

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique**

**وزارة التعليم العالي و البحث العلمي**



**جامعة 8 ماي 1945 قالمة**  
**UNIVERSITE 8 MAI 1945 - GUELMA**

**Faculté des Mathématiques, de l'Informatique  
Et des Sciences de la matière  
Département d'informatique**

**كلية الرياضيات ، الإعلام الآلي  
وعلوم المادة  
قسم الاعلام الآلي**

**Polycopié**

# **Systeme Interactif d'Aide à la Décision "SIAD"**

**Cours et Exercices**

Domaine: Mathématiques et Informatique  
Filière: Informatique

Parcours: Master Ingénierie des médias (IM)  
1<sup>ière</sup> Année

**Dr Karima BENHAMZA**

# Sommaire

	Pages
Préambule .....	i
Sommaire .....	ii
Liste des figures .....	iv
Introduction .....	1
<b>Chapitre 1: Les bases conceptuelles de l'aide à la décision</b>	
Introduction .....	2
1. Théorie de la décision .....	2
1.1 Introduction .....	2
1.2 Concepts de base .....	2
1.2.1 Définition de la décision .....	2
1.2.2 Domaine d'une décision .....	3
1.2.3 Situation d'une décision .....	3
1.2.4 Alternative .....	3
1.2.5 Résultat .....	3
1.3 Classification décisionnelle .....	3
1.4 Niveau de structuration des décisions .....	4
1.4.1 Les décisions bien structurées (ou décisions programmées) .....	4
1.4.2 Les décisions peu (ou pas) structurées .....	4
1.5 Etapes de la décision .....	4
1.6 Modèle fondamental d'une décision .....	4
2. Capacités et limitation cognitives de l'acteur .....	6
2.1 Le décideur : une première synthèse .....	6
2.2 Problèmes de la prise de décision .....	6
2.3 Limitations de l'acteur .....	6
3. Contexte organisationnel .....	7
3.1 Niveau d'organisation .....	7
3.2 Type de décision .....	8
3.3 Prise de décision du groupe .....	8
3.4 Avantages et inconvénients du travail du groupe .....	9
4. Aide à la décision .....	10
4.1 Définition de l'aide à la décision .....	10
4.2 Informatique décisionnelle .....	10
4.3 Objectifs de l'aide à la décision .....	10
5. Système Interactif d'aide à la décision (SIAD) .....	11
5.1 Définition d'un SIAD .....	11
5.2 Caractéristique d'un SIAD .....	11
5.3 Techniques utilisées .....	11
5.4 Composition d'un SIAD .....	11
5.5 Fonctionnalités d'un SIAD .....	13
5.6 Assistance du SIAD .....	13
5.7 Domaine d'application des SIAD .....	13
Conclusion .....	14

## Chapitre 2. Approche par la modélisation du problème de Management

Introduction .....	15
1. Définitions de la modélisation .....	15
2. Objectif de la modélisation .....	15
3. Aide à Décision et Modélisation .....	15
4. Principe de modélisation .....	16
5. Processus de la modélisation .....	16
6. Techniques de modélisation .....	17
6.1 Langages littéraires .....	17
6.2 Langages iconiques ou pictographiques .....	18
6.3 Langages logico-mathématiques .....	18
7. Niveaux de Représentations et espace de résolution .....	18
7.1 Niveaux de représentation .....	18
7.2. Espace de résolution .....	19
8. Classification de Modèles .....	19
8.1 Modèles normatifs .....	19
8.2 Modèles descriptifs .....	19
9. Caractéristique d'un modèle .....	20
10. Contraintes de modélisation .....	20
Conclusion .....	20

## Chapitre 3. Méthodes et Outils d'aide à la décision

Introduction .....	21
1. La Programmation mathématique Linéaire (PL) .....	21
1.1 Principe et objectifs de la PL .....	21
1.2 Problèmes se ramenant à la PL .....	22
1.3 Modélisation d'un problème se ramenant à la PL .....	22
1.4 Écriture mathématique de Problème linéaire .....	23
1.5 Exemple de modélisation d'un Problème se ramenant à PL .....	23
1.6 Résolution d'un problème Linéaire .....	24
1.7 Avantage de la PL .....	24
2. Les Modèles probabilistes et les modèles quantitatifs non probabilistes .....	24
2.1 Le Modèle probabiliste .....	24
2.2 Exemple se ramenant à un modèle probabiliste .....	25
2.3 Modèle de l'utilité espérée ou modèle probabiliste de base .....	26
2.4 Les modèles non probabilistes: critères de décision dans l'incertain .....	27
2.4.1 Le critère maximin .....	28
2.4.2 Le critère minimax regret .....	28
2.4.3 Le critère Hurwicz .....	28
2.4.4 Le critère de Laplace .....	29
2.4.5 Règle de choix entre critères .....	29
3. Les Modèles déclaratifs : logique propositionnelle, autres logiques, cadres sémantiques .....	29
3.1 Logique propositionnelle .....	30
3.1.1 Principe de la logique propositionnelle .....	30
3.1.2 Table de vérité .....	30
3.1.3 Raisonnement avec logique .....	31
3.1.4 Règles d'inférence .....	31

3.2 Réseaux sémantiques .....	32
3.2.1 Définition et principe des réseaux sémantiques .....	32
3.2.2 Raisonnement dans les réseaux sémantique .....	33
3.2.3 Avantages des réseaux sémantiques .....	33
4. Les réseaux de neurones .....	33
4.1 Neurone artificiel .....	34
4.2 Principe des réseaux de neurones .....	34
4.3 Construction d'un réseau de neurone pour une prise de décision .....	35
4.4 Exemple de classification par un réseau de neurone .....	35
4.5 Avantages des réseaux de neurones .....	35
5. Les arbres de décision .....	36
5.1 Définition et objectif d'un arbre de décision .....	36
5.2 Fonctionnement d'un arbre de décision .....	36
5.3 Principe de construction d'un arbre de décision .....	36
5.4 Classement d'un nouvel exemple .....	37
5.5 Exemples de représentations par un arbre de décision .....	37
5.6 Avantages d'un arbre de décision .....	39
6. Le Raisonnement à base de cas (CBR) .....	39
6.1 Définition du CBR .....	39
6.2 Principe du CBR .....	39
6.3 Un Cas pratique de R. Bergmann .....	40
6.4 Avantages du CBR .....	43
Conclusion .....	44
Série corrigée d'exercices .....	45
Références Bibliographiques .....	55

## Liste des figures

	Pages
Figure 1.1. Modèle de Simon [4] .....	5
Figure 1.2. Types de décisions .....	8
Figure 1.3. Composition d'un système interactif d'aide à la décision .....	12
Figure 2.1. Modélisation Vs Simulation .....	16
Figure 2.2. Processus de la modélisation .....	17
Figure 2.3. Exemple de séquence de réseau .....	18
Figure 3.1. Schéma d'un réseau sémantique .....	32
Figure 3.2. Neurone artificiel générique .....	33
Figure 3.3. Fonction d'activation .....	34
Figure 3.4. Schéma d'un arbre de décision .....	36
Figure 3.5. Graphique du prédicat concept (x) .....	37
Figure 3.6. Arbre de décision correspondant à la table 3.7 .....	38
Figure 3.7. Cycle d'un CBR .....	40
Figure 3.8. Représentation de cas .....	41
Figure 3.9. Similarité entre les cas .....	42
Figure 3.10. Réutilisation de la solution .....	43
Figure 3.11. Stockage du cas .....	43

# Avant-propos

**L**a prise de décision est une activité indissociable du rôle de manager. Plus que jamais, l'entreprise se trouve dans l'obligation de prendre des décisions de différents types (stratégiques, tactiques ou opérationnelles) parfois lourdes de conséquences (financières et humaines) face à une économie mondialisée, dynamique et imprévisible. Ainsi, pour appréhender les difficultés de décision, les managers de demain doivent non seulement disposer de méthodologies permettant de formaliser ces problèmes mais aussi des outils d'aide à la décision permettant d'augmenter la qualité du processus décisionnel.

L'aide à la décision constitue un champ d'étude majeur dans le domaine de la Gestion des systèmes d'information aux travers les concepts des **Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision (SIAD)**. Aussi, les perpétuelles évolutions de la technologie et l'émergence de nouvelles pratiques de management rend la maîtrise de ces systèmes décisionnels une tâche indispensable.

## **Savoir-faire acquis en fin de cours**

Ce cours vise à introduire les concepts de base de l'aide à la décision et offre un certain nombre de modèles et outils permettant de représenter puis aider à résoudre différents problèmes concrets de décision.

Ainsi, il s'agit de développer les capacités des étudiants à concevoir et à mettre en œuvre des modèles pertinents face à une situation de décision. A l'issue de ce module, l'étudiant maîtrisera les méthodes de modélisation pour l'aide à la décision et lui permettra de les utiliser de manière efficace dans le cadre de problèmes décisionnel.

Ce polycopié représente une synthèse des cours assurés depuis 2008 à ce jour au sein du département de l'informatique à l'université de Guelma.

## **Pré-requis : Aucun**

# Introduction

La fin du vingtième siècle a été marquée par le passage à une ère nouvelle, l'ère de l'information. Ce passage s'est manifesté à travers l'émergence de technologies informationnelles. Ainsi, c'est sur des corpus dynamiques d'informations en expansion, que les managers d'entreprise doivent prendre et assumer des décisions le plus rapidement possible en prenant en considération de nombreux critères d'évaluation.

Ces décisions sont souvent prises sur la base d'intuitions et d'expériences passées. Elles sont issues d'heuristiques observables. Cependant, ces types de stratégies ne peuvent s'appliquer que sur des problèmes familiers. Confrontés à des situations nouvelles, la tâche de prise de décision devient beaucoup plus difficile et l'environnement des décideurs, évoluant rapidement, est alors plus complexe.

En effet, toute organisation dépend structurellement de la nature des décisions qui sont prises en son sein par des décideurs qu'ils soient individuels ou collectifs. La prise de décision et son exécution sont ainsi les buts fondamentaux de tout management. L'un des principaux problèmes est de déterminer les informations pertinentes pour cette prise de décision. Il devient donc primordial d'utiliser les Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision, désignés par SIAD (DSS en anglais : Decision Support Systems) et qui permettent d'évaluer la situation, les diverses alternatives et leurs impacts à moyens et long termes.

Les recherches sur les SIAD existent depuis environ trente ans. Les travaux sont nombreux et couvrent un grand champ d'applications. Ces derniers peuvent être classés en trois catégories (opérationnelle, de gestion et stratégique) qui se distinguent par l'échelle de temps comme par l'ampleur et l'envergure de la décision.

Nous nous intéressons ici au SIAD stratégique qui constitue la catégorie la plus importante et la plus répandue car elle fournit aux dirigeants une évaluation partagée et précoce des indicateurs essentiels éclairant l'efficacité de leurs décisions. Ces systèmes s'appuient sur des modèles qui font intervenir plusieurs domaines de recherches tels que les systèmes de gestion de bases de données, la recherche opérationnelle, l'intelligence artificielle, etc.

Dans ce polycopie, nous allons tenter de cerner le domaine de l'aide à la décision et des SIAD en présentant leurs concepts, leurs caractéristiques et leurs domaines d'applications. Nous mettons l'accent principalement sur l'intérêt de la modélisation dans la prise de décision et sur les principaux outils d'aide à la décision avec une présentation d'exemples illustratifs pour chacun de ces derniers. Aussi, une série corrigée d'exercices supplémentaire a été jointe à la fin du polycopie pour une meilleure compréhension.

# Chapitre 1

## Les bases conceptuelles de l'aide à la décision

### Introduction

Presque tout ce que fait un être humain comporte des décisions. Pour des problèmes familiers et courants, les décisions peuvent s'appuyer sur l'intuitions et les expériences passées. Cependant, pour des situations nouvelles plus complexes, la tâche de prise de décision devient plus difficile.

Ce chapitre s'attache au domaine de la prise de décision. Tout d'abord, les différents concepts de bases liés à la décision sont définis. Ensuite, le processus de prise de décision, les capacités et limitations cognitives de l'acteur et le contexte organisationnel sont présentés. Enfin, l'intérêt des systèmes d'aide à la décision au niveau des organisations est motivé.

### 1. Théorie de la décision

#### 1.1 Introduction

La théorie de décision s'est développée depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle par des contributions de plusieurs disciplines académiques. Bien que ce soit maintenant clairement un domaine à part entière, la théorie de décision est typiquement poursuivie par les chercheurs qui s'identifient comme économistes, statisticiens, psychologues, sociologues, politiciens et/ou philosophes.

Cette discipline peut être vue comme une théorie normative s'intéressant à la manière dont les décisions devraient être prises pour être rationnelles ou comme une théorie descriptive traitant de la façon dont des décisions sont prises réellement.

#### 1.2 Concepts de base

##### 1.2.1 Définition de la décision

En consultant le petit Larousse, la décision est définie comme étant « l'action de décider après délibération ». C'est aussi « le résultat d'un processus mental qui choisit une parmi plusieurs alternatives mutuellement exclusives » [1,2]. Cependant, les scientifiques ont perçu la décision comme étant bien plus qu'un choix, elle a été traitée comme un processus de résolution de problèmes [1].

La décision est aussi le fait de choisir une série d'actions qui permettent de résoudre un problème, d'atteindre un objectif donné ou d'effectuer un changement quelconque dans l'entreprise [1,2]. Ceci met en évidence le rôle important qu'exerce l'acteur pour la prise de décision et le fait que le résultat d'une décision soit un acte.

Lévine [1] a défini une décision comme étant une action qui est prise pour faire face à une difficulté ou répondre à une modification de l'environnement, c'est à dire, pour résoudre un problème qui se pose à l'individu ou à l'organisation

D'une manière générale, prendre une décision signifie concevoir et s'engager à une stratégie d'allocation irrévocable de ressources de décision pour résoudre un problème qui se pose à l'organisation ou à l'individu. Elle peut résulter d'une réponse à une modification de l'environnement ou pour saisir une opportunité.

### 1.2.2 Domaine d'une décision

On peut associer à chaque décision un domaine particulier ou champs d'application. Plusieurs décisions peuvent partager le même domaine. Par exemple, on distingue une décision militaire d'une décision médicale. Ces domaines peuvent être eux-mêmes divisés en sous-domaines.

### 1.2.3 Situation d'une décision

Ce sont les facteurs dont dépendent la décision et les décideurs. Cette situation se compose du contexte et des préférences.

- Un contexte est une circonstance qui affecte l'intérêt et la disponibilité des différents choix.
- Les préférences sont relatives aux désirs des décideurs quant aux résultats possibles d'une décision.

#### Exemple:

Pour l'achat d'une voiture,

- Le contexte d'un décideur pourrait inclure le fait qu'il ait une femme, six enfants, qu'il a l'habitude d'aller en vacances camper et qu'il habite loin de la ville (travail, école).
- Ses préférences peuvent inclure son enthousiasme pour des moteurs diesels, des voitures "break", des embrayages pilotés et des couleurs de voiture sombres.

### 1.2.4 Alternative

A toute décision, on associe des alternatives qui sont en quelques sortes différentes solutions possibles du problème. Sans alternative, on peut pas parler de décision autrement dit: il n'y a pas de décision sans alternatives. Ces dernières peuvent être créées à partir des variables de décision.

### 1.2.5 Résultat

C'est une valeur ou constat associé à chaque alternative. Ce résultat peut guider le choix entre les alternatives.

## 1.3 Classification décisionnelle

Nous distinguons quatre classes de décision: la décision-processus, la décision simple, la décision complexe et finalement la décision-choix. En ignorant le principe de la décision sociale, ces quatre catégories sont définies comme suit :

a. **La décision-processus** possède comme point de départ la perception floue d'un problème. Ensuite interviennent des décisions simples ou d'autres opérations cognitives qui aboutissent parfois à des exécutions de plans, à la définition de buts, ou parfois à la redéfinition du problème. Elle s'achève par une évaluation des résultats.

b. **La décision simple** a comme point de départ un problème bien formulé, un ensemble d'activités de résolution de problème et aboutit à l'élaboration d'un plan.

c. **La décision complexe** commence par un problème flou qui appelle à être préciser et factoriser en sous-problèmes abordables. Elle aboutit à une évaluation des résultats.

Généralement une situation de décision est dite complexe si elle a les caractéristiques suivantes :

- La phase de recherche d'informations est difficile.
- L'identification du problème nécessite une réelle expertise.

d. **La décision choix** possède comme point de départ un ensemble d'alternatives ou d'actions et aboutit à un choix d'actions.

## 1.4 Niveau de structuration des décisions

On distingue deux niveaux de structuration des décisions :

### 1.4.1 Les décisions bien structurées (ou décisions programmées)

Une décision est bien structurée quand un processus commun et explicitable existe permettant de traiter les informations dans le système. Elle correspond à un programme fixe à appliquer.

### 1.4.2 Les décisions peu (ou pas) structurées

Ce sont des décisions qui nécessitent un gros effort pour être formalisées. Elles donnent lieu à des procédures non ou peu programmées. Généralement elles répondent à un événement nouveau. Résoudre un problème de décision non structuré nécessite de faire appel à l'intuition et au savoir-faire du décideur qui sont des éléments le plus prépondérants.

