

110 2004-110  
EX 2

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahlab, Blida  
USDB.

Faculté des sciences.  
Département informatique.

**Mémoire pour l'obtention  
du diplôme d'ingénieur d'état en informatique.**  
Option : Intelligence Artificielle

Sujet :

**Conception d'une mémoire de  
projet pour l'estimation des coûts  
des constructions**

Présenté par : GUELLATI DALILA

Promoteur : M<sup>me</sup> ABED

Soutenu le: date soutenance, devant le jury composé de :

Nom président du jury, grade, organisme

**Président**

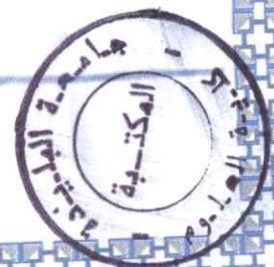
Nom examinateur 1, grade, organisme

**Examineur**

Nom examinateur 2, grade, organisme

**Examineur**

- 2005/2006-



MIG.004-125-1



---

## RÉSUMÉ

---

Le capital intellectuel de toute organisation est emmagasiné dans les têtes des personnes et dans les documents officiels de celle-ci. Ce qui l'expose à la détérioration et à la perte avec le départ des employés, ajoutant à cela la mauvaise gestion des documents.

Dans ce contexte les mémoires d'entreprise sont développées comme un moyen de capitalisation du savoir-faire et des connaissances de l'entreprise.

La présente thèse consiste à concevoir une mémoire de projet pour l'estimation des coûts des constructions en utilisant la technique du raisonnement à base de cas, approche de l'intelligence artificielle qui vise à résoudre de nouveaux problèmes à partir d'expériences passées.

Mots clés : Mémoire d'entreprise, mémoire de projet, raisonnement à base de cas.

## REMERCIEMENTS

**In the name of ALLAH, the most gracious, the most merciful**

Thanks for "*Allah*" who blessed me with the ability to finish this thesis and granted me success "*Alhamdou li allah*".

I would like to express the most sincere gratitude to my promoter Dr. ABED for guiding me throughout this thesis, providing me with a wealth of knowledge and advising me with precious ideas. In this regard I and my family give special thanks to her.

I thank the members of jury for accepting to judge my work.

I acknowledge the continuous support and patience that were shown by my family. I am thankful for the encouragement and good wishes of my parents in order to achieve my goal.

Finally, I thank all who helped me and encouraged me psychologically and physically.

**"THANKS"**

**A mon trésor papa  
A mon amour maman  
A mes adorables soeurs et frères  
A mes neveux et nièce  
A ma chère promotrice**

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

RÉSUMÉ.....	i
ABSTRACT .....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
DEDICACES.....	iv
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES FIGURES .....	ix
LISTE DES TABLEAUX .....	xi
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	xii
LA PROBLEMATIQUE.....	xiv

## CHAPITRE 1 : La gestion des connaissances et la mémoire d'entreprise

INTROCUCTION.....	1
<b>I. LA GESTION DES CONNAISSANCES</b>	
I.1. La gestion des connaissances dans les entreprises .....	2
I.2. Définitions .....	3
I.3. Définition de la connaissance .....	3
<b>II. LA MEMOIRE D'ENTREPRISE (ME)</b>	
II.1. Définitions de la mémoire d'entreprise.....	5
II.2. Caracteristiques principales de la mémoire d'entreprise.....	5
II.2.1. Diversité des connaissances.....	5
II.2.2. Diversité des sources de connaissances .....	6
II.2.3. Evolutivité d'une mémoire d'entreprise .....	6
II.3. Typologie des mémoires d'entreprise	
II.3. 1. La mémoire de la profession .....	6
II.3.2. La mémoire de la société .....	6
II.3.3. La mémoire individuelle .....	7
II.3. 4. La mémoire de projet.....	7

