedings of the Thirteenth National Conference on Artificial Intelligence*, Portland, Oregon, 1996.
- [Peil et al., 01] Peil O., Aubertin G., Ermine J-L, Matta N., La cartographie des connaissances critiques, un outil de gestion stratégique des connaissances. *CITE'2001*, pp. 287-308, Troyes, France, 2001.
- [Penalva, 97] Penalva J-M., La modélisation par les systèmes en situations complexes. *Thèse de l'Université de Paris-Sud*, 1997.
- [Penalva, 00] Penalva J-M., Connaissances actionnables et intelligence collective. *Ingénierie système et NTIC (Nimestic'2000)*, Nîmes, France, 2000.
- [Penalva et al., 02a] Penalva J-M., Montmain J., Travail collectif et intelligence collective : les référentiels de connaissances. *9th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU'02)*, Annecy, France, 2002.
- [Penalva et al., 02b] Penalva J-M., Montmain J., Les référentiels de connaissances : travail collaboratif et intelligence collective. *La Lettre d'Adeli, la maîtrise des systèmes complexes*, **48**, pp. 40-46, 2002.
- [Perny et al., 01] Perny P., Zucker, J-D., Preference based search and machine learning for collaborative filtering : the "film-conseil" movie recommender system. *Information, Interaction, Intelligence*, **1**(1), pp. 9-48, 2001.
- [Plantié et al., 02] Plantié M., Montmain J., Penalva J-M., Gestion dynamique des connaissances et aide a la décision. *1<sup>er</sup> Colloque du groupe de travail Gestion des Compétences et des Connaissances en Génie Industriel "Vers l'articulation entre Compétences et Connaissances"*, Nantes, France, 2002.
- [Pomerol, 01] Pomerol J.Ch., Scenario Development and Practical Decision Making under uncertainly. *Decision Support System*, **31**, pp. 197-204, 2001.
- [Pomerol, 02] Pomerol J.Ch., L'apport de Herbert Simon dans le management et la décision. *Revue de l'intelligence artificielle (Revue des Sciences et Technologies de l'Information)*, **16** (1-2), 2002.
- [Rojot, 03] Rojot J., Théorie des organisations, *Eska éditions*, 2003.
- [Roy, 85] Roy B., Méthodologie multicritère d'aide à la décision. *Economica*, Paris, 1985.