## 1.5 Etapes de la décision

La décision est un processus de résolution de problème qui met en oeuvre des connaissances de nature très variés. La forme idéalisée d'une décision-processus globale isolée peut être présentée comme suit:

Nous dirons qu'un problème décisionnel existe ; si :

- *Le décideur perçoit un état interne ou externe non désiré A.*
- *L'état de départ A non désiré doit être transformé dans un état de but B*
- *Le décideur ne sait pas au départ, comment parcourir le chemin qui va du point de départ A vers le point de solution B.*

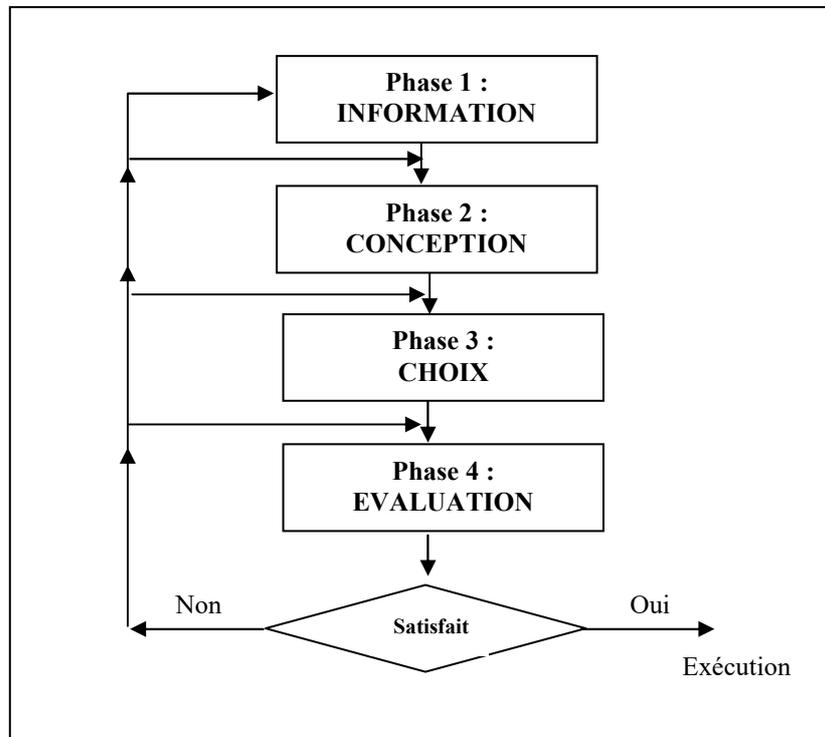
Etant donné, que même les décisions simples ne possèdent pas de but bien défini, il convient d'élargir cette définition de problème en une recette d'actions pour les décisions complexes [1,3]:

- *le décideur doit transformer la perception peu précise du problème en problème plus précis et mieux structuré.*
- *les buts de la décision doivent être précisés.*
- *le problème doit être transformé en sous-problèmes abordables.*
- *chaque sous-problème peut être résumé par un but à atteindre. Pour chaque sous-but, il s'agit de trouver des heuristiques (opérateurs) qui permettent de le résoudre.*
- *la poursuite des sous-buts doit être coordonné stratégiquement. Il s'agit aussi de résoudre des conflits entre sous-buts.*
- *une fois que tous les sous-buts ont été atteints, il faut évaluer si le but général a été atteint aussi.*

## 1.6 Modèle fondamental d'une décision

La théorie de décision a été développée par plusieurs chercheurs ; chacun à sa manière avec une vision différente, mais les travaux de Herbert Simon [2-3] sont la base pour plusieurs d'entre eux. Simon a donc proposé vers la fin des années cinquante, notamment en 1957, puis dans plusieurs articles et ouvrages des années soixante et soixante-dix [4], un schéma de la prise de décision suffisamment général pour pouvoir être reconnu comme un véritable modèle canonique de la décision [5-7].

Ce modèle distingue quatre phases dans le processus de décision : Une phase d'information, une phase de conception, une phase de choix et enfin une phase d'évaluation. Cette dernière phase a été rajoutée au modèle initial afin de valider le choix de la décision à appliquée (figure 1.1).



**Figure 1.1** Modèle de Simon [4]

Chacune de ces phases sont décrites ci-dessous:

**a. Phase 1 : Information (diagnostic)**

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. Ensuite, la décision est classée parmi les différentes catégories connues. Le produit de cette phase est une définition du problème. Il marque le début de la phase de conception.

**b. Phase 2: Conception**

Elle comprend la génération, le développement et l'analyse des différentes suites possibles d'actions. Il va donc 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 également déterminer les variables de décision, les variables résultats, ainsi que les relations mathématiques, symboliques ou qualitatives entre ces variables et construire les différentes alternatives.

**c. Phase3 : Choix**

Dans cette phase, le décideur choisit entre les différentes suites d'actions qu'il a été capable de construire et d'identifier pendant la phase précédente. Cette phase inclut la recherche et la recommandation d'une solution appropriée au modèle.

**d. Phase 4: Evaluation**

Elle correspond à une évaluation *a posteriori* du choix du décideur. Cette évaluation permettra éventuellement de corriger les petites erreurs.

Comme le montre la figure 1.1, ce processus n'est pas obligatoirement séquentiel, il peut y avoir des retours en arrière. Ce mécanisme de retour en arrière est présent dans toutes les phases du processus de la prise de décision. Par exemple, pendant la seconde ou la troisième phase, le décideur peut être amené à générer une nouvelle alternative ou encore à rechercher de nouvelles informations, et ensuite à modifier les modèles choisis ou les solutions trouvées.

La présence de ces retours en arrière pendant le processus de décision dépend du niveau de structuration du problème de décision. Des fois, à la phase de conception, on se rend compte que le problème posé est incorrect ; dans ce cas, on est obligé de revenir à la phase précédente pour bien poser le problème.

## **2. Capacités et limitation cognitives de l'acteur**

Dans la vie quotidienne, nos décisions sont souvent prises sur la base d'intuitions et d'expériences passées. Elles sont issues d'heuristiques observables au travers de biais systématiques. Comme l'a observé H. Simon [4], ce type de stratégies ne peut s'appliquer qu'à des problèmes familiers. Lorsque nous sommes confrontés à des situations nouvelles, la tâche de prise de décision devient beaucoup plus difficile.

### **2.1 Le décideur : une première synthèse**

Le décideur humain est donc un organisme ancré dans un environnement : c'est un acteur social. Il peut être décrit et traité comme un système ouvert qui, saisit de l'information, qui la traite et qui agit. Il possède une certaine indépendance cognitive : il peut atteindre le même but avec des moyens différents et il est aussi organisateur. L'action du décideur se trouve quelque part entre ces deux extrêmes, mais plus près de l'action «idéale».

### **2.2 Contraintes et problèmes de la prise de décision**

De nos jours, l'environnement des organisations est de plus en plus complexe, évolue rapidement et la tendance est plutôt à l'accroissement de cette complexité. Cette complexité est due à plusieurs facteurs:

- La technologie de l'information et des ordinateurs,
- La complexité structurelle des décisions,
- La forte compétition du marché,
- et L'ouverture au marché international.

### **2.3 Limitations de l'acteur**

Ainsi, il est de plus en plus difficile à l'acteur de prendre des décisions dans cet environnement parce que :

1. le nombre d'alternatives -décisions potentielles- a cru en raison de l'amélioration de la technologie -puissance de traitement des ordinateurs fortement accrue- et des communications - réseaux.

2. la nature des informations accessibles s'est enrichie et la quantité des informations accessibles est nettement plus importante.

3. le coût des erreurs de décision est plus grand, en raison de la complexité et de l'importance des conséquences engendrées par une décision et de la chaîne de réaction dans les différentes parties d'une organisation.

4. De plus, il est nécessaire d'adapter en permanence sa stratégie au vue de la rapidité de changement de l'environnement qui nous entoure.

Il est donc difficile d'adopter une stratégie d'essai-erreur pour gérer une organisation.

### 3. Contexte organisationnel

#### 3.1 Niveau d'organisation

Pour H. Simon [4, 7, 8], le terme organisation se rapporte au modèle complexe des communications et autres relations dans un groupe d'êtres humains. Ce cadre fournit à chaque membre du groupe l'information, les hypothèses, les buts, et les attitudes à adopter et va jusqu'à entrer dans ces décisions. Il lui fournit également un ensemble d'attentes stables et compréhensibles quant à ce que les autres membres du groupe font et comment ils réagiront à ce qu'il dit et fait. ». Le contexte organisationnel est ainsi omniprésent dans la prise de décision.

Le décideur peut être le responsable de l'organisation ou un des responsables des fonctions de cette organisation. La décision est indissociable de son niveau dans l'organisation. Ainsi, à chacun de ces décideurs, ces informations, ces objectifs, ces attitudes, et enfin ces décisions. On distingue trois niveaux:

##### a. Haute direction (Top management)

La haute direction comprend les cadres supérieurs qui planifient et contrôlent pour toute l'organisation. Elle prend des décisions de type stratégique. Ces décisions sont à long terme. La haute direction doit par la suite traduire ses décisions en actions spécifiques et les transmettre à la direction.

##### Exemples

- Expansion de l'entreprise ou augmentation de la part de marché
- Lancement de nouveaux produits ou abandon d'un produit

##### b. Direction (Middle management)

La direction comprend les cadres intermédiaires qui planifient et contrôlent pour les sous-unités. Elle prend des décisions tactiques. Ces décisions ont un impact à moyen terme sur l'entreprise. Ces décisions seront par la suite subdivisées en une série d'actions permettant d'atteindre les objectifs visés.

##### Exemples

- Préparation du calendrier de production
- Amélioration de la quantité ou qualité des produits

##### c. Direction opération (Operational management)

Elle comprend les cadres inférieurs qui planifient et contrôlent les opérations courantes. Ces décisions sont structurées et routinières. Elles ont un impact à court terme.

Les décisions opérationnelles peuvent donc être considérées comme plus concrètes que les autres.

##### Exemples

- Demande quotidienne de matières premières
- Décision de faire des heures supplémentaires

### 3.2 Type de décision

Du fait de l'existence du contexte organisationnel, la décision est indissociable de son niveau dans l'entreprise ou l'organisation. On distingue traditionnellement les trois grands types de décisions qui doivent être prises dans une organisation ou une entreprise (figure 1.2) :

- **Décision Opérationnelle** : elle concerne les décisions qui sont relatives à la gestion courante. Il s'agit ici d'assurer au jour le jour le fonctionnement régulier et efficace de l'organisation..
- **Décision Tactique** : elle concerne le contrôle et l'adaptation des ressources, des procédés et des produits aux éventuels changements de l'environnement. Elle traitera les décisions prises dans un horizon à moyen terme Elles commandent aux décisions opérationnelles et prolongent les décisions stratégiques.
- **Décision Stratégique** : Ce sont les décisions les plus importantes dans la mesure où elles déterminent l'orientation générale de l'entreprise et, parfois même, conditionnent sa survie. Elle permettra alors la redéfinition des objectifs et des choix tactiques à faire.

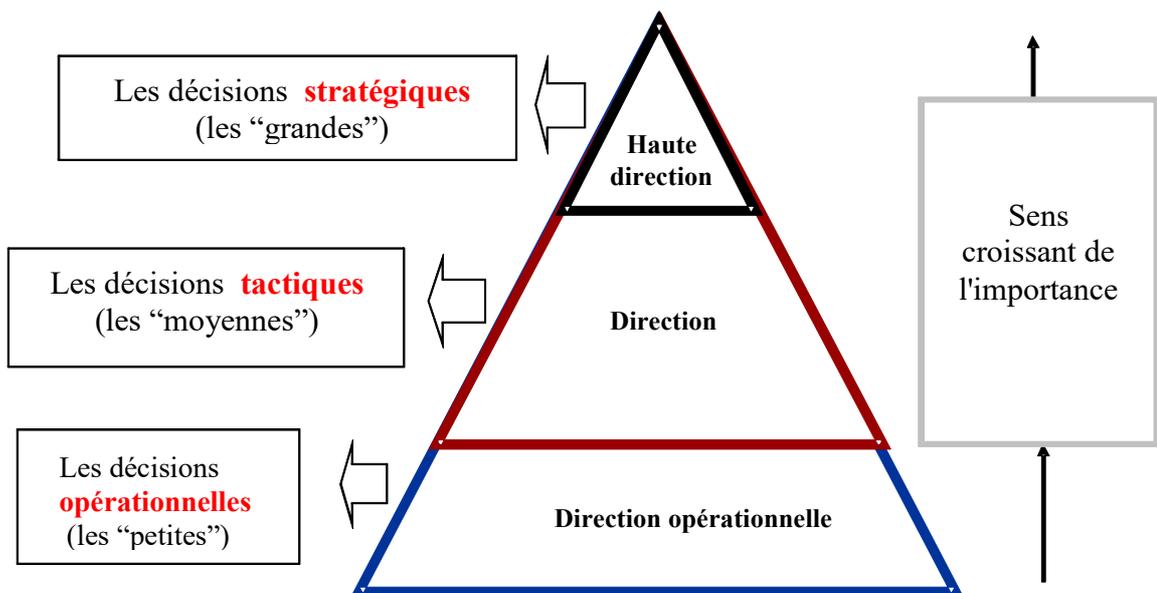


Figure 1.2 Types de décisions

Au sein des organisations, les décisions peuvent être prises par des individus seuls. Cependant, la plupart des décisions émanent soit d'un groupe de travail soit de plusieurs groupes à la fois. Le groupe peut apporter sa contribution ou prendre la décision de manière collective.

### 3.3 Prise de décision du groupe

La prise de décision du groupe ou collective peut être définie comme une prise de décision où plus d'un décideur sont impliqués. Elle diffère de la prise de décision individuelle par l'existence d'une négociation sur la décision qui a lieu entre les décideurs, à moins qu'il n'existe un accord concernant la décision à adopter.

De plus, pour les décisions de groupe, par rapport aux décisions prises individuellement par chaque décideur, la politique et les différents pouvoirs formels et réels dans le groupe et les coalitions formées entre les participants rendent la prise de décision encore plus difficile à analyser.

### 3.4 Avantages et inconvénients du travail du groupe

La décision en groupe présente plusieurs avantages potentiels :

#### A. Avantages du travail de groupe

- Les groupes sont mieux placés pour comprendre un problème qu'un seul individu.
- Les gens sont responsables des décisions dont ils participent.
- Le groupe est meilleur qu'un individu pour trouver les erreurs.
- Un groupe a plus d'informations qu'un seul individu et à partir de ses connaissances d'autres connaissances peuvent être déduites.
- Le travail en groupe stimule les membres de groupe à travailler ensemble. Il a un potentiel créatif plus important.

La prise de décision en groupe présente cependant des dysfonctionnement potentiels.

#### B. Inconvénients du travail du groupe

- Les acteurs qui évoluent dans un groupe tendent à penser d'une manière identique et suppriment peu à peu les nouvelles idées.
- La prise de décision de groupe est en général un processus lent et long, où seulement un décideur individuel à la fois peut prendre la parole.
- Il est nettement plus difficile de coordonner le travail effectué par un groupe que le travail effectué par un individu.
- Des membres du groupe compteront sur d'autres lors de la distribution du travail lié à la décision.
- Tendance des groupes à prendre des décisions risquées.
- Les membres du groupe qui sont en désaccord avec l'orientation générale du groupe sont sujets de pressions pour entrer dans les rangs du groupe.
- Les membres du groupe a tendance de prendre des décisions de mauvaise qualité et ceci pour sauvegarder les bonnes relations entre les membres du groupe.

Si le groupe fonctionne bien, il ne sera pas dominé par une partie prenante. Ses participants ne compteront pas sur leurs positions. La richesse des avis et expériences pourra être mise au bénéfice des prises de décision.

Parce que la décision est importante pour les organisations, des techniques et méthodes dont le but est de supporter la prise de décision ont eue beaucoup d'attention récemment. Les systèmes conçus dans ce sens sont appelés "**Systemes d'Aide à la Décision (SAD)**".

## 4. Aide à la décision

### 4.1 Définition de l'aide à la décision

L'aide à la décision peut se définir comme l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités, aide à obtenir les éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à la recommander [9].

Cette définition introduit les termes de modèle, de processus de décision et d'intervenant, décrivant un acteur humain participant au processus de décision. Cet acteur est également rencontré sous le terme de décideur. Il faut noter que ce dernier doit garder son autonomie face aux recommandations du système d'aide à la décision. L'aide à la décision est donc un guide pour lui et ne se substitue pas à son pouvoir de décision.

### 4.2 Informatique décisionnelle

Selon [6], « L'informatique décisionnelle (en anglais : DSS pour Decision Support System ou encore BI pour Business Intelligence) désigne les moyens, les outils et les méthodes qui permettent de collecter, consolider, modéliser et restituer les données, matérielles ou immatérielles, d'une entreprise en vue d'offrir une aide à la décision et de permettre aux responsables de la stratégie d'entreprise d'avoir une vue d'ensemble de l'activité traitée».

D'autre part, un système d'aide à la décision est un système informatique qui combine des modèles et données afin de tenter de résoudre des problèmes non structurés où l'acteur humain est impliqué. La mise en place des systèmes informatiques décisionnels facilite la tâche du décideur dans son processus de prise de décision et permet de fournir amplement d'aide pour ce dernier.

### 4.3 Objectifs de l'aide à la décision

Le besoin intense d'un support d'aide permet de:

- Faire ressortir ce qui est objectif de ce qui l'est moins.
- Séparer les conclusions robustes des conclusions fragiles.
- Avoir une cohérence des raisonnements.
- Faire des interrogation sur les finalités.

Ceci permettra ainsi d':

- Augmenter l'efficacité du décideur;
- Augmenter le profit résultant d'une meilleure décision;
- et de Minimiser le risque qui peut découler d'une mauvaise décision.

L'information est plus que jamais une donnée stratégique pour des entreprises évoluant dans un environnement de plus en plus complexe. L'exploitation de ces données est au service de la stratégie de l'entreprise. Avoir la capacité d'adapter et d'améliorer en permanence son modèle économique est devenu une exigence incontournable pour tout dirigeant d'entreprise. **C'est ce qui peuvent offrir les Systèmes d'aide à la décision (SAD).**

## 5. Système Interactif d'aide à la décision (SIAD)

Le concept de SIAD est apparu dans la littérature dans les années soixante dix. Ce sont des outils spécifiquement développés pour supporter la prise de décision. Ce qui le distingue du SAD est l'existence de l'interaction ou dialogue entre le système et décideur. Plusieurs définitions existent mais différent selon: le type de problèmes, les fonctions du système, ses composants et le processus de développement. Nous exposerons ci-dessous la plus utilisée.

### 5.1 Définition d'un SIAD

« Un SIAD est un système d'information interactif, flexible, adaptable et spécifiquement développer pour aider 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 ces propres idées ou points de vue. Il peut utiliser des modèles , soit standards, soit spécifiques pour supporter les différentes phases de la prise de décision et inclure une base de connaissances » [6].

### 5.2 Caractéristique d'un SIAD

Les SIAD se caractérisent principalement par leur interactivité, leur flexibilité et leur adaptabilité. Ce qui peut s'expliquer par la définition de chacun de ces concepts.

- Système : ensemble complexe et maîtrisable (au sens pilotable).
- Interactif : couplage homme-machine. C'est l'utilisation conversationnelle ou dialogue avec la machine.
- Données et modèles : Il comporte les informations brutes mais aussi les traitements nécessaires et outils pour analyser, comprendre, communiquer, démontrer, etc.
- Problèmes non structurés : Une grande part est faite à l'intuition, au tâtonnement, dépendante de l'expérience du décideur.
- Aider : il. s'agit de fournir au décideur une amplification du pouvoir de raisonnement et non pas de se substituer à ce raisonnement.