II.4. Différentes approches pour l'élaboration de mémoire d'entreprise.....	7
II.4.1. Mémoire d'entreprise non informatisée .....	7
II.4.2. Mémoire d'entreprise représentée à l'aide de documents .....	7
II.4.3. Mémoire d'entreprise représentée à l'aide de bases de connaissances... 8	
II.4.4. Mémoire d'entreprise représentée à l'aide de bases de cas.....	8
 <b>CONCLUSION</b> .....	 9
 <b>CHAPITRE 2 : La mémoire de projet</b>	
<b>INTRODUCTION</b> .....	10
<b>I.DÉFINITION D'UN PROJET</b> .....	11
<b>II.DÉFINITION DE LA MEMOIRE DE PROJET</b> .....	11
<b>III.OBJECTIFS D'UNE MEMOIRE DE PROJET</b> .....	12
<b>IV.SOURCES DE CONNAISSANCES POUR UNE MEMOIRE DE PROJET</b> .....	13
IV.1. Documents textuels .....	13
IV.2. Documents formels .....	13
IV.3. Eléments physiques .....	13
IV.4. Réunion et discussions.....	14
 <b>V. MODELE DE CONCEPTION D'UNE MEMOIRE DE PROJET</b> .....	 14
a) Détection des besoins.....	15
b) Elaboration d'une architecture .....	15
c) Développement de la mémoire de projet.....	15
d) Intégration de la mémoire .....	15
 <b>VI. CONSTRUCTION DE LA MEMOIRE DE PROJET</b> .....	 15
VI.1. Quand constituer la mémoire d'un projet ?	
▪ Une fois le projet terminé .....	16
▪ Tout au long du projet .....	16
VI.2. Qui doit recueillir les données sur le projet et comment ?	
▪ Les membres de l'équipe projet .....	17
▪ Les membres de l'équipe projet assistés observateurs extérieurs.....	17

CONCLUSION.....	18
<b>CHAPITRE 3 : Le raisonnement à base de cas</b>	
INTRODUCTION.....	19
I. JUSTIFICATION DU CHOIX DU RAISONNEMENT A BASE DE CAS.....	20
II. PRINCIPES GENERAUX DU RAISONNEMENT A BASE DE CAS.....	20
III. DEFINITIONS.....	21
IV. LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME RBC .....	21
IV.1. connaissances .....	22
IV.2. cycle du raisonnement a base de cas.....	23
IV.2.1. La remémoration .....	24
IV.2.2. La réutilisation .....	26
IV.2.3. La révision .....	27
IV.2.4. La mémorisation .....	28
V. CALCUL DE LA SIMILITUDE .....	29
VI. LE CŒUR DU RAISONNEMENT A PARTIR DE CAS : LA MEMOIRE.....	31
VI.1. Structure d'un cas .....	31
VI.2. Organisation des cas en mémoire .....	33
CONCLUSION.....	35
<b>CHAPITRE 4 : Le RBC pour l'estimation des coûts des constructions</b>	
INTRODUCTION.....	36
I. ESTIMATION DES COUTS DES CONSTRUCTIONS.....	37
II. UTILISATION DU RAISONNEMENT A BASE DE CAS DANS LE CADRE DE PMCCCE .....	38
II.1. structure d'un cas dans PMCCCE.....	38
II.2. le cycle du raisonnement à base de cas dans le cadre de PMCCCE .....	39
1- La phase de remémoration .....	40
2- La phase de choix de la solution .....	45
3- La phase de révision.....	45
4- La phase de mémorisation du cas.....	46

<b>CONCLUSION</b> .....	47
<b>CHAPITRE 5 : Démarche de développement de PMCCE</b>	
<b>INTRODUCTION</b> .....	48
<b>I. PRESENTATION GENERALE D'OMT</b> .....	49
I.1. Historique de la méthode OMT .....	49
I.2. Les modèles d'OMT .....	49
I.3. La démarche générale de développement .....	49
<b>A. L'ANALYSE</b> .....	50
A.1. Le modèle objet .....	50
A.2. Le modèle dynamique .....	52
A.2.1. Les scénarios et les suivis d'événements .....	52
A.2.2. Le diagramme d'états .....	53
A.3. Le modèle fonctionnel .....	55
<b>B. LA CONCEPTION DU SYSTEME</b> .....	56
<b>C. LA CONCEPTION DES OBJETS</b> .....	58
C.1. Le diagramme de classes .....	58
C.2. Les scénarios et les diagrammes de suivi d'évènement .....	63
C.3. Les diagrammes d'états .....	71
C.4. Diagramme à flots de données.....	72
<b>D. IMPLEMENTATION</b> .....	73
D.1. Choix du langage de programmation .....	73
D.2. Description du PMCCE .....	74
<b>CONCLUSION</b> .....	82
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	
1. <b>CONCLUSION</b> .....	84
2. <b>PERSPECTIVES</b> .....	85
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	86
<b>ANNEXES</b>	
<b>ANNEXE I : Termes utilisés dans de domaine de construction</b> .....	90
<b>ANNEXE II : Méthode OMT</b> .....	96