- [Roy *et al.*, 93] Roy B., Bouysou D., Aide Multicritère à la décision : Méthodes et Cas. *Ed. Economica*, 1993.
- [Roy, 00] Roy B., Réflexions sur le thème, quête de l'optimum et aide à la décision. In *Decision, Prospective Auto-Organisation, Mélanges en l'honneur de J. Lesourne*, Thépot J., Godet M., Roubelat F. et Saab A.E. (Eds.), *Dunod*, Paris, 2000.
- [Saaty, 80] Saaty T.L., The Analytic Hierarchy Process. *McGraw-Hill*, New York, 1980.
- [Safar, 85] Safar B., Les explications dans les systèmes experts. *Actes du congrès Les systèmes experts et leurs applications*, Avignon, 1985.
- [Sage, 91] Sage A. P., Decision Support System Engineering. *Wiley*, New York, 1991.
- [Sakarovitch, 84a] Sakarovitch M., Optimisation combinatoire, méthodes mathématiques et algorithmiques-Graphes et programmation linéaire. *Hermann, enseignements des sciences*, 1984.
- [Sakarovitch, 84b] Sakarovitch M., Optimisation combinatoire, méthodes mathématiques et algorithmiques-Programmation discrète. *Hermann, enseignements des sciences*, 1984.
- [Savage, 72] Savage L.J., The foundation of statistics. *Dover, New-York*, 1972.
- [Schafer *et al.*, 99] Schafer J.B., Konstan J., Riedl J., Recommender Systems in E-Commerce. *Proceedings of the ACM'1999 Conference on Electronic Commerce*, 1999.
- [Schafer *et al.*, 01] Schafer J.B., Konstan J., Riedl J., E-Commerce Recommendation Applications. *Journal of Data Mining and Knowledge Discovery*, 2001.
- [Schärli, 85] Scharli A., Décider sur plusieurs critères. Panorama de l'aide à la décision multicritère. *Presses polytechniques et universitaires romandes*, Lausanne, 1985.
- [Sfez, 92] Sfez, L. Critique de la décision. *Presses de la Fondation des sciences politiques*, 4<sup>° ed.</sup>, 1992 (1<sup>° ed.</sup> 1973).
- [Shapely, 53] Shapely L.S., A value for n-person games. In H.W. Khun and A.W. Tuckers, editors, Contributions to the theorie of games. In *Annals Of Maths. Studies, Princeton Univ. Pres*, 2(28), pp. 307-317, 1953.
- [Shardan. *et al.*, 95] Shardanand U., Maes P., Social Information Filtering : Algorithms for Automating "Word of Mouth". *Proceedings of ACM CHI '95*, pp. 210-217, Denver, CO., 1995.
- [Simon, 47] Simon H.A., Administrative behavior. *NY: Macmillan*, 1947.
- [Simon, 91] Simon H.A., Science des Systèmes, science de l'artificiel. traduit par J-L. Lemoigne, *Bordas*, 1991.
- [Simon, 76] Simon H.A., Administrative Behavior. *Free Press*, New York, 1976.
- [Simon, 77] Simon H.A., The new science of management decision. *Prentice Hall*, New Jersey, 1977.
- [Simon, 82] Simon H.A., The Science of Artificial. *M.I.T.Press*, Cambridge, 1982.
- [Simon, 83] Simon H. A., Administration et processus de décision. (*trad.* [Simon, 47]), *Économica, Paris*, 1983.
- [Simon, 97] Simon H.A., Models of bounded rationality. *MIT Press, Cambridge Massachusetts*, 3, 1997.
- [Strategor, 88] Strategor (coll.), Stratégie, structure, décision, identité, politique générale d'entreprise. *Interéditions*, chap.13 à 16, 1988.
- [Suchman, 87] Suchman L.A., Plans and Situated Actions. *The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge, 1987.
- [Sugeno, 74] Sugeno M., Theory of fuzzy integrals and its applications. *Ph.D. Thesis, Tokyo Institute of Technology*, Tokyo, 1974.
- [Sugeno *et al.*, 77] Sugeno M., Fuzzy measures and fuzzy integrals\_A survey. in Gupata, Saridis and Gaines, editors, *Fuzzy Automata and decision processes*, pp.89-102, 1977.



- [Swartout *et al.*, 93] Swartout W.R., Moore J., Explanation in Second Generation Experts Systems. *In. Second Generation Experts Systems*, Krivine, Simmons (Eds.), Springer-Verlag Publishers, 5, pp. 543-585, 1993.
- [Terveen *et al.*, 01] Terveen L., Hill W., Beyond Recommender Systems: Helping People Help Each Other. *In HCI, The New Millenium*, Carroll J. (Eds.) Addison-Wesley, 2001.
- [Thoenig, 93] Thoenig J-C., Qui décide en politique ?. *Sciences Humaines*, Hors série n°2, mai, 1993.
- [Toulmin, 58] Toulmin S.E., The Uses of Argument. *University Press*, Cambridge, 1958.
- [Turban, 93] Turban E., Decision Support and Expert Systems. *Macmillan*, New York, 1993.
- [Turban *et al.*, 98] Turban E., Aronson J.E., Decision Support Systems and Intelligent Systems. *Upper Saddle River, Prentice-Hall*, New Jersey, 1998.
- [Valet, 01] Valet L., Un système flou de fusion coopérative : application au traitement d'images naturelles. *Thèse de Doctorat, Université de Savoie*, 2001.
- [Vincke, 89] Vincke P., L'aide multicritère à la décision. *Editions de l'Université de Bruxelles*, Bruxelles, 1989.
- [Waliser, 77] Waliser B., Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse de systèmes. *Seuil*, 1977.
- [Weil *et al.*, 93] Weil B., Moisdon J-C., Les Enigmes de la décision quotidienne dans l'entreprise. *Sciences Humaines*, Hors série n°2, mai, 1993.
- [Wiener, 48] Wiener N., Cybernetics - Control and Communication in the Animal and the Machine. *MIT Press*, Cambridge, Mass., 1948.
- [Yager, 79] Yager R.R., Possibilistic decision-making. *IEEE Trans. Systems Man Cybernetics*, 9, pp. 177-200, 1979.
- [Yager, 88] Yager R.R., On ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multicriteria Decision making. *IEEE Transaction system, Man & Cybernetic.*, 18, pp. 183-190, 1988.
- [Yager, 02] Yager R.R., Defending against strategic manipulation in uninorm-based multi-agent decision making. *European Journal of Operational Research*, 141(1), pp. 217-232, 2002.
- [Zimmerm. *et al.*, 83] Zimmermann H.-J., Zysno P., Decisions and evaluations by hierarchical aggregation of information. *Fuzzy Sets and Systems*, 10, pp. 243-260, 1983.