### 5.3 Techniques utilisées

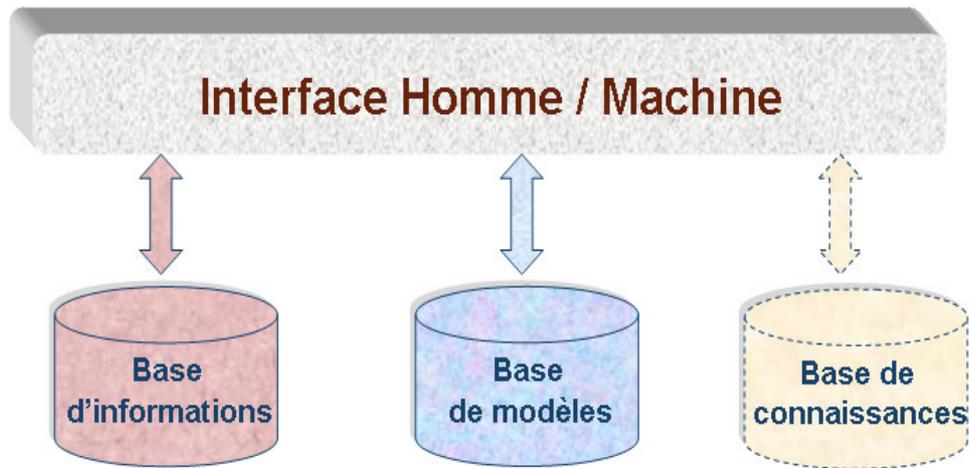
Le développement de tels systèmes implique l'utilisation de plusieurs techniques issues de divers domaines :

- l'informatique,
- la recherche opérationnelle,
- l'intelligence artificielle,
- l'ingénierie logicielle,
- l'interaction homme-machine
- et les télécommunications

Ces domaines offrent des méthodes et des outils permettant d'appuyer un intervenant dans son processus décisionnel.

### 5.4 Composition d'un SIAD

Un SIAD est constitué des composants présentés par la figure 1.3. La composante "Base de connaissance" représentée en pointillé peut être omise. Les fonctionnalités de chacun de ses composants sont décrites ci-dessous.



**Figure 1.3** Composition d'un système interactif d'aide à la décision

1. L'**Interface Homme/Machine** permet la communication entre l'utilisateur et le système.

**Ses fonctions principales sont :**

- Fournir un accès aux bases de données, bases de connaissances et bases de modèles.
- Afficher des informations : graphiques 2D ou 3D, textes, vidéo, images animées ou non.
- Fournir une aide à l'utilisateur pour mener à bien sa tâche et le guider à travers des exemples.
- Fournir une bonne interface conviviale.

2. La **Base d'informations** se compose d'une ou plusieurs bases de données.

**Ses fonctions principales sont :**

- Mettre en corrélation des données de différentes sources.
- Rechercher rapidement des données pour des rapports.
- Réaliser des tâches de recherche complexe et des manipulations de données basées sur des requêtes.

3. La **base de modèles** se compose d'un ensemble de modèles et d'un système de gestion de ceux-ci. (outils de programmation mathématiques, modèles de prédictions, de simulation, des procédures de recherche, des tableurs).

**La fonction principale** est la manipulation de modèles permettant de:

- Fournir les données permettant le calcul pour le modèle choisi.
- Choisir les valeurs des différentes variables de décisions.
- Mener des expériences et des analyses sur les alternatives.

4. **La base de connaissances** qui peut être une source d'informations spécifiques à certains domaines. Ces connaissances déterminent la représentation du problème et les modes de raisonnement des experts pour modéliser le processus de décision.

### 5.5 Fonctionnalités d'un SIAD

Les SIAD offrent plusieurs fonctionnalités qui peuvent être listées ci-dessous:

- a. Offrir une aide pour les problèmes peu ou mal structurés en connectant ensemble des jugements humains et des informations calculées;
- b. Posséder une interface simple et conviviale afin d'éviter que l'utilisateur ne soit perdu devant la complexité du système;
- c. Fournir une aide pour différentes catégories d'utilisateurs ou différents groupes d'utilisateurs;
- d. Aider le décideur et non se substituer à lui. Il faut laisser le contrôle de toutes les étapes du processus de décision au décideur;
- e. Utiliser des modèles qui permettent d'expérimenter différentes stratégies sous différentes conditions. Ces expériences peuvent apporter de nouvelles vues sur le problème et d'acquérir un certain apprentissage;
- f. Le fonctionnement d'un SIAD doit être fait de manière à ce que le décideur le comprenne et l'accepte.

### 5.6 Assistance du SIAD

Un SIAD peut assister le décideur lors des trois premières étapes du processus décisionnel :

- À la phase d'information: Permettant l'exploration de l'environnement afin d'identifier les situations de prise de décision.
- Dans la phase de conception: Pour préciser la situation avec ses hypothèses, générer les solutions possibles et tester leur faisabilité.
- Finalement, lors de la phase de choix: Pour suggérer certaines solutions au décideur parmi les alternatives .

### 5.7 Domaine d'application des SIAD

Depuis une dizaine d'années, de nombreux SIAD ont été développés pour des secteurs aussi variés que les télécommunications, le transport aérien et ferroviaire, la santé et la gestion de projet.

En fait, si l'on souhaite résumer l'ensemble des domaines d'application des SIAD, on pourrait dire que les SIAD peuvent être mis en place au niveau de chaque activité humaine nécessitant un processus de décision élaboré.

**Conclusion**

Toutes les actions prises par n'importe quel individu ou entreprise est précédé par une décision préparée ou pas. Le modèle idéal de décision suppose que le problème à résoudre est parfaitement défini, que l'information complète sur le problème existe et que tous les acteurs ont la capacité de gérer ces informations sachant que les conséquences des différentes alternatives sont connues.

Mais on prendra en partie l'inverse de ce modèle, en soulignant les limites de la capacité cognitive des individus.

Ainsi, on fait évoluer l'analyse en associant au niveau individuel de la décision, le niveau organisationnel. On insiste sur le fait que les acteurs sont guidés par des intérêts et des objectifs propres qui sont fonction de la position qu'ils occupent ou encore du contexte organisationnel.

La mise en place d'un système informatique décisionnelle a pour objectif de faciliter le processus de prise de décision pour un décideur. C'est un ensemble d'outils qui ne remplace en aucun cas ce dernier.

## Chapitre 2

# Approche par la modélisation du problème de Management

### Introduction

Quelque soit le domaine convoité, le décideur a tendance à simplifier la réalité: il fait ressortir les caractéristiques de la réalité selon un archétype ou modèle. Cette simplification est formalisée selon des techniques de représentation ou encore des méthodes de modélisation. Dans ce chapitre, nous allons appréhender ces méthodes en commençant par définir les différents concepts liés et présenter les techniques associées.

#### 1. Définitions de la modélisation

Plusieurs définitions attribuées pour la modélisation existent. Les plus utilisées sont exposées ci-dessous:

**Définition 1 :** « Pour un observateur A,  $\beta$  est un modèle de B, si A peut, à partir de  $\beta$ , apprendre quelque chose d'utile sur le fonctionnement de B » [9].

**Définition 2 :** La modélisation est la représentation d'un système réel dans un langage approprié, par la formalisation de connaissances sous une forme compréhensible et utilisable par diverses personnes ou logiciels, telle qu'elle puisse reproduire un fonctionnement ou prédire un comportement dans d'autres conditions[10].

A partir de ces définitions, nous pourrions conclure que la modélisation est une représentation abstraite de la réalité.

#### 2. Objectif de la modélisation

Un modèle peut être considéré comme un archétype simplifié du monde réel. Il a pour but :

- de prédire les résultats des différentes solutions qui peuvent être apportées aux problèmes réels.
- ou d'aider à mieux atteindre les objectifs fixés;

Le modèle est nécessaire à la prise de la décision, comme le plan est un préalable à la construction d'une maison.

#### 3. Aide à Décision et Modélisation

« Aider à décider, c'est tout d'abord aider à clarifier la formulation, la transformation et l'argumentation des préférences » [11]. En fait, la modélisation est la première étape de l'aide à la décision. Sans modèle, pas d'analyse possible de la situation et donc pas de simulation pour évaluer les solutions ou pour prendre une décision.

L'aide à la décision s'appuie sur la théorie de la modélisation et les systèmes informatiques pour apporter par la simulation des éléments permettant d'aider l'acteur dans sa tâche de décision. Ainsi, la modélisation permet:

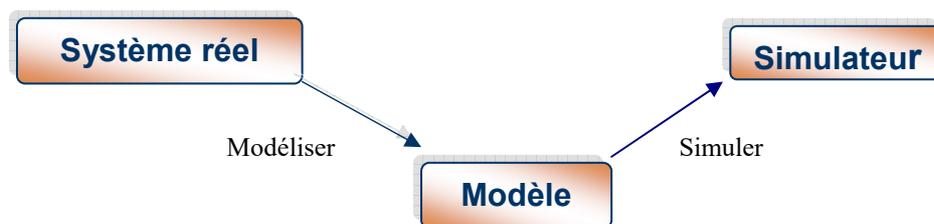
- de choisir les meilleures alternatives d'implantation,
- d'identifier les risques à gérer liés à ce changement,
- tout en bâtissant une vision future du fonctionnement de l'entreprise.

**Le modèle permet de connaître donc les conséquences des décisions avant de les appliquer.**

#### 4. Principe de modélisation

Aujourd'hui, la modélisation et la simulation sont devenues des éléments essentiels dans de nombreux domaines scientifiques, industriels et politiques. Quels que soit ces domaines, la réalité n'est plus considérée qu'à travers des représentations abstraites et simplifiées.

D'autre part, la simulation est l'un des outils d'aide à la décision les plus efficaces mis à la disposition des décideurs et des gestionnaires des systèmes. Elle consiste à conduire des expériences sur un modèle construit afin de comprendre le comportement du système réel et d'en améliorer ainsi les performances.



**Figure 2.1.** Modélisation Vs Simulation

Chacune des étapes de la figure 2.1 est décrite ci-dessous:

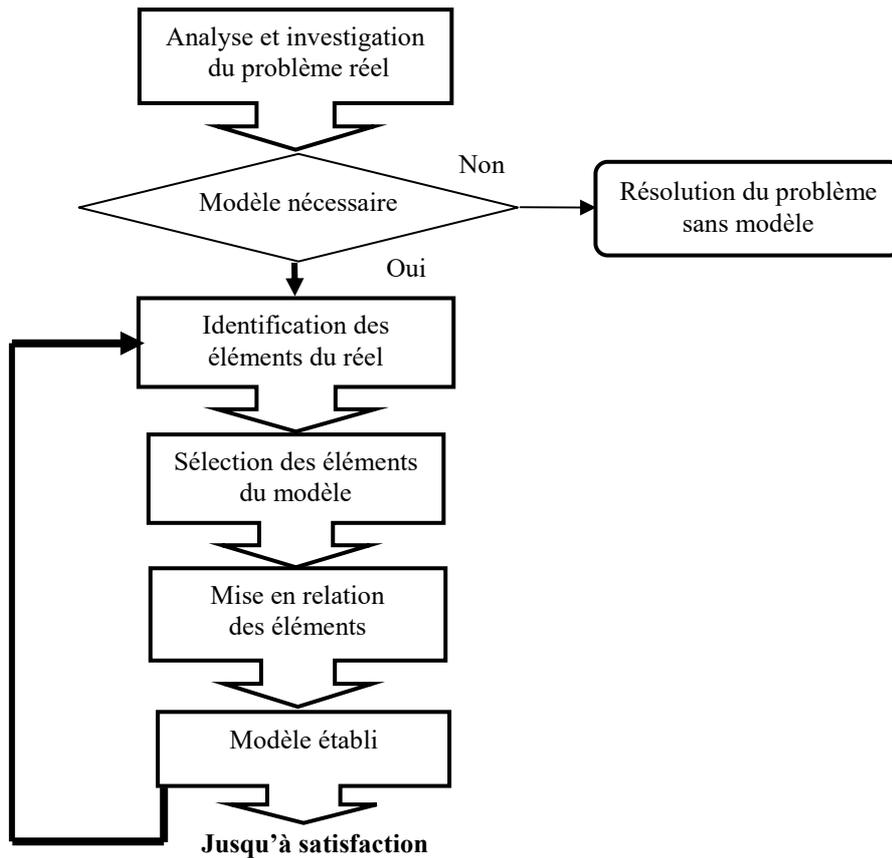
**1. Système réel :** Le système est considéré dans sa globalité. Aussi, le type et le domaine d'application du problème sont clairement explicités: C'est l'étape d'Analyse

**2. Modèle :** Avec l'aide de l'expert, on aboutit à la production d'une représentation abstraite du réel à implémenter. Il faut pour cela choisir les aspects de la réalité qui doivent être pris en compte et les règles qui régissent le système considéré.

**3. Simulateur :** Il exécute les instructions qui définissent le modèle et génère les données reconstituant le comportement du système réel pour des problèmes concrets. Il imite le système réel.

#### 5. Processus de la modélisation

Il est constitué de différentes phases plus ou moins précises qui consistent à construire une structure logique, sélectionner les éléments retenus dans le modèle et déterminer la façon dont ils sont reliés (figure 2.2).



**Figure 2.2.** Processus de la modélisation

Le passage du système à son modèle fait intervenir un code de modélisation. Ce code n'est rien d'autre qu'un langage spécifique ou un outil graphique. Les modèles, quel que soit leur type, sont tous exprimés dans un type de langages formalisés d'une façon plus ou moins abstraite : les techniques de modélisation.

## 6. Techniques de modélisation

Trois grandes catégories de langages sont distinguées:

### 6.1 Langages littéraires

Ils sont formés de symboles littéraires assemblés en structures. Ils permettent de décrire la réalité qui peut se faire de la façon la plus simple au monde : écrire au fur et à mesure ce qui est observé (Texte).

Exemple : L'entreprise PEP produit le médicament TYPYC. Ce médicament est habituellement prescrit pour des thérapies légères de troubles gastriques. Ce médicament est largement apprécié par ses patients qui le jugent suffisamment efficace, sans se poser trop de question sur le prix, même s'ils ne sont pas remboursés par leur assurance de base. La stratégie de l'entreprise vise à développer la vente de ce médicament sur les marchés européens par plusieurs méthodes: la publicité et la visite de représentants auprès des médecins.

Cette catégorie de représentation est plus riche en informations mais moins intelligible aussi.

## 6.2 Langages iconiques ou pictographiques

Représentés par des symboles graphiques, ils sont constitués, généralement, par des états et des transitions qui montrent les transformations entre ces états.

Exemple: Les réseaux de Pétri sont un exemple concret de ce type de langages. Ils offrent une large gamme d'outils d'analyse et présentent une simplicité et une grande capacité de représentation graphique. Ils posent aussi des bases graphiques pour l'enchaînement des activités d'un processus d'affaire.

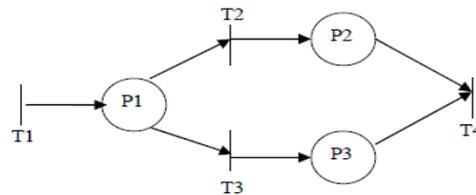


Figure 2.3. Exemple de séquence de réseau de Petri

## 6.3 Langages logico-mathématiques

Ils sont formés de symboles obéissant à des règles précises de structuration. En effet, tout problème peut être modélisé par la suite de raisonnements qui sont décomposables en règles logiques. Ces règles sont employés conjointement à une structuration des connaissances (règles de production), ce qui permet d'évaluer une situation donnée. Le décideur peut préparer différentes bases de règles pour différents modèles d'évaluation.

## 7. Niveaux de représentations et espace de résolution

### 7.1 Niveaux de représentation

Le passage de la perception à la représentation n'est pas immédiat pour le décideur. En général, le problème à résoudre ne se présente pas sous forme d'opérations simples; il y a une étape de structuration (niveaux) pour passer de la réalité à sa représentation.

D'autant plus que la représentation admet des niveaux qui correspondent plus ou moins aux niveaux de traitement qui sont: **Théories** → **Modèles** → **Données**

Exemple :

**Théories :** Recherche Opérationnelle

Géométrie  
Statistiques  
Base de Données

**Modèles :** Programmation Linéaire (Écriture des équations)

Géométrie analytique (Repères)  
Régression (Équations et Courbes)  
Relationnelle(Choix des variables)

**Données :** Nombres réels ou entiers

variation coordonnées  
Données statistiques  
Domaines des attributs

## 7.2 Espace de résolution

On distingue deux espaces de résolution:

- **1er Espace de résolution**

On a un premier espace de résolution formé de modèles: un état de cet espace est un modèle, les opérateurs de cet espace sont des opérateurs de choix de modèles.

- **2d Espace de Résolution**

Pour un modèle fixé, le système, fonctionne dans un espace de résolution formé d'états du type objets-valués afin d'évaluer les résultats. Il est indiqué qu'un objet-valué est un couple (objet, valeur).

La classification de modèle se fait selon deux grandes familles de modèles décrites ci-dessous.

## 8- Classification de modèles

### 8.1 Modèles normatifs

Ils fournissent la meilleure solution et explorent l'ensemble des solutions. Trois grandes familles de modèles normatifs existent:

**a. Énumération complète :** Ils trouvent la meilleure solution parmi un ensemble relativement petit d'alternatives (exemple: les arbres de décision,...).

**b. Optimisation via des formules analytiques :** Ils trouvent la meilleure solution en une seule étape en utilisant une formule.

**c. Optimisation via des algorithmes :** Ils trouvent la meilleure solution parmi un ensemble important d'alternatives, en utilisant un processus d'amélioration pas-à-pas (exemple: Programmation linéaire, modèles de programmation mathématique..).

### 8.2 Modèles descriptifs

Ils donnent une solution satisfaisante, mais n'explorent qu'une partie des solutions - ou espace de recherche. Parmi les modèles descriptifs, on peut citer:

**a. Simulation :** C'est une technique pour mener des expériences: Une assez bonne solution est trouvée parmi les alternatives évaluées durant la simulation.

Elle a pour objet de décrire les caractéristiques du système donné sous différentes configurations. Dès que ces caractéristiques sont connues, la meilleure solution parmi les alternatives évaluées est choisie. On peut citer les équations différentielles et les automates cellulaires .

**b. Prédiction :** Ils permettent de prédire le futur, c'est-à-dire de prévoir les conséquences des différentes alternatives dans un mois ou plusieurs afin de mieux évaluer celles-ci et de faire un choix.

On peut évoquer parmi les méthodes de prédictions les plus connues, les modèles markoviens qui sont des outils de la théorie des probabilités. Ils permettent d'étudier l'évolution des états d'un système en connaissant les lois qui régissent les transitions du système, en l'occurrence la probabilité de passer d'un état « s » à un autre état « s' ».

**c. Heuristique :** Ils relèvent des connaissances d'ordre pragmatique ou pratique et traduisent un savoir faire ou une expérience. L'utilisation de règles empiriques et expérimentales peuvent faciliter la situation (exemple les systèmes à base de connaissance).

### 9. Caractéristiques d'un modèle

Dans toute modélisation, on cherche à concevoir un bon modèle. Toutefois, ce dernier doit remplir certaines qualités.

Ainsi, un bon modèle doit:

- avoir une structure simple.
- être robuste.
- être contrôlable (Existence de facteurs conditionnant l'évolution phénomène).
- être adaptatif .
- être complet.
- être évolutif .