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 : La connaissance vue par Ermine.....</b>	<b>4</b>
<b>Figure 2 : Les diverses sources d'information dans l'entreprise.....</b>	<b>12</b>
<b>Figure 3 : Modèle de la tâche de conception.....</b>	<b>14</b>
<b>Figure 4 : Modèle générique d'un système RBC.....</b>	<b>22</b>
<b>Figure 5 : Cycle du raisonnement à base de cas.....</b>	<b>24</b>
<b>Figure 6 : La décomposition de la tâche « Remémorer ».....</b>	<b>26</b>
<b>Figure 7 : La décomposition de la tâche « Réutiliser ».....</b>	<b>27</b>
<b>Figure 8 : La décomposition de la tâche « Réviser ».....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 9 : Méthode de calcul du plus proche voisin.....</b>	<b>30</b>
<b>Figure 10 : La décomposition de la tâche « Remémorer » dans le cadre de PMCCE.....</b>	<b>45</b>
<b>Figure 11: Cycle de développement d'OMT.....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 12 : Diagramme de classes pour la phase analyse.....</b>	<b>51</b>
<b>Figure 13 : Diagramme de suivi d'évènement pour l'estimation du coût.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 14: Diagramme d'état pour la classe estimateur.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 15: Diagramme d'état pour la classe construction.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 16: Diagramme à flots de données pour l'estimation du coût.....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 17: Architecture générale du système.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 18: Diagramme de classes pour la conception.....</b>	<b>62</b>
<b>Figure 19: Diagramme de suivi d'évènement pour l'estimation du coût.....</b>	<b>64</b>
<b>Figure 20: Diagramme de suivi d'évènement pour la consultation d'un cas.....</b>	<b>65</b>
<b>Figure 21: Diagramme de suivi d'évènement pour l'ajout d'un nouveau cas.....</b>	<b>66</b>
<b>Figure 22 : Diagramme de suivi d'évènement avec exception pour l'ajout d'un nouveau cas.....</b>	<b>66</b>
<b>Figure 23: Diagramme de suivi d'évènement pour la suppression d'un cas.....</b>	<b>68</b>
<b>Figure 24: Diagramme de suivi d'évènement avec exception pour la suppression d'un cas.....</b>	<b>69</b>
<b>Figure 25: Diagramme de suivi d'évènement pour la modification d'un cas.....</b>	<b>70</b>
<b>Figure 26: Diagramme de suivi d'évènement avec exception pour la modification d'un cas.....</b>	<b>70</b>
<b>Figure 27: Diagramme d'état pour la classe RBC.....</b>	<b>71</b>
<b>Figure 28: Diagramme à flot de données pour l'estimation du coût d'une construction.....</b>	<b>72</b>
<b>Figure 29 : Menu principal du PMCCE.....</b>	<b>74</b>
<b>Figure 30 : Saisie de la description générale d'une construction.....</b>	<b>75</b>
<b>Figure 31 : Description de la structure, plancher et dallage.....</b>	<b>76</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Tableau de notations des graphes.....	25
<b>Tableau 2</b> : Présentation de la table des poids.....	41
<b>Tableau 3</b> : Description des attributs.....	61

## INTRODUCTION GENERALE

Les transformations rapides provoquées par les influences conjointes de la mondialisation des marchés, de la libération de l'économie et de l'impact de nouvelles technologies de l'information et de la communication placent les entreprises devant la nécessité d'accorder plus d'importance et de valeur à l'information, à la connaissance, à l'expérience et au savoir-faire qui représentent un atout prépondérant pour leur survie.

Certaines de ces entreprises ont été obligées de reconstituer entièrement certaines expériences par manque d'informations suffisantes, après le départ de quelques employés. Cela met en évidence la connaissance comme un élément conditionnant la compétitivité des entreprises. Cependant, ce risque a exhorté ces organisations à penser pour trouver une solution qui leur permettra de garder et de réutiliser les connaissances et les expériences acquises par leurs personnels.

C'est dans ce contexte, que les notions de mémoire d'entreprise et de mémoire de projet ont émergé dans les années 90. Une littérature vaste s'est ainsi constituée autour de cette problématique.

L'objectif de ce travail consiste à concevoir une mémoire de projet pour l'estimation des coûts des constructions. Cette mémoire doit rassembler les expériences et le savoir-faire des différents experts du domaine. Notre approche consiste à travailler à partir d'une expérience effective afin de faire des propositions réalistes et de pouvoir les valider. L'idée est de conserver sous une forme exploitable une trace des estimations déjà faites lors des projets de construction passés.

Le présent document est composé de cinq chapitres. Dans le premier chapitre, nous explorons les notions de gestion de connaissances et de mémoires d'entreprises.

Dans le deuxième chapitre, nous focalisons sur un type particulier de mémoire d'entreprise qui est la mémoire de projet.

Dans le troisième chapitre, nous présentons le raisonnement à base de cas, nous mettons en évidence ses étapes, ses composants et son mécanisme de fonctionnement.