---

## Résumé

Pour qu'un Système Interactif d'Aide à la Décision (SIAD) soit accepté par ses utilisateurs, il faut non seulement qu'il soit capable de gérer toutes les informations disponibles utiles à la décision, mais aussi qu'il propose la trace de la logique décisionnelle utilisée à des fins argumentatives, ainsi que l'évaluation des risques associés à cette décision. Dans ce contexte, nous listons, dans un premier temps, les spécificités de la décision dans une organisation. Puis, nous montrons en quoi le couplage d'un système d'aide à la décision multicritère et d'un système de gestion dynamique des connaissances offre une solution pertinente au traitement de l'information utile à la décision. L'intérêt de considérer des capacités explicatives et de définir un risque décisionnel pour un SIAD est alors discuté. Nous concluons sur une interprétation cybernétique (au sens de l'Automatique) du processus dynamique de la décision qui propose une analogie entre les boucles de contrôle de l'automatique classique et les boucles cognitives de l'approche de l'économiste H.A. Simon.

Nous considérons ensuite les aspects mathématiques mis en exergue par le modèle conceptuel proposé. Un premier point concerne la problématique de *l'agrégation d'informations* dans les systèmes d'aide à la décision. Une description des différents niveaux d'agrégation à considérer et la justification de l'intérêt d'utiliser des opérateurs de la famille de l'intégrale de Choquet pour prendre en compte les interactions entre les critères de sélection sont exposées. Un deuxième point concerne les fonctionnalités d'*explication* et d'*argumentation* dont un SIAD doit être doté pour améliorer la confiance de l'utilisateur en ses décisions. Plusieurs indices d'explication basés sur la notion de contribution marginale sont alors proposés pour des décisions basées sur une agrégation par une intégrale de Choquet. Les concepts de *risque décisionnel* et d'*acceptabilité de la décision* sont ensuite introduits, et nous présentons quelques stratégies de contrôle de l'entropie de la base de connaissance à partir de ceux-ci. Nous traitons enfin une application qui montre en pratique l'utilité des fonctionnalités conçues pour un problème de programmation de films dans un vidéo-club.

Mots clés: Aide à la décision, SIAD, Gestion des connaissances, Fusion d'informations, Explication et argumentation, risque décisionnel, intégrale floue de Choquet.

## Summary

In order to be accepted by the users, an interactive Decision Support System (DSS) must be able to manage all the pieces of information available, but it must also propose a trace of the decisional logic as well as a risk evaluation of the associated decision. In this context, we first list the specificities of the decision in an organisation. Then, we explain why the coupling of a multi-criteria decision support system with a dynamic knowledge management system is a pertinent solution for the information processing useful for making a decision. The interest of considering explanation capabilities and of defining a decisional risk for a DSS is then discussed. We conclude on a cybernetic interpretation (in the control theory sense) of the dynamic process of the decision that proposes an analogy between the conventional control theory loops and the H.A. Simon's cognitive loops.

We consider then the mathematical aspects raised by the conceptual model proposed. A first point concerns the problem of *information aggregation* in decision support systems. We propose thus a description of the different levels of aggregation involved and a justification of the interest of using aggregation operators from the Choquet integral family for taking selection criterion interactions into account. A second point concerns the explanation and argumentation functionalities that must be included into a DSS in order to improve the users' confidence into the decisions. Different explanation indexes based on the notion of marginal contribution are proposed for decisions issued from an aggregation by a Choquet integral. The concepts of *decisional risk* and *decision acceptability* are then introduced. Many strategy based on them are presented for the control of the knowledge base entropy. Finally, in order to illustrate the proposed approach, we consider the practical case of movie programming for a private video-club.

Key word: Decision-Making, DSS, Knowledge management, Information Fusion, Explanation and argumentation, Fuzzy Choquet integral.

---