Néanmoins, certaines de ces propriétés peuvent être conflictuelles.

### 10. Contraintes de modélisation

Une réalité donnée peut conduire à un grand nombre de modèles différents qui dépendent :

- du problème à résoudre.
- de l'utilisation que l'on souhaite faire du modèle.
- et des a priori du modélisateur.

Il est indiqué que la modélisation des organisations humaines est plus difficile que celles des autres systèmes pour les raisons suivantes :

- La description de ses éléments est plus complexe.
- Le hasard et les interférences d'autres systèmes sont fréquents.
- Aussi, il existe moins de lois fondamentales décrivant le comportement de ces systèmes, comparé aux autres.

### Conclusion

Les représentations forment le bagage nécessaire qui nous permet d'interpréter nos perceptions et d'effectuer une première structuration statique des informations qui nous parviennent de l'environnement. Une représentation est structurée quand on peut lui associer un modèle.

Aussi, l'entreprise est un système complexe et évolutif. Au travers des nombreuses informations, il est parfois difficile de s'y retrouver pour prendre une décision en toute connaissance des conséquences. Concevoir et développer un modèle de la réalité est le premier pas vers la prise de décision.

# Chapitre 3

## Méthodes et Outils d'aide à la décision

### Introduction

Ce que les hommes ont de tout temps désiré, c'est comprendre les faits pour prévoir les événements et enfin anticiper leurs actions. Le processus de décision est l'un des plus complexes par sa nature car une décision, entraîne plusieurs actions et engage celui qui la prend. Ceci à entraîner un besoin intense de support d'aide pour augmenter l'efficacité du décideur tout en minimisant le risque que peut découler d'une mauvaise décision.

De nombreux méthodes et outils existent pour appuyer le décideur dans son processus décisionnel et par conséquent augmenter le profit résultant d'une meilleure décision. Les plus utilisés sont détaillés dans les sections suivantes.

### 1. La Programmation mathématique Linéaire (PL)

La PL est considérée parmi les outils mathématiques les plus utilisée dans le domaine décisionnel. Elle a été développé durant la seconde guerre mondiale pour être appliquer aux opérations militaires telles la répartition des troupes, du matériel, des ressources et l'approvisionnement en vivres, en pièces et en armement. En effet, de tels problèmes ont été assez complexes. Il fallait chercher la quantité des produits à fabriquer ou à consommer pour obtenir un bénéfice global maximal et éviter le minimum de gaspillage.

Naturellement, plusieurs spécialistes se penchèrent sur la question et parmi eux, George Dantzig. Une théorie a été développé pour résoudre ce genre de problèmes: la programmation linéaire [12]. Peu après la guerre, ce dernier formula de manière plus générale ce genre de problèmes et proposa une méthode de résolution, la méthode du simplexe[12].

#### 1.1 Principe et objectifs de la PL

La modélisation d'un problème par un programme linéaire se base sur le principe suivant:

- Elle intègre un ou plusieurs modèles mathématiques.
- Le comportement du modèle est décrit avec des équations ou des inéquations.
- Une procédure d'estimation de paramètres est utilisée et des données peuvent servir de base à cette estimation.
- La meilleure solution est recherchée en appliquant une méthode d'optimisation. L'optimisation est considérée comme une branche à part entière des mathématiques.

Le problème d'optimisation consiste généralement à maximiser (ou minimiser) une fonction objectif linéaire de  $n$  variables de décision. Les ressources sont soumises à un ensemble de contraintes exprimées sous forme d'équations ou d'inéquations linéaires.

L'objectif est de déterminer l'affectation optimale de ressources entre les activités ou produits concurrents ou un ordonnancement de tâches.

## 1.2 Problèmes se ramenant à la PL

Les problèmes qui se ramènent à la programmation linéaire s'intègrent plus particulièrement dans le domaine de l'économie. Ils peuvent englober les activités suivantes:

- La gestion et l'utilisation des ressources rares pour accroître la productivité;
- La distribution des biens;
- L'ordonnancement de la production;
- La sélection du portefeuille;
- La conception et l'analyse de réseaux de transport.

## 1.3 Modélisation d'un problème se ramenant à la PL

La modélisation d'un problème se ramenant à la PL consiste à sa mise en forme mathématique. Pour cela, il faut:

- Définir les variables de décision : ensemble des variables qui régissent la situation à modéliser.
- Préciser la fonction objectif ou but: fonction mathématique composée des variables de décision qui représente le modèle physique modélisé.
- Préciser les contraintes du problème: ensemble des paramètres qui limitent le modèle réalisable (équations ou inéquations composées des variables de décision).
- Préciser les paramètres du modèle: constantes associées aux contraintes et à la fonction objective.

Ce qui se traduit mathématiquement par:

### Fonction objectif

- Maximiser ou minimiser

$$Z ( c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n )$$

### Contraintes

- $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n (\leq, =, \geq) b_1$
- $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n (\leq, =, \geq) b_2$
- $a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n (\leq, =, \geq) b_m$

### Contraintes de non-négativité

- $x_j \geq 0 ; j = 1, 2, 3, \dots n$

### La terminologie utilisée pour un modèle PL

- Activités : Ensemble des actes et opérations à effectuer  $\rightarrow j = 1, \dots n$  activités
- Variables de décision (inconnues):  $x_j$
- Ressources : Moyens disponibles pour effectuer les activités  $\rightarrow b_i, i = 1, \dots m$
- Quantité requise de ressource: Quantité unitaire de ressources consommées pour chaque activité  $\rightarrow a_{ij}$
- Coût ou profit: Mesure de performance de l'allocation des ressources aux activités  $\rightarrow c_j$

### 1.4 Écriture mathématique de Problème linéaire

Tout programme linéaire peut être écrit sous forme canonique ou sous forme standard ou encore sous forme matricielle. Ces écritures sont décrites ci-dessous:

$$\max z = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i, \quad \text{pour } 1 \leq i \leq m$$

$$x_j \geq 0, \quad \text{pour } 1 \leq j \leq n$$

#### Forme canonique

$$\boxed{\begin{array}{l} \max ({}^t c x) \\ Ax=b \\ x \geq 0 \end{array}} \quad c = \begin{pmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_n \\ 0 \end{pmatrix} \quad x = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \\ x_{n+m} \end{pmatrix} \quad x, c \in \mathbb{R}^{n+m},$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} & 1 & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & \dots & a_{2n} & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & & & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad b = \begin{pmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix} \quad b \in \mathbb{R}^m$$

$$A \in M_{m, n+m}(\mathbb{R}),$$

#### Forme standard

$$\max z = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j + x_{n+i} = b_i, \quad \text{pour } 1 \leq i \leq m$$

$$x_j \geq 0, \quad \text{pour } 1 \leq j \leq n$$

$$x_{n+i} \geq 0, \quad \text{pour } 1 \leq i \leq m$$

#### Forme matricielle

### 1.5 Exemple de modélisation d'un problème se ramenant à PL

Un pâtissier dispose de: → (Ressources)

- 8 kg de pommes
- 2,5 kg de pâte
- 6 plaques

pour confectionner des chaussons et des tartes → (Activités 1 et 2)

#### ○ **Activité 1**

Pour faire un chausson, il faut: → (Quantité requise de ressource)

- 150 g de pommes
- et 75 g de pâte

Chaque chausson est vendu 3 DA → (Coût ou profit)

#### ○ **Activité 2**

Pour faire une tarte, il vous faut → (Quantité requise de ressource)

- 1 kg de pommes
- 200 g de pâte
- et une plaque

Chaque tarte est divisée en 6 parts vendues chacune 2 DA → (Coût ou profit)

Que faut-il cuisiner pour maximiser le chiffre d'affaires de la vente? → (Chercher la Solution Optimale).

**La modélisation du problème:**

Définissons des variables de décision:  $x_1$  ,  $x_2$

Il ne faut pas utiliser plus de ressources que disponibles.

Ressources, Quantité requise de ressource, Niveau activation

- $150x_1 + 1000 x_2 \leq 8000$  (pommes)
- $75x_1 + 200x_2 \leq 2500$  (pâte)
- $x_2 \leq 6$  (plaques)

Coût ou profit: Le chiffre d'affaires associé à une production ( $x_1; x_2$ ) est

$$z = 3x_1 + (6 \times 2)x_2 = 3x_1 + 12x_2$$

On ne peut pas cuisiner des quantités négatives :  $x_1$  et  $x_2 \geq 0$

**1.6 Résolution d'un problème Linéaire**

Un programme linéaire peut être résolu par:

- Méthodes graphiques (difficile à réaliser lorsqu'il y a 3 variables et impossible pour plus de 3 variables).
- Méthodes Algébriques telle la méthode du simplexe[12].

Une solution admissible ou réalisable est un n-uplet qui vérifie toutes les contraintes. Parmi ces solutions admissibles, celles pour lesquelles la fonction économique est optimale, s'appellent " solutions optimales".

**1.7 Avantage de la PL**

La programmation linéaire est parmi les méthodes les plus utilisées pour son efficacité. Elle offre des possibilités de modélisation et un ensemble de méthodes permettant d'aboutir à des solutions cohérentes des modèles.

Elle s'est imposée auprès des dirigeants des grands organismes comme les seuls outils permettant de prévenir aussi objectivement que possibles les conséquences de leurs actions.

**2. Les Modèles probabilistes et les modèles quantitatifs non probabilistes**

L'incertitude dans la connaissance des événements futurs est à la base de nombreux problèmes de décision. Il est facile de se convaincre de l'omniprésence de l'incertitude, non seulement dans l'entreprise mais dans la vie quotidienne. La représentation numérique des préférences est largement utilisée dans la littérature, notamment dans la théorie de la décision, particulièrement le modèle de l'utilité espérée introduit par von Neumann et Morgenstern [13] qui, par la suite, a été modifié et généralisé par de nombreux chercheurs.

Le modèle de l'utilité espérée traite le problème de la décision dans l'incertain. Dans ce cas, l'incertitude sur les connaissances dont l'agent dispose sur l'état du monde pour définir ses préférences est modélisée dans un cadre probabiliste. Par la suite, nous nous intéressons au même problème, mais l'incertitude est modélisée dans un cadre non probabiliste. Dans ce contexte, nous présentons les critères de décision recensés par Duncan et Raiffa dans [14].

**2.1 Modèle probabiliste**

Une situation de décision correspond à un choix effectué par un agent parmi une liste d'alternatives possibles, où le résultat peut être, par exemple, une alternative qui a la plus grande mesure de "désirabilité" (utilité), ou celle qui est préférée à toutes les autres.

Cependant, lorsqu'un décideur effectue son choix, plusieurs éléments peuvent intervenir comme par exemple : ses connaissances sur l'état du monde, ses préférences sur les résultats possibles de sa décision, ses désirs ou éventuellement certaines émotions comme le regret et bien évidemment d'autres facteurs.

Dans des situations, où le décideur a la certitude d'obtenir l'alternative qu'il a choisie, on parle de la décision avec certitude, qui concerne un problème de choix déterministe, c'est-à-dire qu'il n'y a qu'une seule conséquence ou état résultat pour chaque alternative.

Dans l'autre cas où les différents facteurs ne sont pas tous connus, alors il s'agit d'un problème de choix sous incertitude. On parle alors de décision dans l'incertain.

L'incertitude peut être due à plusieurs éléments :

- Le décideur peut être en situation d'ignorance totale s'il ne dispose d'aucune information sur son environnement.
- Lorsque le décideur a des informations manquantes ou qui ne sont que partiellement observées, dans ce cas ses connaissances sur l'environnement sont incomplètes.
- Les connaissances du décideur sur son environnement sont considérées imprécises dans le cas où il dispose d'informations vagues.

Dans ces situations, les différentes alternatives parmi lesquelles le décideur va effectuer son choix peuvent conduire à différentes conséquences possibles. Pour analyser et modéliser ce type de situations, nous considérons que les préférences d'un décideur sur les différentes alternatives sont fonction des conséquences (ou effets résultants de la mise en œuvre de chaque alternative). L'existence de l'incertitude peut être modélisée dans un cadre probabiliste [14] et les préférences par une fonction d'utilité ( $u$ ).

## 2.2 Exemple se ramenant à un modèle probabiliste

Nous illustrons ce problème de décision sous incertitude par l'exemple de Savage [15]: Un agent  $a$ , à sa disposition, un bol avec une omelette faite avec 5 œufs, un sixième œuf dont il ignore l'état (bon ou mauvais), et une tasse vide.

Supposons que cet agent doit faire un choix entre les trois alternatives suivantes :

- casser le sixième œuf directement dans le bol,
- le casser au préalable dans la tasse vide pour savoir son état (bon ou mauvais),
- jeter l'œuf sans même le casser.

Le problème de choisir entre les trois alternatives est un problème de décision sous incertitude car on ne connaît pas a priori l'état de l'œuf. Les préférences du décideur correspondent aux conséquences possibles de la décision selon l'état de l'œuf et qui résultent de la mise en œuvre de chaque alternative suivant l'état de l'œuf.

Les croyances, a priori, sur l'état de l'œuf et de l'effet procuré c.-à-d. plaisir ou désagrément qui lui est procuré par chacune des conséquences possibles, permettent de déterminer la meilleure alternative qu'il préfère. Ce problème de la décision avec incertitude, peut être formalisé par une matrice de décision qui est une représentation fréquemment utilisée dans les problèmes de décision.

Alternatives	Etats de l' œuf	
	œuf bon	œuf mauvais
Casser l' œuf dans le bol	omelette à six œufs	omelette gâchée
Casser l' œuf à part	omelette à six œufs et une tasse à laver	omelette à cinq œufs et une tasse à laver
jeter l' œuf	omelette à cinq œufs (1 œuf gâché)	omelette à cinq œufs

**Tableau 3.1.** Matrice de décision

Dans ce qui suit, nous considérons les notations suivantes :

-  $S$  représente l'ensemble des états du monde possibles. Un état du monde peut être vu comme une description complète de l'environnement c.à.d. toutes les représentations possibles de l'incertitude.

-  $A$  correspond à l'ensemble des alternatives sur lesquelles un agent définit ses préférences.

-  $X$  un ensemble contenant toutes les conséquences possibles générées par la mise en œuvre de chaque alternative, étant donné un état du monde.

Étant donné  $s \in S$ , et l'alternative  $a \in A$ ,  $a(S)$  est un vecteur qui précise ce que l'agent obtient dans chaque état s'il choisit cette alternative.  $a(s)$  correspond à la conséquence de l'alternative  $a$  dans l'état  $s$ .

-  $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  indiquent les probabilités d'obtenir les conséquences  $x_i$  dans  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  à l'exécution des alternatives  $a_i$ .

Dans l'exemple donné, l'ensemble des états du monde  $S = \{s_1, s_2\}$  représente l'état de l'œuf :  $s_1 =$  œuf bon,  $s_2 =$  œuf mauvais. L'ensemble d'alternatives est  $A = \{a_1, a_2, a_3\}$  :  $a_1 =$  casser l'œuf dans le bol,  $a_2 =$  casser l'œuf à part,  $a_3 =$  jeter l'œuf.

L'ensemble de conséquences est  $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$ . Chacun de ces états est décrit par :

- $x_1 =$  omelette à six œufs, correspond à la conséquence obtenue lorsque l'alternative  $a_1$  est choisie et l'état de l'œuf est  $s_1$  (bon). Nous pouvons donc la représenter par  $a_1(s_1)$ ,
- $x_2 =$  omelette gâchée. Représentée aussi par  $a_1(s_2)$ , correspond à la conséquence obtenue lorsque l'alternative  $a_1$  est choisie et l'état de l'œuf est  $s_2$  (mauvais),
- $x_3 =$  omelette à six œufs et une tasse à laver ( $a_2(s_1)$ ),
- $x_4 =$  omelette à cinq œufs et une tasse à laver ( $a_2(s_2)$ ),
- $x_5 =$  omelette à cinq œufs + 1 œuf gâché ( $a_3(s_1)$ ),
- $x_6 =$  omelette à cinq œufs ( $a_3(s_2)$ ).

### 2.3 Modèle de l'utilité espérée ou modèle probabiliste de base

Le modèle d'utilité espérée est introduit par von Neumann et Morgenstern [13] comme un élément fondamental dans les théories de décision et de choix social, dans la mesure où il fournit une représentation très simple des préférences. Il est considéré comme un critère d'évaluation et de comparaison des différentes alternatives.

En effet, le choix entre deux alternatives, a priori différentes, se ramène à la comparaison de deux nombres, représentant l'utilité moyenne ou l'utilité espérée, de celles-ci.

Le choix de la meilleure alternative peut être, par exemple, une alternative ayant la meilleure conséquence possible, la moins mauvaise ou encore celle qui a, en moyenne la meilleure conséquence possible.

Du point de vue de von Neumann et Morgenstern [13], le modèle de l'utilité espérée est basé sur des axiomes qui ont été, à l'origine, formulés dans le cas où la distribution de probabilité des états du monde possibles est connue. Dans ce cas, le choix est, généralement, considéré sous risque. A chaque alternative  $a$  dans  $A$  de conséquences  $x_1$  avec probabilité  $p_1$ ,  $x_2$  avec probabilité  $p_2, \dots, x_n$  avec probabilité  $p_n$ , est associée une mesure appelée utilité espérée, notée  $UE(a)$ .

$UE(a)$  est calculée par :

$$UE(a) = \sum_{i=1}^n p_i * u(x_i) \quad (3.1)$$

Ainsi, si le décideur doit choisir entre l'alternative  $a_1$  de conséquences  $x_1$  avec probabilité  $p_1$ ,  $x_2$  avec probabilité  $p_2, \dots, x_n$  avec probabilité  $p_n$  et l'alternative  $a_2$  de conséquences  $y_1$  avec probabilité  $p'_1$ ,  $y_2$  avec probabilité  $p'_2, \dots, y_m$  avec probabilité  $p'_m$ , alors l'alternative  $a_1$  est préférée à l'alternative  $a_2$  si et seulement si l'utilité espérée de  $a_1$  est supérieure ou égale à celle de l'alternative  $a_2$ .

Formellement, on écrit :

$$\forall a, b \in A \quad a \succeq b \text{ si et seulement si } \sum_{i=1}^n p_i * u(x_i) \geq \sum_{j=1}^m p'_j * u(y_j) \quad (3.2)$$

Par la suite, Savage [15] a étendu et a modifié le modèle de l'utilité espérée dans le sens où les agents n'ont plus à choisir entre des alternatives aléatoires comme chez Von Neumann et Morgenstern [13], mais plutôt, entre des alternatives dont les conséquences dépendent de la réalisation de l'état du monde.