Dans le quatrième chapitre, nous abordons les différentes étapes du raisonnement à base de cas dans le cadre du **PMCCE** (**P**roject **M**emory for **C**onstruction **C**ost **E**stimation), mémoire de projet pour l'estimation du coût des constructions.

Le cinquième chapitre est réservé à la présentation de la démarche de développement, en commençant par l'analyse, la conception et enfin l'implémentation du logiciel. Nous décrirons son fonctionnement et présenterons ses interfaces.

Enfin, la dernière partie de ce travail, résume nos propositions et ouvre des perspectives d'approfondissements et d'éclaircissements.

## **LA PROBLEMATIQUE**

La construction d'un projet quelconque exige des compétences, du savoir, des connaissances et des informations pour sa réalisation en vue d'atteindre les objectifs fixés.

Le départ d'un employé qui détient un savoir important sur les activités de l'entreprise causera une perte de capital immatériel de celle-ci, par la suite, cela va engendrer une perte financière. Pour éviter ces pertes, il est utile de conserver d'une manière structurée les connaissances et les expériences qui détiennent les intervenants dans un projet, pour permettre les réutiliser dans les projets similaires.

L'estimation du coût d'une construction nécessite une véritable expertise humaine. Pour cela, nous avons pensé à la constitution d'une mémoire de projet qui permettra de capitaliser le savoir faire des experts et sera utilisée pour l'estimation des coûts des constructions similaires. Cette mémoire sera représentée en utilisant le raisonnement à base de cas.

### **OBJECTIFS :**

Ce travail vise essentiellement à capitaliser les connaissances relatives à l'estimation des coûts des constructions. On cherche à travers ce projet à atteindre les objectifs suivants :

- Aider à estimer les coûts des constructions.
- Identifier et capitaliser les connaissances tout au long de développement d'un projet de construction.
- Améliorer la façon d'estimer le coût des constructions.
- Stocker les connaissances dans la base de cas afin de les réutiliser pour résoudre des cas similaires.

---

## **CHAPITRE 1**

### **La gestion des connaissances et la mémoire d'entreprise**

---

## Introduction

Face à la multiplication des sources d'information, le besoin d'outils pour traiter automatiquement ces informations s'est rapidement fait sentir, dans tous les secteurs d'activité. En effet, les entreprises ont pris conscience qu'elles ne pouvaient pas éviter de mobiliser leur patrimoine textuel, ce dernier étant facteur de savoir-faire, de connaissances, et de compétitivité. Grand nombre d'entreprises ont mis en place des systèmes de Gestion Electronique de Document (GED), intégrant des systèmes de Recherche d'Informations (SRI). Outre cette prise de conscience de l'importance de traitement rapide des documents, les entreprises ont également réalisé que les savoir-faire, le métier, l'expérience et les compétences constituent ainsi des connaissances et un savoir précieux à exploiter pour elles.

Les connaissances se trouvent dans l'intelligence, le savoir-faire, l'expérience de personnes autant que dans les documents, bases de données, etc., il faut donc les extraire pour espérer les conserver et pouvoir les transmettre en vue de sa réutilisation. En effet, une simple accumulation de connaissances est loin d'être suffisante, il est nécessaire de les structurer et de mettre en place les moyens de les retrouver, autrement dit de **gérer ces connaissances**.

Pour pallier aux problèmes de perte de connaissances et du savoir collectif, les entreprises ont recours aux **mémoires d'entreprises (ME)**. Elles ont comme premier souci d'éviter la répétition des mêmes erreurs, ce qui accélérera le processus de production ou de développement.

L'objectif de ce chapitre est de donner un aperçu de ce qu'est la connaissance et la gestion des connaissances. Par la suite, nous définirons la mémoire d'entreprise ainsi que ses caractéristiques principales. Enfin, nous montrerons quelles sont les différentes approches existantes, pour l'élaboration d'une mémoire d'entreprise.

## **I. LA GESTION DES CONNAISSANCES :**

### **I.1. LA GESTION DES CONNAISSANCES DANS LES ENTREPRISES :**

Les difficultés liées à une gestion inexistante ou insuffisante des connaissances s'expriment de plusieurs manières :

- Des salariés (Hautement qualifiés, et donc coûteux pour l'entreprise) passent beaucoup de temps à chercher les informations.
- Des savoir-faire essentiels demeurent dans la tête des employés, or ces employés bougent : départ à la retraite, mutation, changement de société, etc.
- Des informations pertinentes sont enterrées dans des piles de documents.
- Des erreurs coûteuses sont répétées par méconnaissance d'expériences menées précédemment.

C'est pourquoi, comme le remarquait déjà Macintosh [Mic 94] il paraît essentiel pour les entreprises de déterminer deux choses :

- ✓ Que savent-elles ?
- ✓ Comment gérer cette connaissance ?