## 2.4 Les modèles non probabilistes: critères de décision dans l'incertain

Dans ce qui précède, l'incertitude sur l'ensemble des états du monde possibles est modélisée dans un cadre probabiliste. Par ailleurs, il existe plusieurs autres travaux où l'incertitude est représentée dans un cadre non probabiliste. Nous citons, par exemple, les travaux présentés par Luce et Raiffa [14] où ils décrivent plusieurs critères de décision dans l'incertain : *maximin*, *minimax regret*, *Hurwicz* et *Laplace*.

Pour présenter les résultats de chacun des quatre critères, nous considérons la matrice de décision de l'exemple de Luce et Raiffa [14] présentée dans le tableau 1.2.

$\mathbf{a}_1$	$s_1$	$s_2$	$s_3$
$\mathbf{a}_2$	2	12	-3
$\mathbf{a}_3$	5	5	-1
	0	10	-2

**Tableau. 3.2.** Matrice de décision de l'exemple de Luce et Raiffa [14]

Cette matrice représente un problème de décision concernant un choix à faire entre trois alternatives  $a_1$ ,  $a_2$  et  $a_3$ . Les états du monde possibles sont  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$ . La mesure 2 (resp. 12, -3, 5, etc.) représente l'utilité de la conséquence obtenue du choix de l'alternative  $a_1$  dans l'état du monde  $s_1$  (resp.  $a_1$  dans l'état  $s_2$ ,  $a_1$  dans l'état  $s_3$ ,  $a_2$  dans l'état  $s_1$ , etc.).

Nous avons donc :  $u(a_1(s_1)) = 2$ ,  $u(a_1(s_2)) = 12$ ,  $u(a_1(s_3)) = -3$ ,  $u(a_2(s_1)) = 5$ , etc.

Le choix entre les différentes décisions peut prendre en considération l'un des critères suivant:

### 2.4.1 Le critère maximin

Ce critère est appelé aussi critère de Wald [16]. Les alternatives sont ordonnées selon leur conséquences ayant la plus petite utilité, c'est-à-dire que chaque alternative est évaluée d'abord par rapport à l'utilité de chacune de ses conséquences comme suit :

$$uw(a_{\alpha \in A}) = \min_{s \in S} u(a(s)) \quad (3.3)$$

$uw(a)$  indique l'utilité de l'alternative  $a$  lorsque nous appliquons le critère maximin (Wald). Une fois toutes les alternatives sont évaluées, la meilleure est donc celle qui satisfait :

$$\max_{\alpha \in A} (uw(a)) \quad (3.4)$$

Dans notre exemple:

- $uw(a_1) = \min(u(a_1(s_1)), u(a_1(s_2)); u(a_1(s_3))) = -3,$
- $uw(a_2) = \min(u(a_2(s_1)), u(a_2(s_2)); u(a_2(s_3))) = -1,$
- $uw(a_3) = \min(u(a_3(s_1)), u(a_3(s_2)); u(a_3(s_3))) = -2.$

L'application de l'équation 3.4 donne comme meilleure alternative ( $a_2$ ).

### 2.4.2 Le critère minimax regret

Le principe de ce critère [15] consiste à minimiser le regret le plus élevé lorsqu'un agent effectue ses choix sur un ensemble d'alternatives. Les utilités des alternatives sont transformées en regrets. Le regret associé à une alternative dans un état du monde donné, correspond à la différence entre l'utilité de la meilleure conséquence qui aurait pu être obtenue à l'exécution de l'alternative pour cet état et l'utilité de l'alternative sélectionnée.

La meilleure alternative est donc celle qui satisfait :

$$\min_{\alpha \in A} (\max_{s \in S} R(a(s))) \quad (3.5)$$

$R(a(s))$  correspond au regret associé à la réalisation de l'alternative  $a$  dans l'état du monde  $s$ .

$R(a(s))$  est calculé comme suit :

$$R(a(s)) = (\max_{b \in A} u(b(s))) - u(a(s)) \quad (3.6)$$

Si nous considérons le problème représenté par la matrice de décision du tableau 3.2 alors les regrets associés aux alternatives dans les états du monde possibles sont représentés dans le tableau suivant :

	$s_1$	$s_2$	$s_3$
$a_1$	3	0	2
$a_2$	0	7	0
$a_3$	5	2	1

**Tableau. 3.3.** Matrice de regret de l'exemple de Luce et Raiffa [14]

### 2.4.3 Le critère Hurwicz

Ce critère prend en compte un coefficient de pessimisme  $\alpha \in [0,1]$  pour faire un compromis entre l'utilité obtenue dans le pire cas et l'utilité obtenue dans le meilleur cas.

La meilleure alternative est celle qui satisfait :

$$\max_{a \in A} (\alpha * \min_{s \in S} u(a(s)) + (1 - \alpha) * \max_{s \in S} u(a(s))) \quad (3.7)$$

Notons que lorsque  $\alpha = 1$ , nous retrouvons le critère maximin.

Dans notre exemple, ce critère conduit à choisir l'alternative  $a_3$  avec  $\alpha = 3/4$ . Les alternatives sont classées comme suit :  $a_3 > a_1 > a_2$ .

#### 2.4.4 Le critère de Laplace

Lorsque le décideur, qui définit ses préférences sur un ensemble d'alternatives, est dans une situation d'ignorance totale sur l'état réel du monde, alors ce critère propose d'associer à chaque alternative la moyenne des utilités de toutes ses conséquences possibles.

Si  $S = \{s_1, \dots, s_n\}$ , la meilleure alternative est donc celle qui satisfait :

$$\max_{a \in A} \left( \frac{u(a(s_1)) + u(a(s_2)) + \dots + u(a(s_n))}{n} \right) \quad (3.8)$$

Dans notre exemple, ce critère conduit à choisir l'alternative  $a_1$ . L'ordre dans lequel les alternatives sont classées est :  $a_1 > a_2 > a_3$ .

#### 2.4.5 Règles de choix entre critères

Malgré la diversité des critères de décisions qui peuvent être utilisés pour le choix d'une alternative dans l'incertitude, aucun n'est totalement satisfaisant. En fait, le choix d'un critère à utiliser, pose un grand problème du fait que pour un même problème de décision, l'utilisation de tous les critères conduisent à des solutions contradictoires.

Dans notre exemple, les alternatives  $a_1$ ,  $a_2$  et  $a_3$  sont classées dans chaque critère comme suit:

- Maximin :  $a_2 > a_3 > a_1$ ,
- Minimax regret :  $a_1 > a_3 > a_2$ ,
- Hurwicz  $\alpha = 3/4$  :  $a_3 > a_1 > a_2$ ,
- Laplace :  $a_1 > a_2 > a_3$ .

Il est clair que l'utilisation de ces critères conduit à des situations très sensibles, ce qui doit mener à une formalisation de ces derniers.

### 3. Les Modèles déclaratifs : logique propositionnelle, autres logiques, cadres sémantiques

Les connaissances représentent toutes les formes de savoir et savoir-faire de l'humain. Ce sont des objets et des concepts qui forment le monde réel. C'est aussi les relations qui lient ces objets et les procédures de raisonnement sur ces concepts.

Ainsi, pour représenter ces dernières dans le contexte décisionnel dans une activité particulière, il faut :

- **Une représentation des ces connaissances** par une transcription sous une forme symbolique exploitable par un système de raisonnement.
- **Une Formalisation de cette représentation** par un système pour l'exploitation de la connaissance.

En effet, après la phase de modélisation, l'analyste ou l'homme d'étude doit être capable de se servir du modèle et raisonner sur celui-ci. Ceci peut être fait par des schémas de représentation logique, ou par des réseaux sémantiques ou encore des schémas de représentation procédurale tels les systèmes à base de règles.

### 3.1 Logique propositionnelle

Les logiques sont utilisées en informatique pour modéliser de manière formelle les "objets" rencontrés. Elles sont à la base de l'étude des raisonnements, c'est-à-dire des déductions que l'on peut faire sur les modèles formels [17].

La logique des propositions s'intéresse à des énoncés (les propositions) qui peuvent être soit vrais soit faux, ainsi qu'aux rapports entre ces énoncés. Les éléments de base de la logique des propositions sont les propositions atomiques également appelées atomes.

#### 3.1.1 Principe de la logique propositionnelle

C'est un langage formel constitué d'une syntaxe bien définie « expression légale ou « bien-formées » et d'une sémantique équivalente à « ce que les expressions légales veulent dire ». Cela représente la vérité de chaque énoncé étant donné un monde possible.

Un système de preuves ou d'inférence est utilisé comme un moyen de manipulation des expressions syntaxiques pour en obtenir d'autres ce qui nous donne de nouvelles connaissances.

En général, Une proposition générale correspond à des propositions atomiques connectées suivant des règles. Les connections existantes sont : la conjonction (et,  $\wedge$ ), la disjonction (ou,  $\vee$ ), la négation (non,  $\neg$ ), l'implication ( $\Rightarrow$ ) et la double Implication ( $\Leftrightarrow$ ). L'interprétation d'une proposition consiste à lui attribuer une valeur logique V ou T (pour vrai ou true) ou F (pour faux ou false). On parle alors d'énoncé constitué de variables propositionnelles.

Exemple: Amine habite une maison jaune : habite (Amine , maison)  $\wedge$  couleur (maison , jaune)

Pour pouvoir interpréter une proposition, il est nécessaire d'avoir une interprétation de chaque proposition atomique qui la compose. On utilise pour cela la table de vérité.

#### 3.1.2 Table de vérité

P	Q	$\neg P$	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$P \Rightarrow Q$	$P \Leftrightarrow Q$
False	False	True	False	False	True	True
False	True	True	False	True	True	False
True	False	False	False	True	False	False
True	True	False	True	True	True	True

Tableau. 3.4. Table de vérité

De ce fait, on peut construire la table de vérité d'une formule plus complexe, en la décomposant en partie.

**Exemple :**  $A \wedge (\neg C \vee B)$

A	B	C	$\neg C$	$(\neg C \vee B)$	$A \wedge (\neg C \vee B)$
F	F	F	T	T	F
F	F	T	F	F	F
F	T	F	T	T	F
F	T	T	F	T	F
T	F	F	T	T	T
T	F	T	F	F	F
T	T	F	T	T	T
T	T	T	F	T	T

**Tableau. 3.5. Table de vérité d'un exemple de proposition**

### 3.1.3 Raisonnement avec logique

Comme il a été énoncé précédemment, la logique propositionnelle est un langage formel qui est défini par [17]:

- Une Syntaxe – Expressions légales (bien-formées);
- Une Sémantique – ce que les expressions légales veulent dire; Elle représente la vérité de chaque énoncé étant donné un monde possible.

- Un système de preuves (d'inférence): un moyen de manipulation des expressions syntaxiques pour en obtenir d'autres (qui nous donne une nouvelle connaissance)

Raisonnement ou faire des inférences permet de dériver de nouvelles conclusions à partir des énoncés existants dans la base de connaissances. L'inférence utilise pour cela la notion de « conséquence logique ».

L'inférence logique est définie donc par une série de propositions qui sont vraies et la déduction de nouveaux faits vrais de celles-ci et qui sont des conséquences logiques des propositions initiales. L'opérateur d'inférence est noté ( $\models$ ).

### 3.1.4 Règles d'inférence

Trois formes de dérivation ou de dérivations existent:

- **Modus Ponens** (implication -élimination) est définie par la règle suivante:

**Si A et  $(A \Rightarrow B)$  alors on déduit B. On note alors  $\{A, A \Rightarrow B\} \models B$ .**

- **Modus Tollens** est définie par la règle suivante:

**Si  $\neg B$  et  $(A \Rightarrow B)$  alors on déduit  $\neg A$ .**

**On note alors  $\{\neg B, A \Rightarrow B\} \models \neg A$ .**

- **Enchaînement** est défini par la règle suivante:

**Si  $A \Rightarrow B$  et  $B \Rightarrow C$  alors on déduit  $A \Rightarrow C$  .**

**On note alors  $A \Rightarrow B, B \Rightarrow C \models A \Rightarrow C$ .**

**Exemple:****Connaissances générales :**

1. « Tout homme est un animal »
2. « Tout animal est mortel »
3. « Si un être est empoisonné alors il meurt »
4. « Si un être boit du poison alors il est empoisonné »

**Connaissances particulières sur le monde de Socrate :**

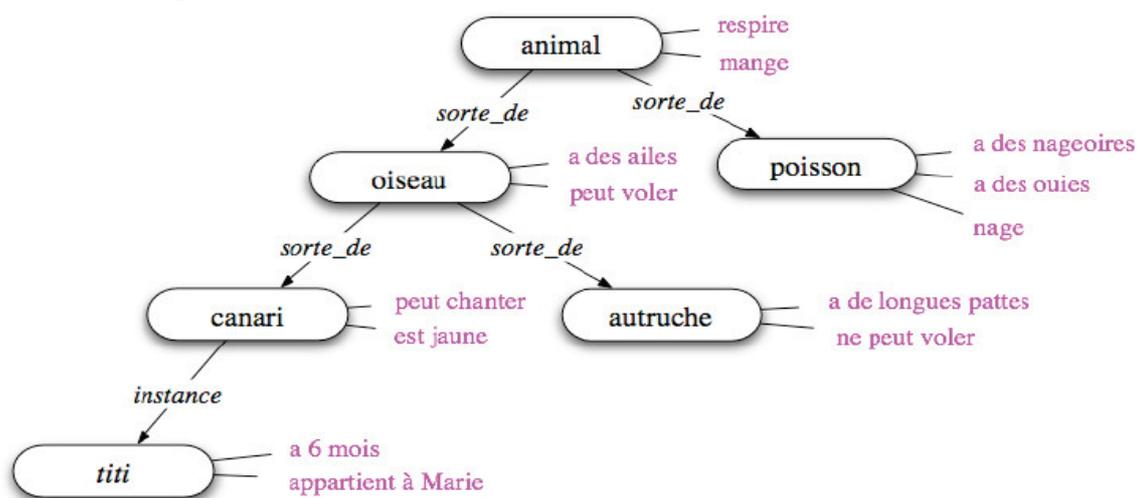
5. « Socrate est un homme »
6. « Platon est un homme »
7. « Platon et Socrate sont amis »
8. « Socrate boit la ciguë »
9. « La ciguë est un poison »

Que peut-on « déduire » de ces connaissances ? Socrate meurt-il ?

**3.2 Réseaux sémantiques****3.2.1 Définition et principe des réseaux sémantiques**

Développés par Quillian en 1968, comme un modèle de la mémoire humaine ou mémoire sémantique, les réseaux sémantiques modélisent les “associations” entre les idées que les personnes entretiennent [18]. Ils ont été enrichi notamment par les travaux de Sowa [19].

En fait, un réseau sémantique est un graphe libellé et orienté (labelled graph). Les nœuds dans le graphe représentent des objets, des concepts, ou des situations et les arcs représentent les relations entre objets. Une sémantique (au sens de la logique) est associée par le biais des relations. Ainsi, la signification d'un concept vient de ses relations avec d'autres concepts.

**Exemple:**

**Figure 3.1.** Schéma d'un réseau sémantique

### 3.2.2 Raisonnement dans les réseaux sémantique

Afin de déterminer si un objet, représenté par un nœud A, est membre d'un ensemble, représenté par un nœud B, il faut suivre tous les arcs allant de A vers le haut (arc is-a et arcs d'instances) pour voir si on rencontre le nœud B.

Afin de déterminer la valeur de certaines propriétés d'un objet représenté par le nœud A, on suit les arcs allant de A vers le haut (comme précédemment) jusqu'à ce que l'on trouve un nœud ayant cette propriété (arc de fonction).

Une propriété importante d'héritage dans les réseaux Sémantiques reposant sur des liens de type « est\_un » ou « sorte\_de » relie un concept à un autre concept plus élevé.

Ce principe d'héritage permet :

- de nombreuses déductions automatiques
- de définir la notion de distance sémantique entre 2 concepts relative au nombre de liens devant être traversés pour aller d'un concept à un autre.

Exemple: "canari" est une sorte de "oiseau"

- héritage des propriétés rattachées au concept père au concept fils :

**Exemple:** Conclure sur les propriétés de Titi (figure 3.1)

Ainsi, on pourra dire que « le canari a des ailes » en remontant les liens c.à.d. « sorte\_de »:

- Titi est un canari et peut voler.
- Titi est jaune et peut chanter

### 3.2.3 Avantages des réseaux sémantiques

Les réseaux sémantiques sont des outils puissants :

- Ils possèdent des principes d'organisation relativement puissants (classification généralisation, agrégation) permettant de structurer la base de connaissances:
  - La classification: Un objet peut être associé avec son ou ses types génériques,
  - L'agrégation: Rattacher à un objet des propriétés ou d'autres objets y intervenant comme parties.
  - La généralisation: Un type peut être relié à un autre type plus générique.
    - Ils possèdent un formalisme graphique. Ce qui offre une bonne compréhension de la formalisation de la connaissance.

## 4. Les réseaux de neurones

Les réseaux de neurones artificiels sont construits sur une architecture semblable, en première approximation, à celle du cerveau humain. Il s'agit d'une technique qui permet de faire un apprentissage plutôt numérique que symbolique. Ils ont été utilisés avant tout pour les tâches de reconnaissance de formes, de reconnaissance de parole, d'optimisation etc., mais leurs capacités d'apprentissage les rendent intéressants dans le domaine de l'aide à la décision aussi. En effet, les réseaux de neurones est un outil puissant de classification et de prédiction [20]. Un réseau neuronal est l'association, en un graphe plus ou moins complexe, d'objets élémentaires, les neurones formels.

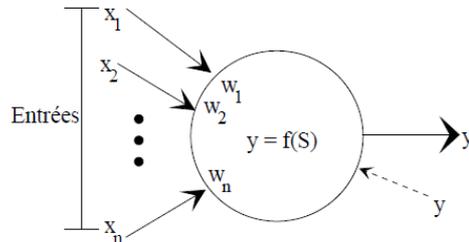
#### 4.1 Neurone artificiel

L'élément de base d'un réseau de neurones est, bien entendu, le neurone artificiel.

Un neurone contient deux éléments principaux:

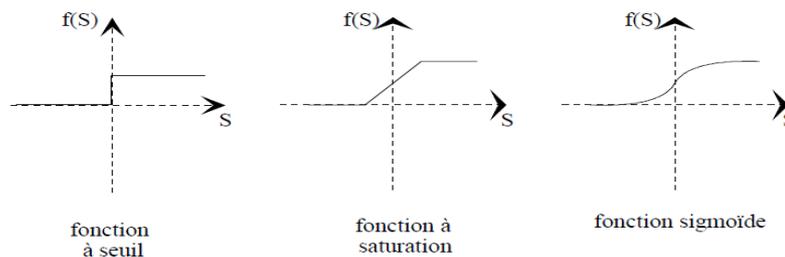
- un ensemble de poids associés aux connexions du neurone, et
- une fonction d'activation (figure 3.2).

Les valeurs d'entrée sont multipliées par leur poids correspondant et additionnées pour obtenir la somme  $S$ .



**Figure 3.2.** Neurone artificiel générique

Cette somme devient l'argument de la fonction d'activation, qui est le plus souvent d'une des formes présentées ci-dessous. Une fonction d'activation importante est la simple multiplication avec un, c'est à dire que la sortie est simplement une somme pondérée.



**Figure 3.3.** Fonction d'activation

Le choix de la fonction d'activation dépend de l'application. S'il faut avoir des sorties binaires c'est la première fonction que l'on choisit habituellement.

#### 4.2 Principe des réseaux de neurones

On construit un réseau ; le plus couramment, un réseau multi-couches; car il a la spécificité de répondre à des entrées inconnues par des sorties adéquates en fonction de son expérience ou encore de son apprentissage.

Le réseau reçoit les informations sur une couche réceptrice de neurones. Il traite ces informations avec ou sans l'aide d'une ou plusieurs couches cachées contenant un ou plusieurs neurones et produit un signal de sortie. Chaque neurone, qu'il appartienne à la première couche ou aux couches cachées ou à la couche de sortie est lié aux autres par des connexions auxquelles sont affecté des poids.

Les méthodes à base de réseaux de neurones permettent la recherche d'un modèle ou la découverte de connaissances nouvelles dans les données, par l'analyse d'un ensemble d'exemples où les entrées et les sorties sont connues. Les données à analyser sont fonction de plusieurs attributs.

### 4.3 Construction d'un réseau de neurone pour une prise de décision

On construit le prédicteur neuronal en procédant de la manière suivante :

- le nombre des entrées correspond au nombre de variables explicatives.
- le nombre de sorties correspond au nombre de classes à distinguer .

Par fois les données en entrées doivent subir un traitement préalable, c'est le cas notamment des variables non quantifiables qui subissent une analyse de correspondances multiples et par une codification adéquate.

Il faut ensuite fixer les différents paramètres du réseau; les poids initiaux, le nombre de couches, le nombre de neurones par couche, la fonction d'activation et le nombre d'itérations pour l'apprentissage...

Puis, il faut entraîner le réseau sur l'ensemble d'apprentissage le plus représentatif possible de la population concernée. Une fois les erreurs sont stabilisées. On teste le réseau sur un ensemble de test si les résultats sont satisfaisants, on peut utiliser le réseau pour une aide à la décision.

### 4.4 Exemple de classification par un réseau de neurone

Soit une base de données contenant les informations sur les accidents domestiques et de loisirs (cas réel : base de données européenne **EHLASS** contenant près de 5 millions d'enregistrements).

L'un des objectifs de l'analyse de cette base de données est de classer les accidents selon les trois classes suivantes :

- les accidents n'engendrant pas de traitement ultérieur (Ctrait1)
- les accidents engendrant des traitements ultérieurs (Ctrait2)
- les accidents nécessitant une hospitalisation (Ctrait3)

On procédant de la manière décrite précédemment, les résultats suivants ont été obtenus : Le système n'est pas arrivé à distinguer entre les deux premières classe (la nature des données ne l'a pas permis), le nombre de classe a été revu et l'on opté pour 02 classes. (classe 1 = Ctrait1+Ctrait2 et classe 2 = Ctrait3).

Selon cette nouvelle configuration les résultats ont été :

Accidents	Classe 1	Classe2	Total	Pourcentage des données bien classées
<b>Non hospitalisés</b>	1284	131	1415	90,74
<b>Hospitalisés</b>	354	331	685	46.03
<b>Total</b>	1638	462	2100	76.90

**Tableau 3.6.** Résultats de classification

### 4.5 Avantages de réseaux de neurones

Les réseaux de neurones présentent plusieurs avantages:

- Capacité de représenter n'importe quelle fonction simple ou complexe.
- Faculté d'apprentissage ou de généralisation à partir d'exemples représentatifs.
- Résistance au bruit ou au manque de fiabilité des données.
- Simple à utiliser
- Comportement moins mauvais en cas de faible quantité de données.

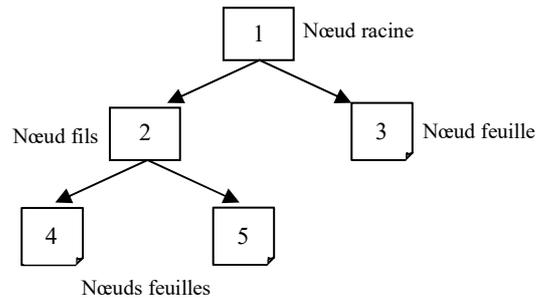
## 5. Les arbres de décision

### 5.1 Définition et objectif d'un arbre de décision

Un arbre de décision est un graphe orienté, sans cycles, dont :

- les noeuds portent une question,
- les arcs des réponses,
- et les feuilles des conclusions, ou des classes terminales.

Schématiquement, il se présente comme suit :



**Figure 3.4.** Schéma d'un arbre de décision

Les arbres de décisions ont pour objectif la classification et la prédiction. Leur fonctionnement est basé sur un enchaînement hiérarchique de règles exprimées en langage courant [21].

### 5.2 Fonctionnement d'un arbre de décision

A chaque nœud est associé un test portant sur un ou plusieurs attributs, ou éléments de l'espace de représentation. La réponse d'un test associé à un nœud désignera le fils du nœud vers lequel on doit aller. Une feuille de cet arbre désigne une des classes. Ainsi, la classification s'effectue en partant de la racine pour poursuivre récursivement le processus jusqu'à ce qu'on rencontre une feuille. Le jeu de questions et réponses est itératif jusqu'à ce que l'enregistrement arrive à un nœud feuille.

La construction des arbres de décisions peut être menée en optant pour l'un des algorithmes existants. Le plus célèbre est celui de **Quinlan** [18] (versions ID3, C4.5, C5.0). Afin de déterminer que le variable doit être affectée à chaque nœud, la technique applique un algorithme sur chacun des paramètres et conserve le plus représentatif d'un découpage.

### 5.3 Principe de construction d'un arbre de décision

Le principe de construction d'un arbre est le suivant :

- On choisit un attribut parmi les attributs non sélectionnés, et on crée un nœud portant un test sur cet attribut.
- Pour chaque classe d'équivalence ainsi induite, on opère le traitement suivant :
  - Si tous les exemples de cette classe d'équivalence appartiennent à la même classe alors on crée une feuille correspondante à cette classe, reliée au test précédent par un arc étiqueté par la valeur de l'attribut correspondant ;

- Si tous les exemples de la classe d'équivalence considérée ne sont pas dans la même classe, alors on réitère ce processus en enlevant l'attribut précédemment considéré des attributs à sélectionner.

Un ensemble de questions sur les attributs est construit afin de le partitionner en sous-ensembles qui deviennent de plus en plus petits jusqu'à ne contenir à la fin que des observations relatives à une seule classe. Les résultats des tests forment les branches de l'arbre et chaque sous-ensemble en forme les feuilles.

Aussi, l'organisation en classe peut se réaliser par l'introduction de taxonomie, c'est à dire un regroupement par type d'objet dont le niveau de détail le plus fin n'est pas significatif pour l'étude. Il est aussi possible d'introduire une typologie d'après certaines caractéristiques des variables analysées. Et enfin, la combinaison de variables élémentaires peut fournir de nouvelles informations.

#### 5.4 Classement d'un nouvel exemple

Le classement d'un nouvel exemple se fait en parcourant un chemin qui part de la racine pour aboutir à une feuille : l'exemple appartient à la classe qui correspond aux exemples de la feuille. Les cas dits positifs sont ceux qui appartiennent à la classe et les cas dits négatifs sont ceux qui n'y appartiennent pas.

D'autre part, les arbres de décisions sont inspirés de la représentation graphique des prédicats et un prédicat peut être vu aussi comme arbre de décision.

#### 5.5 Exemples de représentations par un arbre de décision

##### Exemple 1:

Le prédicat  $\text{Concept}(x) \Leftrightarrow A(x) \wedge (\neg B(x) \vee C(x))$  peut être représenté par l'arbre de décision suivant:

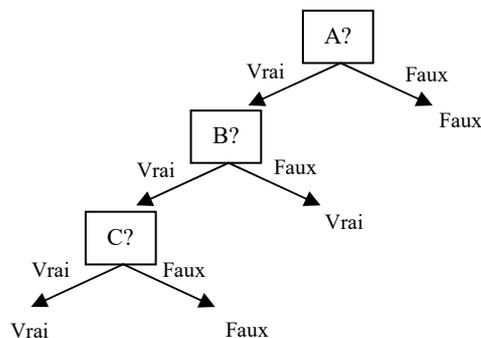


Figure 3.5. Graphique du prédicat  $\text{Concept}(x)$

##### Exemple 2:

Avec le même arbre de décision vu précédemment, on peut représenter le prédicat suivant : "Un champignon est vénéneux s'il est jaune et petit, ou jaune, gros et tacheté"

- x est un champignon
- CONCEPT = Vénéneux
- A = Jaune    • B = Gros    • C = Tacheté

Ce qui peut être traduit par le prédicat suivant:

$$(A(x) \wedge \neg B(x)) \vee ((A(x) \wedge B(x) \wedge C(x)))$$

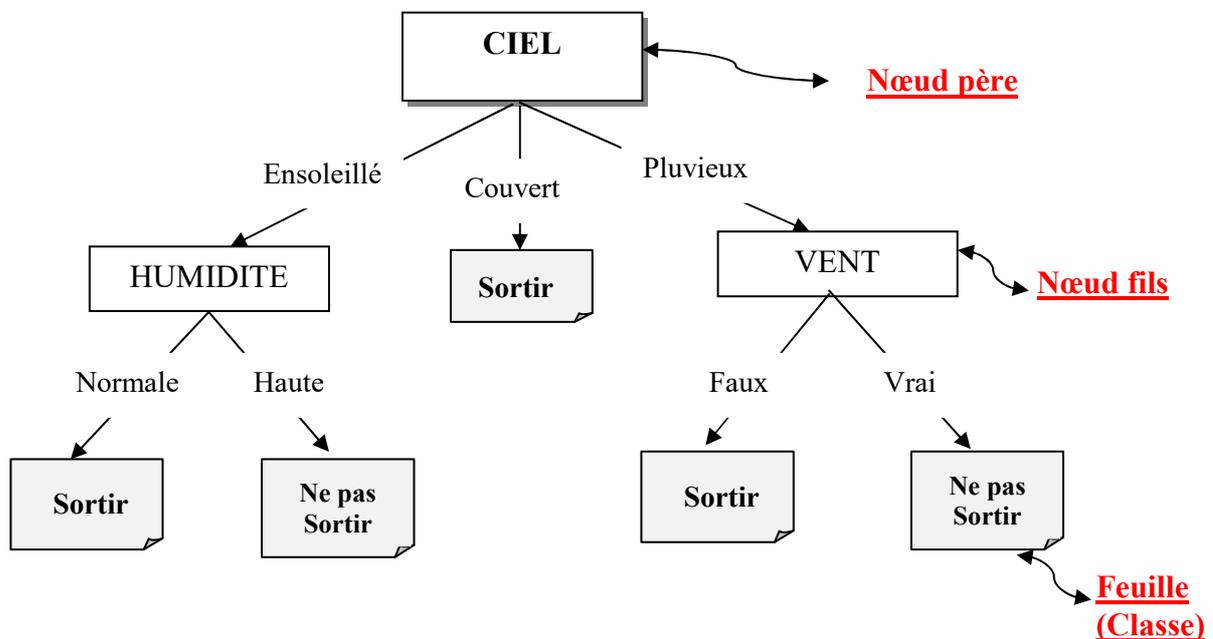
**Exemple 3:**

Soit la table de décision suivante qui indiquant 14 cas de décisions de sortie pour une personne selon les conditions météorologiques:

N°	Ciel	Température	Humidité	Vent	Décision
1	Ensoleillé	Elevé	Forte	Non	Ne pas sortir
2	Ensoleillé	Elevé	Forte	Oui	Ne pas sortir
3	Couvert	Elevé	Forte	Non	Sortir
4	Pluvieux	Moyenne	Forte	Non	Sortir
5	Pluvieux	Basse	Normale	Non	Sortir
6	Pluvieux	Basse	Normale	Oui	Ne pas sortir
7	Couvert	Basse	Normale	Oui	Sortir
8	Ensoleillé	Moyenne	Forte	Non	Ne pas sortir
9	Ensoleillé	Basse	Normale	Non	Sortir
10	Pluvieux	Moyenne	Normale	Non	Sortir
11	Ensoleillé	Moyenne	Normale	Oui	Sortir
12	Couvert	Moyenne	Forte	Oui	Sortir
13	Couvert	Elevé	Normale	Non	Sortir
14	Pluvieux	Moyenne	Forte	Oui	Ne pas sortir

**Tableau 3.7.** Table de décision

Un arbre de décision possible est montré dans la figure ci-dessous. Toutefois, il y a lieu de signaler qu’il peut y avoir plusieurs arbres possibles.



**Figure 3.6.** Arbre de décision correspondant à la table 3.7

Ainsi, la représentation en arbre de décision permettra de généraliser les critères qui conditionne la sortie de cette personne.

D'autre part, cette représentation permet aussi de passer à un autre mode de représentation: la représentation par règles.

**Si** ((Ciel= Ensoleillé et Humidité= Normale)  
**ou** (Ciel = Couver)  
**ou** (Ciel=Pluvieux et Vent= Faux))  
**Alors** Classe= Sortir

### 5.6 Avantages d'un arbre de décision

Les arbres de décision présentent les avantages suivants:

- **Simplicité d'utilisation:** Technique très visuelle et très intuitive, ce qui la rend abordable pour les utilisateurs.
- **Bonne lisibilité:** La clarté du modèle permet une validation rapide, contrairement à certaine technique où il est impossible d'expliquer le résultat.
- **Bonne adaptation aux données:** Les arbres de décisions permettent de manipuler des variables continues, discontinues, catégoriques et énumératives.

## 6. Raisonnement à base de cas (CBR)

Raisonnement en réutilisant les solutions des cas passés similaires est un moyen puissant, et un réflexe très naturel, utilisé fréquemment pour résoudre les problèmes. Du fait d'un accès difficile aux données pertinentes des bases de données, les décideurs statuent la plupart du temps en fonction de leur propre expérience.

La capitalisation de cette expérience sous forme informatique existe : c'est l'objet de la technologie du raisonnement à base de cas. L'acronyme CBR est issue de « Case Based Reasoning », ou encore RPC « Raisonnement Par Cas » mais comme il est d'utilisation moins fréquente, nous avons opté pour le premier (CBR).

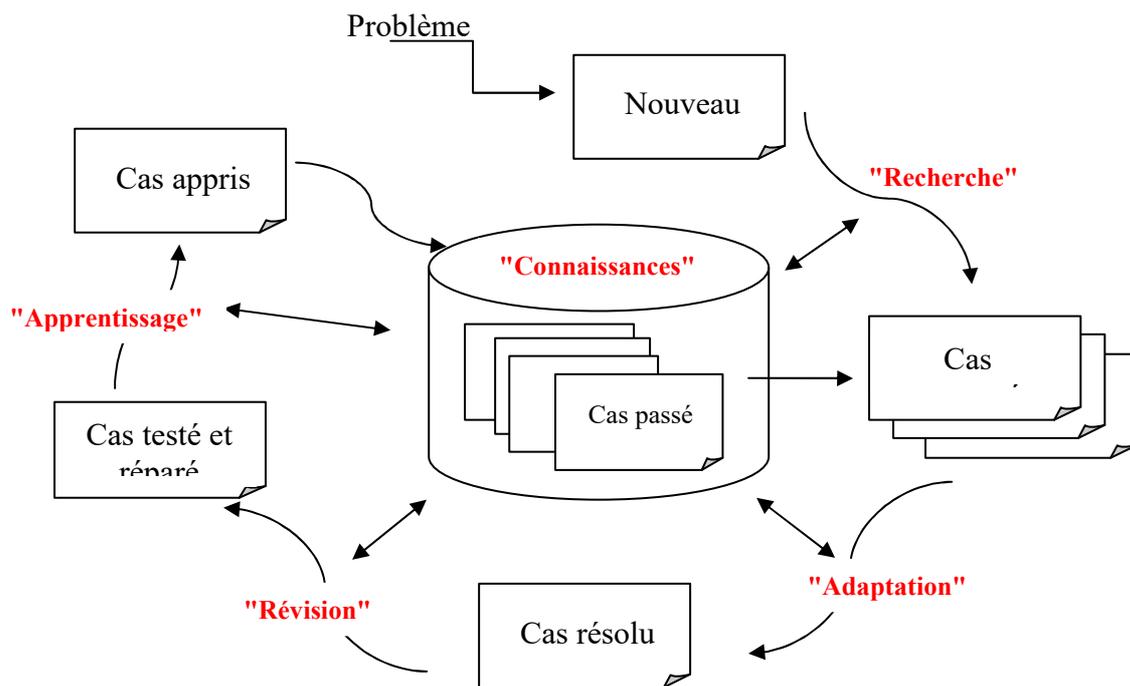
### 6.1 Définition du CBR

Issue des travaux d'origine Minsky (modèle de mémoire) et Schank, auteur de l'expression « Case-Based Reasoning » [22,23], un Cas est une paire (Problème, Solution).

Les cas en entrée sont des descriptions de problèmes spécifiques. Les cas mémorisés contiennent des problèmes spécifiques déjà résolus avec leur solutions et résultats.

### 6.2 Principe du CBR

Le CBR est une approche de l'apprentissage incrémental. Cette technique favorise l'apprentissage par expérience. Un nouveau problème est résolu en trouvant un ancien cas similaire, et en le réutilisant dans une nouvelle situation. Le CBR ne se fie pas à des connaissances générales d'un domaine. Un CBR suit généralement le cycle présenté dans la figure 3.7:



**Figure 3.7.** Cycle d'un CBR

Chaque étape de ce cycle est décrite ci-dessous:

1. Elaboration d'un nouveau problème (cas cible) : Elle représente l'acquisition des informations connues sur le nouveau problème, pour lui donner une description initiale et le représenter d'une manière similaire à un cas source.

2. Remémoration des cas (sources) : elle permet de rechercher les cas les plus similaires, signifie la recherche des correspondances entre les descripteurs des cas de la base et ceux du cas à résoudre.

3. Adaptation des cas : Cette étape consiste à réutiliser totalement ou partiellement la solution du cas sélectionné pour résoudre le nouveau problème.

4. Révision de la solution proposée (bilan d'un cas): Elle consiste en l'évaluation de la solution dans le monde réel, ainsi que la vérification par introspection de la base de cas en considérant la qualité des cas.