Un projet de gestion des connaissances nécessite une réflexion à propos de la manière dont les connaissances peuvent être :

- Intégrées et manipulées par des utilisateurs différents.
- Partagées et réutilisées par différentes applications.
- Maintenues et mises à jour.

Sachant que ces connaissances sont disséminées dans les bases de données, bases de connaissances, sur les étagères des bureaux et dans la tête des gens, la tâche n'est pas aisée. La gestion des connaissances est en fait un problème complexe, une affaire de volonté de l'administration.



## **I.2. DEFINITIONS :**

Pour Pasahow [Pas 96] la gestion des connaissances vise à une utilisation optimale des informations et des connaissances qui ont existé, en vue de l'amélioration des processus de production et de la compétitivité. Elle implique l'utilisation consciente et ordonnée des connaissances en vue d'un objectif déterminé.

Ainsi, les objectifs de la gestion des connaissances sont :

« Pour promouvoir la croissance de la connaissance, promouvoir la communication de la connaissance et en général préserver la connaissance à l'intérieur de l'organisation » Steels [Ste 93].

Il semble difficile d'évaluer la rentabilité de la gestion des connaissances en terme de coûts, produits ou quantités, son intérêt apparaît plus net en tant qu'outil permettant la réduction de pertes Maret [Mar 97]. Elle intervient alors dans une logique de « prévention du risque », selon Brunet [Bru 94] Qui propose une liste de « gains » que l'on peut atteindre de la gestion des connaissances :

- Réduction des erreurs.
- Résolution des redondances.
- Amélioration de la prise de décision.
- Coût de recherche et développement réduits.

## **I.3. DEFINITION DE LA CONNAISSANCE :**

Selon Ermine [Erm 96] « La connaissance est perçue comme de l'information qui a une certaine signification par rapport à un contexte donnée ».

La figure 1 schématise le lien entre donnée, information et connaissance.

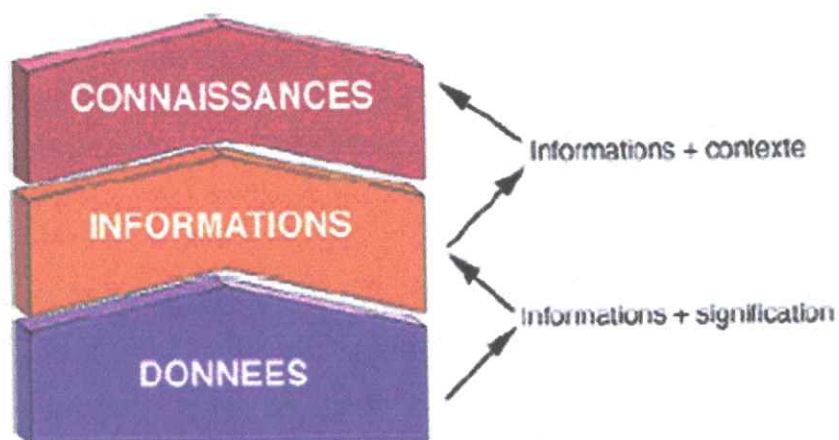


Figure 1 : la connaissance vue par Ermine

**Les données** représentent la matière brute de la connaissance. Elles révèlent des choses dénuées de sens a priori.

**L'information** est le premier stade de transformation. Elle se traduit par une association significative ou une idée.

**La connaissance** s'acquiert par l'accumulation et l'organisation de l'information dans la tête de chaque individu. Elle va ensuite se structurer, se codifier et se transformer selon le contexte et les besoins dans lesquels elle évolue.

## **II. LA MEMOIRE D'ENTREPRISE (ME) :**

### **II.1. DEFINITIONS DE LA MEMOIRE D'ENTREPRISE :**

Dans son acception courante, le terme « mémoire d'entreprise » désigne l'ensemble des savoir et savoir-faire en action, mobilisés par les employés d'une entreprise pour lui permettre d'atteindre ses objectifs (produire des biens ou des services).

Pour Van Heijst [Van 96] la mémoire d'entreprise est définie comme « la représentation explicite, persistante, et désincarnée, des connaissances et des informations dans une organisation ». Elle peut inclure par exemple, les connaissances sur les produits, les procédés de production, les clients, les stratégies de vente, les résultats financiers, les plans... etc.

Grundstein [Gru 95] en donne une autre définition : « Repérer et rendre visible les connaissances de l'entreprise. Pouvoir les conserver, les accéder et les actualiser, savoir les diffuser et mieux les utiliser, deviennent des sujets de préoccupations actuels, que nous rassemblons sous l'expression - capitalisation des connaissances de l'entreprise- ».