5. Mémorisation d'un nouveau cas : Cette dernière étape représente l'ajout éventuel du cas cible dans la base de cas. Dans cette phase, on peut également synthétiser, modifier et apprendre de nouvelles connaissances.

### 6.3 Un Cas Pratique (R. Bergmann) [24]

Diagnostic technique d'une panne de voiture. Les symptômes sont observés ( et les valeurs sont mesurées.

**But : trouver la cause de la panne et une stratégie de réparation**

Diagnostic basé sur les cas : Un cas décrit un diagnostic qui contient :

- Une description des symptômes
- Une description de la panne et des cause
- Une description d'une stratégie de réparation

Solution

- **Le principe est décrit comme suit:**
  - Stocker une collection de cas dans une base de cas.
  - Chaque cas décrit une situation particulière et tout les cas sont indépendants.
  - Trouver le cas similaire au problème courant et réutiliser la stratégie de réparation.

<b>Cas 1</b>	<p><b>Problème (Symptômes)</b>            Défaut: Feux avant ne s'allument pas            Voiture: VW Golf 1.6L            Année: 1993            Tension de la batterie: 13.6 V            Etat des lumières: OK            Etat l'interrupteur de lumière: OK</p>	<b>Cas à résoudre</b>	<p><b>Problème (Symptômes)</b>            Défaut: Feux de freinage ne s'allument pas            Voiture: Audi 80            Année: 1989            Tension de la batterie: 12.6 V            Etat des lumières: OK</p>
	<p><b>Solution</b>  <b>Diagnostic: Défaut du fusible de la lumière avant</b>  <b>Réparation: Remplacer le fusible de la lumière avant</b></p>		
<b>Cas 2</b>	<p><b>Probleme (Symptômes)</b>            Défaut: Feux avant ne s'allument pas            Voiture: Audi A6            Année: 1995            Tension de la batterie: 12.9 V            Etat des lumières: Surface endommagée            État de l'interrupteur de lumière: OK</p>		
	<p><b>Solution</b>  <b>Diagnostic: Défaut de l'ampoule</b>  <b>Réparation: Remplacer la lumière avant</b></p>		

Exemple de deux cas résolus

**Figure 3.8.** Représentation de cas

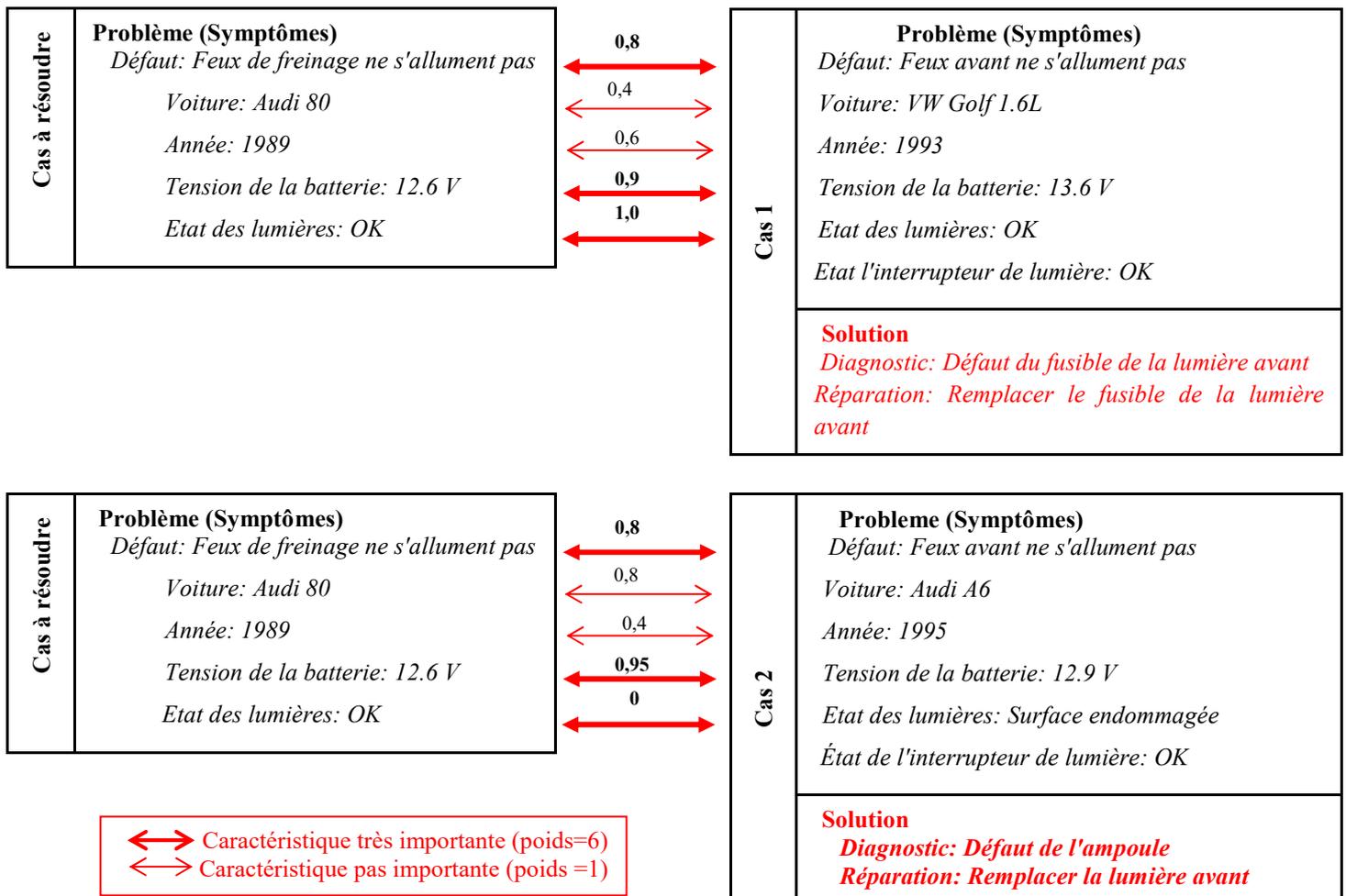
Le problème est un nouveau cas sans solution. Les observations de la panne constituent les caractéristiques du nouveau cas. Toutes les valeurs d'attributs ne sont pas forcément connues. Il faut donc calculer la similarité du nouveau cas avec les cas stockés.

L' affectation des similitudes pour les valeurs de caractéristiques se fait par expression d'un nombre réel compris entre 0 (pas similaire) et 1 (très similaire). Aussi, les différentes caractéristiques ont des poids qui reflètent les degrés d'importante des ces dernières.

Dans le cas de l'exemple:

Très important: la tension de la batterie, État des feu, ...

Faible importance: type de voitures, Année, ...



**Figure 3.9.** Similarité entre les cas

**Exemple de calcul de similarité:**

- Similarité (nouv\_cas, cas1)= 1/20 \* [6\*0,8+1\*0,4+1\*0,6+6\*0,9+6\*1,0]=0,86
- Similarité (nouv\_cas, cas2)= 1/20 \* [6\*0,8+1\*0,8+1\*0,4+6\*0,95+6\*0]=0,58

➤ **Le cas 1 est donc plus similaire**

➤ **On réutilise donc la solution du cas 1**

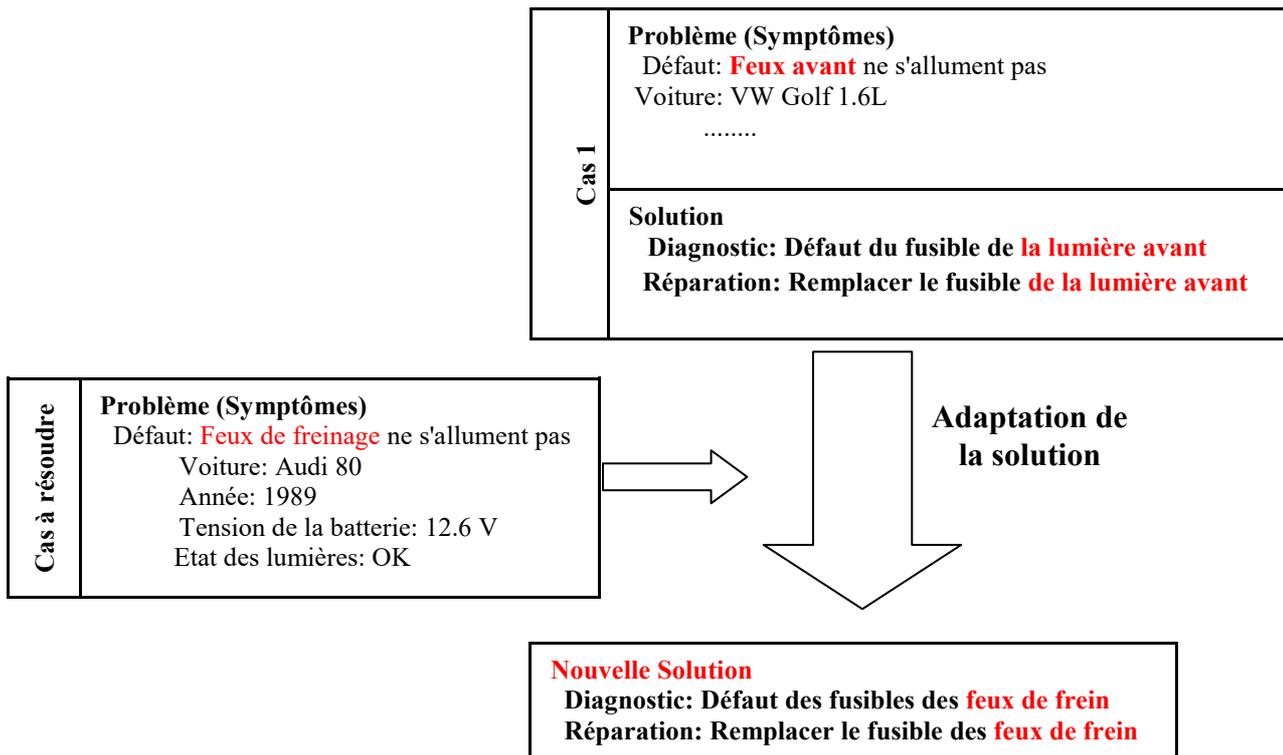


Figure 3.10. Réutilisation de la solution

➤ **Le nouveau cas 3 est stocké dans la base de cas**

<b>Cas 3</b>	<b>Problème (Symptômes)</b> <i>Défaut: Feux de freinage ne s'allument pas</i> <i>Voiture: Audi 80</i> <i>Année: 1989</i> <i>Tension de la batterie: 12.6 V</i> <i>Etat des lumières: OK</i>
	<b>Nouvelle Solution</b> <b>Diagnostic: Défaut des fusibles des feux de frein</b> <b>Réparation: Remplacer le fusible des feux de frein</b>

Figure 3.11. Stockage du cas

### 6.4 Avantages du CBR

Le domaines d'application du CBR est très diverse car ce dernier offre de nombreux avantages :

- Il permet d'évite le problème de l'acquisition de connaissances car les cas plus facile à fournir que des règles.
- Il permet un apprentissage automatique et progressif de la connaissance.
- Il offre un succès industriels.
- L'implémentation n'est pas très complexe et il est assez facile d'obtenir quelque chose qui tourne.

**Conclusion**

Plusieurs facteurs de multiplication des risques rendent la position des entreprises difficile à une échelle économique mondiale. Cette problématique, dans un univers où la quantité d'information et son accessibilité augmentent et se complexifient, nécessite d'adopter une attitude "anticipatrice" pour l'entreprise.

Les systèmes d'aide à la décision (SIAD) sont parmi les plus complexes des systèmes informatiques. Contrôlés par l'utilisateur, reposant souvent sur des modèles non standard et destinés à résoudre des problèmes de décision peu ou pas structurés a priori, ils représentent une partie mal connue de l'informatique [1].

"L'Aide à la décision " s'oppose à " la prise de décision automatique" et par conséquent cette notion s'interprète comme une aide à la recherche des solutions satisfaisantes. C'est ce qu'offre un SIAD.

**Un SIAD est un système qui augmente la qualité des processus de décision.**

## Série d'exercices

### Exercice 1:

Définir pour ces deux exemples la situation de la décision :

Exemple A- Un fonctionnaire veut acheter une maison pour y vivre avec sa famille qui se compose de sa femme et ses 04 enfants. Il ne possède pas de voiture et le transport dans sa ville est difficile. Sa femme préfère les grands salons avec terrasses et lui recommande de chercher dans ce sens. La bourse du fonctionnaire est relativement réduite et l'oblige à s'orienter vers les appartements. Ces enfants ne veulent pas quitter leurs quartiers d'enfance.

Exemple B- Un directeur d'une importante entreprise, habitant dans une ville où il neige souvent, est intéressé par l'achat d'une voiture. Marié avec six enfants, ce dernier ne peut cacher son enthousiasme pour les voitures « BREAK » et les moteurs diesels. Parce qu'il à l'habitude aussi d'aller en vacances camper, il préfère les voitures aux couleurs sombres.

### Exercice 2

Face à un problème

- 1 - Modéliser les étapes d'identification (ou de découverte) du problème.
- 2 - Donner les opérations cognitives simple et complexe pour la prise de décision.
- 3 - Définir le processus adopté pour une prise de décision.
- 4 - Où est ce que se situe réellement la décision?
- 5 - Donner le produit de chaque étape ou phase du processus de décision de Simon ?
- 6 - Pourquoi le retour arrière dans le processus de décision ?

### Exercice 3

- 1- Quels sont les acteurs de décision?
- 2- Donner les quatre étapes pour passer de la modélisation à la simulation

### Exercice 4

Proposer une modélisation canonique pour le problème suivant:

Les demandes journalières en chauffeurs dans une entreprise de transport:

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
13	18	21	16	12	25	09

Les chauffeurs travaillent cinq (05) jours d'affilée (et peuvent donc avoir leurs deux jours adjacents de congé n'importe quand dans la semaine)

Le problème décisionnel est de déterminer les effectifs formant les sept équipes possibles de chauffeurs de manière à couvrir tous les besoins et engager un nombre minimum de chauffeurs.

**Exercice 5** Problème : Modélisation linéaire :

Trois machines M1, M2 et M3 peuvent produire chacune deux types de pièces P1 et P2. Le temps de fabrication d'une pièce  $P_i$  sur la machine  $M_j$  est donné dans le tableau suivant (en heures).

	M1	M2	M3
P1	3	4	4
P2	4	6	5

On veut fabriquer au moindre coût 6 pièces de type P1 et 8 pièces de type P2. La machine M1 est disponible 14 h, les machines M2 et M3 sont disponibles chacune 24 heures. Le coût horaire de M1, M2 et M3 vaut respectivement 7, 5, et 6.

Ecrire le programme linéaire modélisant ce problème. Ce problème est-il canonique ? Pourquoi ?

**Exercice 6**

Une entreprise fabrique trois produits A, B et C. Chaque produit nécessite de la matière première et de la main d'œuvre. Les quantités de ressources nécessaires pour la production d'une seule unité de chaque bien sont les suivantes :

Produit	Matière première	Main d'œuvre
A	4 kg	2h
B	2 kg	½ h
C	1 kg	3h

Le profit unitaire pour les produits A, B et C est respectivement 20 da, 45 da et 34 da. On dispose chaque semaine de 6000 kg de matières premières et de 4000 h de main d'œuvre. Par ailleurs, de la capacité limitée d'entreposage est de 2500 unités tous produits confondus. Proposer une modélisation à ce problème.

**Exercice 7.**

1- Proposer une modélisation en arbre de décision de la table ci-dessous regroupant les symptômes relatifs aux maladies suivantes:

Fièvre	Douleur	Toux	Maladie
Oui	Abdomen	Non	Appendicite
Oui	gorge	Non	Rhume
Non	non	Oui	Refroidissement
Oui	non	Oui	Rhume
Non	Abdomen	Oui	Appendicite
Oui	Gorge	Oui	Rhume
Oui	Non	Non	Aucune
Non	Non	Non	Aucune
Non	Gorge	Oui	Mal de gorge

2 - Proposer le passage vers un autre type de modélisation.

**Exercice 8.**

- a- Donner le domaine d'utilisation des réseaux de neurones.  
 b- Donner les avantages et les inconvénients de ces derniers.

**Exercice 9.**

Un joueur doit prendre une décision parmi trois possibles. Pour chaque décision (Décision 1=A, Décision 2=B, Décision 3=C), il existe deux états

	Etat 1	Etat 2
A	5	-7
B	3	-1
C	-4	7

Calculer les critères Maximax, de Wald, Laplace, Hurwicz et de Savage

**Exercice 10.**

Mettre sous forme de formules en logique de prédicat, les propositions suivantes :

- S1. Pour tout crime, il ya quelqu'un qui l'a commis*  
*S2. Seul les gens malhonnêtes commettent des crimes*  
*S3. Ne sont arrêtés que les gens malhonnêtes*  
*S4. Les gens malhonnêtes arrêtés ne commettent pas de crime*  
*S5. Il y a que des crimes*  
*S6. Il y a des gens malhonnêtes non arrêtés*

**Exercice 11.**

Construire le réseau sémantique équivalent au discours ci-dessous.

Un félin est un carnivore. Un carnivore est un animal qui a les yeux dirigés vers l'avant et qui mange de la viande. Les pattes d'un félin ont des griffes à leurs extrémités. Un félin est un mammifère. Grisou et Garfield sont des chats. Grisou est un chat mâle. Léo est un lion. Les chats et les lions sont des félins. Un cheval est un équidé. Un équidé est un mammifère.

**Exercice 12.**

Représenter par des graphes conceptuels les phrases suivantes formulées en langages naturels:

1. Karim va à Constantine en bus.
2. Une fille, Rasanne, mange vite une tarte
3. Le village est entre Guelma et la rivière étendue.
4. Le petit chat mange la souris

## Correction de la série d'exercices

### Solution exercice 1

Définition du contexte de la décision et des préférences pour les deux exemples :

La situation d'une décision : se compose de:

- **Contexte** : Ensemble des circonstances qui affectent l'intérêt et la disponibilité des différents choix.
- **Préférences** : Les désirs des décideurs quant aux résultats possibles d'une décision

Contexte	Préférences
<p><b>Exemple 1: Décision pour achat d'une maison</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonctionnaire</li> <li>- Sa famille se compose de sa femme et ses 04 enfants.</li> <li>- Pas de voiture et le transport dans sa ville est difficile.</li> <li>- La bourse du fonctionnaire est relativement réduite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sa femme préfère les grands salons avec terrasses.</li> <li>- Ces enfants ne veulent pas quitter leurs quartiers d'enfance.</li> </ul>
<p><b>Exemple 2: Achat d'une voiture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Directeur d'une importante entreprise,</li> <li>- Habitant dans une ville où il neige souvent.</li> <li>- Marié avec six enfants.</li> <li>- Aller en vacances (camper).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les voitures « BREAK » et les moteurs diesels.</li> <li>- Les voitures aux couleurs sombres</li> </ul>

### Solution Exercice 2

1- Les étapes d'identification ou de découverte d'un problème:

- Le décideur perçoit un état interne ou externe non désiré **A**.
- L'état de départ **A** non désiré doit être transformé dans un état de but **B**.
- **Le décideur identifie un problème** s'il ne sait pas au départ, comment parcourir le chemin qui va du point de départ **A** vers le point de solution **B**.