De nombreuses expressions sont utilisées, en particulier « capitalisation du savoir-faire », « conservation du savoir » et « capitalisation des connaissances ».

Dans le paragraphe suivant, nous présentons les caractéristiques de la mémoire d'entreprise.

### **II.2. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE LA MEMOIRE D'ENTREPRISE :**

La caractéristique principale entre toutes les définitions est qu'une mémoire d'entreprise est l'ensemble des connaissances d'une entreprise résultant de l'expérience et des acquis des personnes y travaillant. Dans ce qui suit, nous proposons une liste d'autres caractéristiques.

#### **➤ Diversité des connaissances :**

Les connaissances sont la matière d'une mémoire d'entreprise, elles sont de diverses natures : des connaissances de type « domaine » telles que des connaissances sur les produits, les processus de production, les clients, etc, ou bien des connaissances relatives « aux raisonnements » mis en œuvre par les personnes dans une entreprise telles que les objectifs,

les stratégies, les règles, etc.

➤ **Diversité des sources de connaissances :**

Les connaissances d'une mémoire d'entreprise sont variées et proviennent également de sources très variées :

- Sources documentaires (rapport, articles ... ) ;
- Des acteurs expérimentés de l'entreprise ;
- Des bases de données, des bases de connaissances, des bases de cas.

➤ **Evolutivité d'une mémoire d'entreprise :**

Une mémoire d'entreprise est amenée à évoluer constamment. La principale conséquence de cette caractéristique est qu'une mémoire d'entreprise ne peut se construire que dans la durée et jamais en une seule fois.

Une mémoire d'entreprise contient un volume important de connaissances qui ne peuvent être stockées en une seule fois. De plus, une mémoire d'entreprise est le reflet de l'entreprise, elle doit donc vivre et évoluer au même rythme que cette entreprise. Elle sera enrichie au fur et à mesure que l'entreprise s'enrichit de nouvelles expériences. De la même manière, au fil du temps, certaines connaissances peuvent devenir fausses et doivent donc être supprimées ou mises à jour.

### **IL3. TYPOLOGIE DES MEMOIRES D'ENTREPRISE :**

Tourtier [Tou 95] distingue quatre types de mémoire :

**La mémoire de la profession :** Composée des références, documents, outils, méthodes employés dans une profession donnée.

**La mémoire de la société :** Liée à l'organisation, aux activités, produit, et acteurs comme les clients, sous-traitants, et fournisseurs.

**La mémoire individuelle :** Contenant le statut, les compétences, savoir-faire et activités d'un salarié donné.

**La mémoire de projet :** Constituée de la définition d'un projet, les activités attenantes, l'historique et les résultats.

## **II.4. DIFFERENTES APPROCHES POUR L'ELABORATION DE MEMOIRE D'ENTREPRISE :**

### **II.4.1. Mémoire d'entreprise non informatisée :**

Ce type de mémoire est composée de documents écrits, explicitant des connaissances tacites, ou non formalisées. L'élaboration d'une mémoire d'entreprise de ce genre correspond en principe à deux objectifs différents :

- celle d'élaborer des documents de synthèse sur des connaissances non explicites dans les rapports et d'autres documents techniques. Ces connaissances sont reliées au savoir faire des experts.
- celle d'améliorer la production <sup>de</sup> l'entreprise par l'intermédiaire de propositions des experts sur leurs tâches.

### **II.4.2. Mémoire d'entreprise représentée à l'aide de documents :**

Une mémoire documentaire part du principe que tous les documents de l'entreprise peuvent constituer la mémoire d'entreprise, mais qu'ils sont mal indexés, ce qui suppose de mettre en place un système d'indexation et de recherche d'information.. Selon Poitou [Poi 95] « Un bon système de documentation est probablement la solution la moins chère et la plus réaliste pour la capitalisation des connaissances ».

En général, les membres de l'entreprise disposent d'une bibliothèque personnelle qu'ils peuvent la rendre partiellement disponible aux autres membres de l'entreprise. De même, il peut exister des documents d'intérêt général (rapport importants, documents de références...) qu'il est souhaitable de rendre accessible via la mémoire d'entreprise.

**II.4.3. Mémoire d'entreprise représentée à l'aide de bases de connaissances :**

L'ingénierie des connaissances est naturellement intéressante pour construire une mémoire d'entreprise basée sur le recueil et la modélisation des connaissances de certains experts ou spécialistes de l'entreprise. Certains chercheurs travaillant sur les systèmes experts se sont tournés vers la création de mémoire d'entreprise, mettant ainsi à profit leurs expériences passées. Toutefois, l'objectif d'une ME est moins ambitieux que celui d'un système expert. Au lieu de devoir offrir automatiquement des solutions à un problème, une ME est plutôt vue comme une aide pour l'utilisateur, lui fournissant les informations pertinentes mais lui laissant la responsabilité d'une interprétation et d'une évaluation de ces informations Kuhn [Kuh 97].