2 - Les opérations cognitives simple et complexe pour la prise de décision sont:

- La perception initiale du problème;
- La formulation des buts;
- leur définition pas à pas;
- leur transformation et leur réduction par un des processus de résolution de problèmes jusqu'à ce qu'une décision soit élaborée (le problème doit être transformé en sous-problèmes abordables).

3 - Le processus adopté pour une prise de décision est celui du modèle de Simon:



4 - La décision se situe réellement dans l'étape choix

5 - Le retour arrière dans le processus de décision dépend du niveau de structuration du problème (flou, complexe)

### **Solution Exercice 3:**

1- Dans un processus décisionnel, il convient d'identifier deux intervenants jouant des rôles importants :

a) Le décideur : Est l'intervenant du processus de décision que les modèles mis en œuvre cherchent à éclairer, pour lequel l'étude d'aide à la décision est conduite.

b) L'homme d'étude (ou analyste) est l'intervenant qui prend en charge l'activité d'aide à la décision en mettant en œuvre des modèles dans le cadre d'un processus d'aide la décision.

2- Le processus qui conduit du problème à la simulation se décompose en quatre étapes :

**a. L'analyse.** A ce stade le système est considéré dans sa globalité et sont clairement explicités le type et le domaine d'application du problème.

**b. La modélisation.** Elle correspond au processus d'étude rationnelle et scientifique du système qui doit aboutir à la production d'une représentation abstraite du réel, c'est-à dire un modèle. Le modélisateur choisit avec l'aide d'un expert du domaine les aspects de la réalité qui doivent être pris en compte et explicite les règles qui régissent le système considéré.

**c. L'implémentation informatique.** Au cours de cette phase le modèle abstrait est traduit en langage informatique puis implanté dans un simulateur.

**d. La simulation.** Elle correspond à la phase de génération de données en utilisant le modèle implémenté pour apporter des solutions à des problèmes concrets.

### **Solution exercice 4: Modélisation canonique:**

- Fonction objective:

$$\text{Min } (Z) : x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7$$

- Sujet aux contraintes suivante:

- $x_1 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \geq 13$
- $x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_7 \geq 18$
- $x_1 + x_2 + x_3 + x_6 + x_7 \geq 21$
- $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_7 \geq 16$
- $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \geq 12$
- $x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \geq 25$
- $x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \geq 9$

- Contraintes de non négativité:

- $x_1 ; x_2 ; x_3 ; x_4 ; x_5 ; x_6 ; x_7 \geq 0$  (entiers)

**Solution exercice 5**

Soit  $x_{ij}$  le nombre de pièces  $P_i$  sur la machine  $M_j$  :

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 6$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 8$$

$$3x_{11} + 4x_{21} \leq 14$$

$$4x_{12} + 6x_{22} \leq 24$$

$$4x_{13} + 5x_{23} \leq 24$$

$$\text{Min} [7(3x_{11} + 4x_{21}) + 5(4x_{12} + 6x_{22}) + 6(4x_{13} + 5x_{23})]$$

$$\text{Min}(21x_{11} + 28x_{21} + 20x_{12} + 30x_{22} + 24x_{13} + 30x_{23})$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ et } i = 1, 2 \text{ et } j = 1, 2, 3$$

Ce programme n'est pas canonique car la fonction objective est minimale, les contraintes se présentent sous forme de équations et inéquations.

**Solution exercice 6**

Fonction objective

$$\text{MAX}(20x_1 + 45x_2 + 34x_3)$$

Contraintes:

$$4x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 6000$$

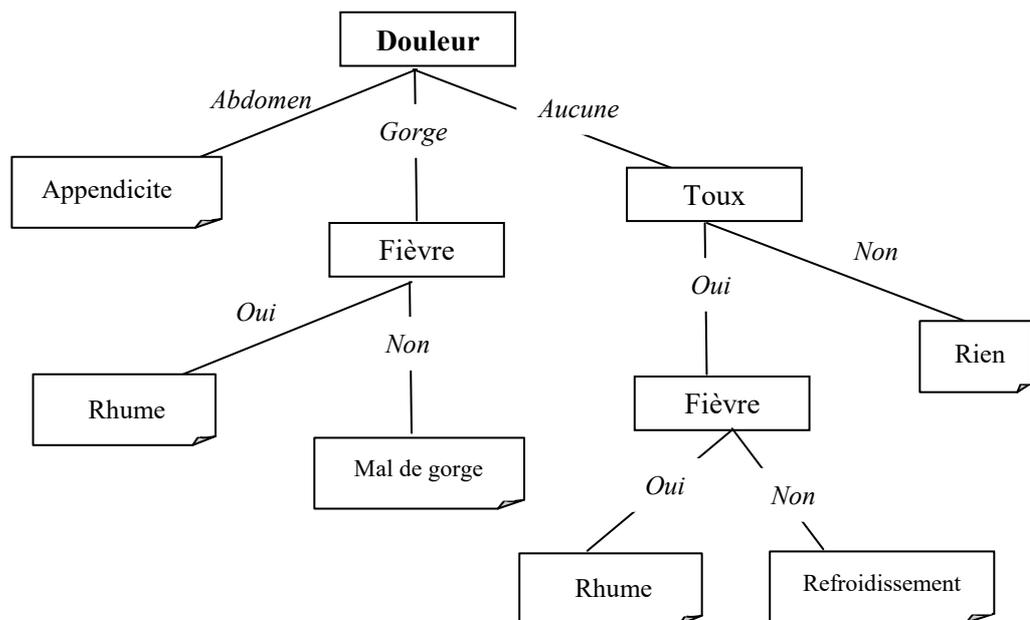
$$2x_1 + 1/2 x_2 + 3x_3 \leq 4000$$

Contraintes de positivités

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

**Solution exercice 7**

1- Modélisation en Arbre de décision



2- Le passage vers la modélisation par règle (Si.... alors )

Si (douleur = Abdomen) alors Maladie= Appendicite

Si (douleur = Gorge) Alors

Si (fièvre = Oui) alors Maladie= Rhume

Sinon Maladie = Mal de gorge

Si (douleur = Aucune) alors

Si (Toux = Non) alors Maladie= Rien

Sinon

Si (Fièvre =Oui) alors Maladie = Rhume

Sinon Maladie = Refroidissement

### **Solution exercice 8**

a- Se trouvant à l'intersection de différents domaines (informatique, électronique robotique, science cognitive, neurobiologie et même philosophie), l'étude des réseaux de neurones est une voie prometteuse de l'Intelligence Artificielle (IA) en tant que système capable d'apprendre, mettent en œuvre le principe de l'induction et grâce à leur capacité de classification et de généralisation, ils servent aujourd'hui à toutes sortes d'applications et dans de nombreux domaines.

b- Avantages et inconvénients

#### **\* Avantages**

- ✓ Classifieur très précis (si bien paramétré).
- ✓ Apprentissage automatique des poids.
- ✓ Possibilité de faire le parallélisme (les éléments de chaque couche peuvent fonctionner en parallèle).
- ✓ Résistance aux pannes (si un neurone ne fonctionne plus, le réseau ne se perturbe pas).

#### **\* Inconvénients**

- ✓ Détermination de l'architecture du réseau est complexe.
- ✓ Paramètres difficiles à interpréter (boite noire).
- ✓ Difficulté de paramétrage surtout pour le nombre de neurone dans la couche cachée.

### **Solution exercice 9**

#### **1 - Critère Optimiste Maximax**

maximax  $\Rightarrow$  on retient pour chaque décision le meilleur état possible

A :5

B: 3

C: 7  $\Rightarrow$  donc c'est la décision C

#### **2 - Critère de Wald**

maximin : critère de prudence où on la décision qui maximise le regret minimal

A: -7

B : -1  $\Rightarrow$  donc c'est la décision B

C : -4

**3 - Critère de Laplace**

maximise regret moyen car on considère les états comme équiprobables

$$A: (5-7)/2=-1$$

$$B: (3-1)/2=1$$

$$C: (-4+7)/2=1.5 \Rightarrow \text{donc c'est la décision C}$$

**4 - Critère d'Hurwicz**

pour chaque décision, on pondère le regret le plus fort par  $\alpha$  et le plus faible par  $(\alpha-1)$   
coef d'optimisme  $\alpha=0.4$  ( $\Rightarrow$  plutôt pessimiste)

$$A: 5*0.4-7*0.6=-2.2$$

$$B: 3*0.4-1*0.6=0.6 \Rightarrow B$$

$$C: -4*0.6+7*0.4=0.4$$

**5 - Critère de Savage**

On prend la décision qui minimise le regret maxi. On recherche donc à minimiser le manque à gagner

Etat 1 : regret le plus fort=5 (pour la décision 1)

Etat 2 : regret le plus fort=7 (pour la décision 3)

Matrice des regrets :

	Etat 1	Etat 2
A	0	14
B	2	8
C	9	0

On recherche le minimum des regrets maximaux:

Décision 1: 14

Décision 2: 8  $\Rightarrow$  donc c'est la décision B

Décision 3: 9

**Solution exercice 10**

S1. Pour tout crime, il ya quelqu'un qui l'a commis

**C(X) : X est un crime**

**Commètre(Y, X) : Y a Commis X**

$(\forall X), C(X) \Rightarrow (\exists Y) \text{ Commètre}(Y, X)$

S2. Seul les gens malhonnêtes commettent des crimes

**M(Y) : Y est malhonnête**

$(\forall X) (\forall Y) C(X) \wedge \text{Commètre}(Y, X) \Rightarrow M(Y)$

S3. Ne sont arrêtés que les gens malhonnêtes

**A(X) : X est arrêté**

$(\forall X) A(X) \Rightarrow M(X)$

S4. Les gens malhonnêtes arrêtés ne commettent pas de crime

**C(X) : X est un crime**

**Commètre(Y, X) : Y a Commis X**

**M(Y) : Y est malhonnête**

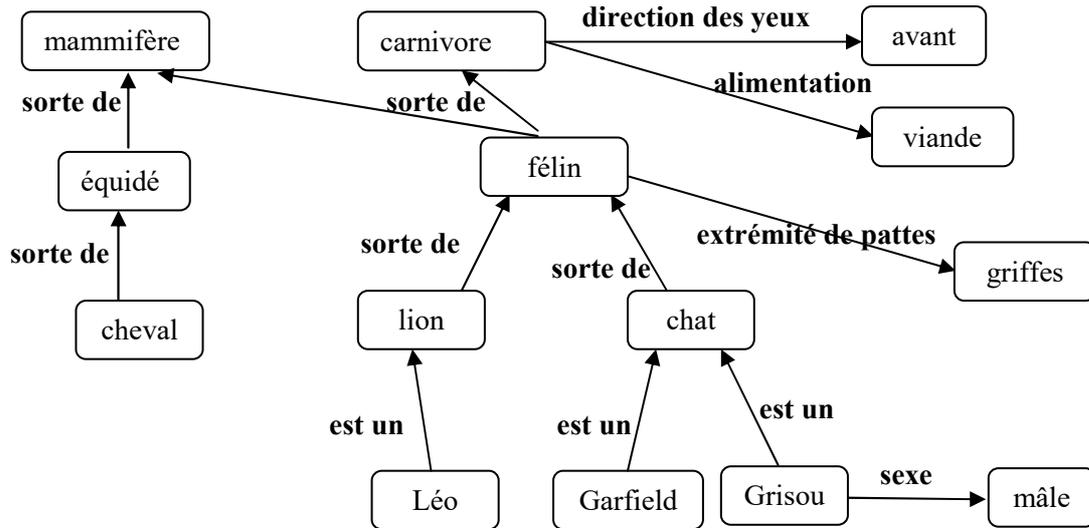
**A(X) : X est arrêté**

$(\forall X) M(X) \wedge A(X) \Rightarrow \neg (\exists Y) (C(Y) \wedge \text{Commètre}(X, Y))$

S5. Il y a que des crimes  
 $(\forall X) C(X)$

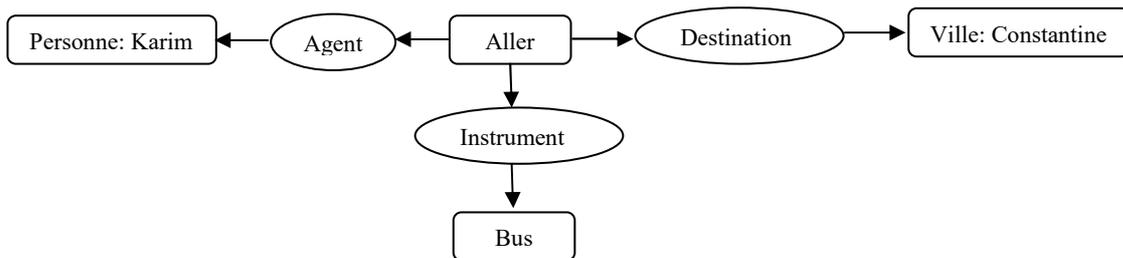
S6. Il y a des gens malhonnêtes non arrêtés  
 $(\exists X) M(X) \wedge \neg A(X)$

**Solution exercice 11**

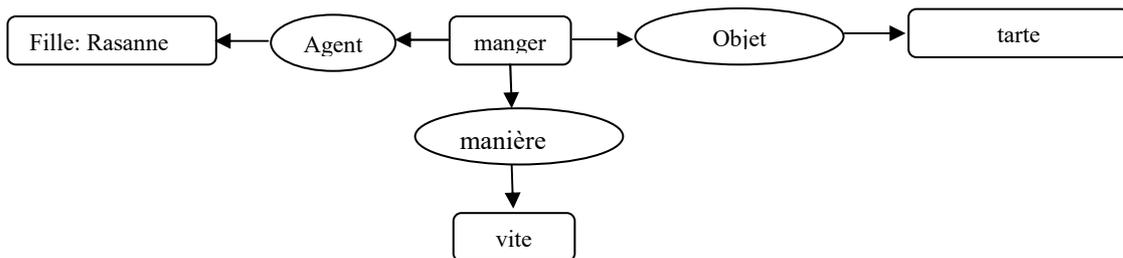


**Solution exercice 12**

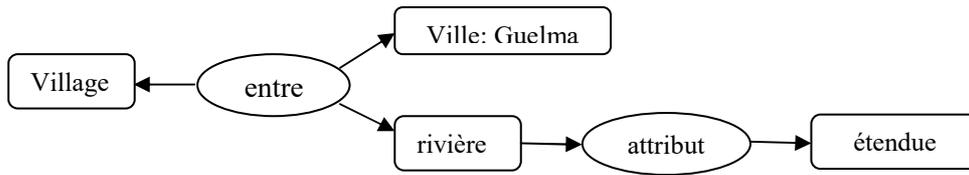
1. Karim va à Constantine en bus.



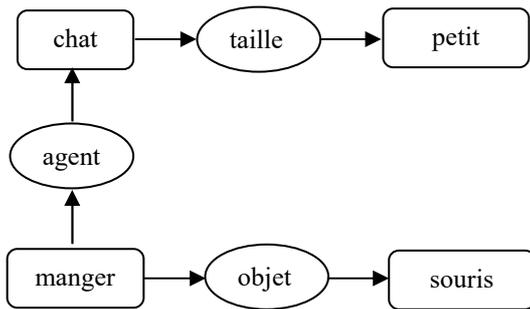
2. Une fille, Rasanne, mange vite une tarte



3. Le village est entre Guelma et la rivière étendue.



4. Le petit chat mange la souris



## Références bibliographiques

- [1] Lévine P. and J. Pomerol: « Systèmes interactifs d'aide à la décision et systèmes experts », Editions Hermès (1989).
- [2] Pritscher E., Marginale Regressions modelle für ordinale Waldschadensdaten mit räumlicher Korrelation , Blackwell, wissenschafts- Verlag, Berlin, 1989.
- [3] Pomerol, J. C. L'apport de Herbert Simon dans le management et la décision. Revue d'intelligence artificielle, 16(1-2), 221-249, 2002.
- [4] Simon, H. A. The new science of management decision, Prentice Hall, New Jersey. 1977.
- [5] Klein, M. and L. B. Methlie, Expert Systems: A Decision Support Approach with applications in management and finance, Addison-Wesley Publishing Compagny, 1990.
- [6] Turban, E., Aronson, J.E., Decision Support Systems and Intelligent Systems, 5th edn, Upper Saddle River, Prentice Hall,1998.
- [7] Simon, H. A. Administrative Behavior. New York, Free Press.1976.
- [8] Simon, H. A. The Science of Artificial. Cambridge, The M.I.T.Press. 1982.
- [9] Minsky,M.L. Matter, mind and models , MIT Press, 1968.
- [10] Claver J.-F., Gestion de flux en entreprises, Editions Hermes, 1997.
- [11] Roy B. et Bouyssou D.: Aide multicritère d'aide à la décision. Economica, Paris, 1993.
- [12] G. B. Dantzig. Applications et prolongements de la programmation linéaire. Dunod, Dunod, Paris, 1966.
- [13] Neumann J. v. and Morgenstern O., Theory of games and economic behaviour. Princeton University Press, 2nd edition, Princeton, 1947.
- [14] Duncan L.R. and Raiffa H. Games and Decisions. J. Wiley, New York, 1957.
- [15] Savage Leonard J.,The theory of statistical decision, Journal of the American Statistical association, pages 55–67, 1951.
- [16] Abraham Wald. Statistical Decision Functions. New York, Wiley and Sons, 1950.

- [17] S. Russel, P. Norvig, Artificial Intelligence, a modern approach, International Edition, 2006.
- [18] M.R. Quillian, Semantic memory in semantic information processing, M.I.T. Press, 1968.
- [19] J.F. Sowa, Conceptual structures information processing in mind and machine, Addison-Wesley, 1984.
- [20] T.J. Haykin, Neural network, a comprehensive foundation, Prentice-Hall, 1994.
- [21] J. Ross Quinlan. Induction of decision trees. Machine Learning, 1(1):81–106, 1986.
- [22] R. Schank, R. Abelson, Scripts, Plans, Goals and Understanding Erlbaum, Hillsdale, (Eds.), NJ, 1977.
- [23] R. Schank, Dynamic memory; a theory of reminding and learning in computers and people, Cambridge University Press, 1982.
- [24] R. Bergmann, K. Althoff, Methodology for Building Case-Based Reasoning Applications, in LNAI 1400, ed. Springer 1998.