**II.4.4. Mémoire d'entreprise représentée à l'aide de bases de cas :**

Comme l'explique Simon [Sim 96], l'exploitation d'une autre technique issue de l'intelligence artificielle, le raisonnement à partir de cas, s'avère également utile. En effet, les entreprises possèdent des expériences passées (positives ou négatives) qui peuvent être représentées de manière explicite dans un formalisme permettant par exemple de les comparer ou de les réutiliser. Ainsi, le raisonnement à partir de cas utilise les cas ou expériences passés pour résoudre un problème. Les techniques de raisonnement à partir de cas sont particulièrement appropriées lorsque aucune méthode générale pour exécuter une tâche n'existe alors qu'une collection de cas déjà résolus existe. Il consiste en général à résoudre un problème en utilisant des cas déjà résolus et regroupés dans une base.

---

**Conclusion :**

Les connaissances forment une partie importante du capital de l'entreprise. Leur structuration pour une utilisation efficace s'avère très intéressante. La mémoire d'entreprise est un des moyens que l'entreprise peut développer pour assurer une bonne gestion de son capital intellectuel.

La mémoire d'entreprise ne peut être utile et efficace qu'avec la participation de tous les acteurs pour créer un climat qui favorise le partage et la communication des connaissances au sein de l'entreprise.

Dans le chapitre suivant, nous nous intéressons à un type particulier de mémoire d'entreprise qui est **la mémoire de projet**.

---

## **CHAPITRE 2**

### **La mémoire de projet**

---



## **INTRODUCTION**

Les caractéristiques d'un projet sont en général définies dans les fournitures (documents, cahiers des charges, documents techniques,...) produites à chaque étape de son développement. Les problèmes rencontrés dans un projet ainsi que leur résolution sont rarement formalisés en vue d'une utilisation ultérieure. Cette partie d'un projet est aussi importante à mémoriser que les caractéristiques d'un projet et son organisation. Pour cela, les mémoires de projets sont faites pour mémoriser et traiter les connaissances et les expériences relatives aux projets développés par l'entreprise.

Dans ce chapitre nous essayerons de donner une définition de la mémoire de projet, et présenterons ces objectifs. Ensuite, nous monterons l'organisation et la façon de construire une mémoire de projet.

## I. DEFINITION D'UN PROJET :

L'AFNOR<sup>1</sup> définit le projet comme « une démarche spécifique qui permet de structurer méthodiquement et progressivement une réalité à venir » et ajoute « un projet est défini et mis en œuvre pour élaborer une réponse au besoin d'un utilisateur, d'un client ou d'une clientèle et implique un objectif et des actions à entreprendre avec des ressources données ».

Un projet, c'est aussi : Un ensemble fini comportant un début et une fin, une aventure mêlant des expériences positives et négatives.

## II. DEFINITION DE LA MEMOIRE DE PROJET :

Dans la littérature, la mémoire de projet est définie comme « des leçons et expériences tirées d'un projet ou les traces d'un projet » Matta [Mat 99a].

La mémoire de projet est considérée comme « une étape à réaliser en cours de route ou à la fin, étape au cours de laquelle on produit une trace écrite du projet. Elle vise à prendre un recul, comprendre l'origine des succès et des échecs et, plus généralement, effectuer un réel retour d'expérience » Matta [Mat 99].

Une mémoire de projet doit donc donner accès à des informations décrivant aussi bien les caractéristiques d'un projet que celles relatives à la résolution des problèmes rencontrés lors de la réalisation du projet. Ces informations peuvent être extraites de diverses sources dans l'entreprise (Figure 2).

---

<sup>1</sup> Association Française de NORmalisation

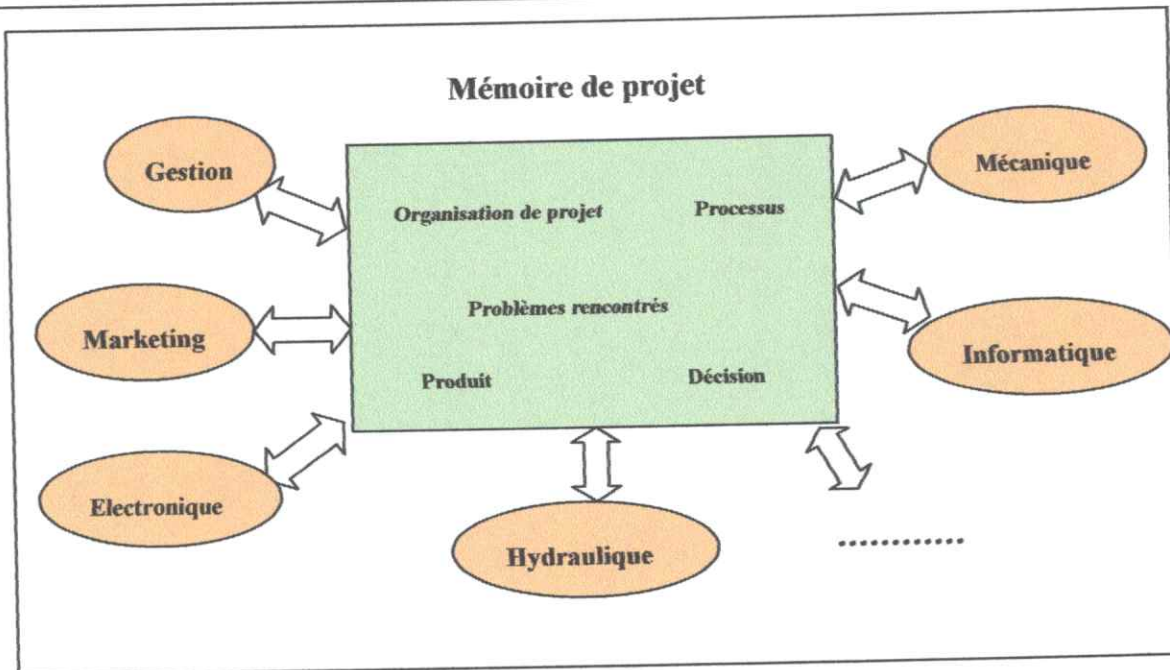


Figure 2 : Les diverses sources d'information dans l'entreprise Matta [Mat 99]

### III. OBJECTIFS D'UNE MEMOIRE DE PROJET :

L'objectif principal de la mémoire de projet est l'amélioration de la façon dont on conduit les projets. La mémoire de projet est essentiellement un outil de gestion que les entreprises se donnent pour assurer un perfectionnement de leurs projets ainsi que leurs conduite et gestion. La mémoire de projet vise aussi à éviter de reproduire les mêmes erreurs et faire échec aux conséquences néfastes des pertes d'expériences attribuables à la dissolution des équipes de projet et aux mouvements du personnel en général (départs à la retraite ou vers d'autres organisations).

L'atteinte de cet objectif est fondée sur le principe de capitalisation des expériences. Il est très utile que l'équipe du projet au démarrage connaisse les expériences antérieures de conduite de projet de l'entreprise. Dès lors, chaque fois qu'un projet est mené, le mieux est d'enregistrer un certain nombre d'informations à son propos. Ce faisant, un référentiel se crée, dont on se servira pour le perfectionnement continu des projets. Au moment de démarrer un nouveau projet, on consultera ce référentiel pour avoir connaissance des expériences similaires réalisées dans le passé. A la fin de l'exécution du projet, on enrichira le référentiel par cette nouvelle expérience. Ainsi, l'entreprise ne risque plus de perdre son savoir-faire ou de répéter les mêmes erreurs. Au contraire, elle se donne les moyens de transmettre l'expérience acquise au cours des années.

Donc, la mémoire de projet représente une documentation, très riche en matière d'expérience, disponible en temps réel, exploitable par toute personne voulant réaliser sa tâche ou prendre une décision.

#### **IV. SOURCES DE CONNAISSANCES POUR UNE MEMOIRE DE PROJET :**

Il existe plusieurs sources de connaissances pour une mémoire de projet. Ces connaissances sont de différents formats. Nous distinguons les sources suivantes :

##### **IV.1. Documents textuels :**

Les objectifs, besoins et les résultats intermédiaires sont généralement décrits dans des supports textuels. Les descriptions textuelles des éléments du projet forment une importante source de connaissances pour l'entreprise.

Cette représentation textuelle est privilégiée pour sa bonne faculté d'informer, de décrire et de commenter la conception et les descriptions d'un projet.

Les documents textuels peuvent être sous forme électronique ou en papier.

##### **IV.2. Documents formels :**

Les acteurs d'un projet formalisent les connaissances acquises et générées par le projet. Cette formalisation permet, d'une part, de définir d'une manière explicite et précise ses éléments, et d'autre part, de les présenter aux autres participants. Les documents formels sont généralement modélisés et enregistrés dans les bases de données construites à partir d'outils spécifiques (outils de gestion, planification, CAO, etc.)

##### **IV.3. Eléments physiques :**

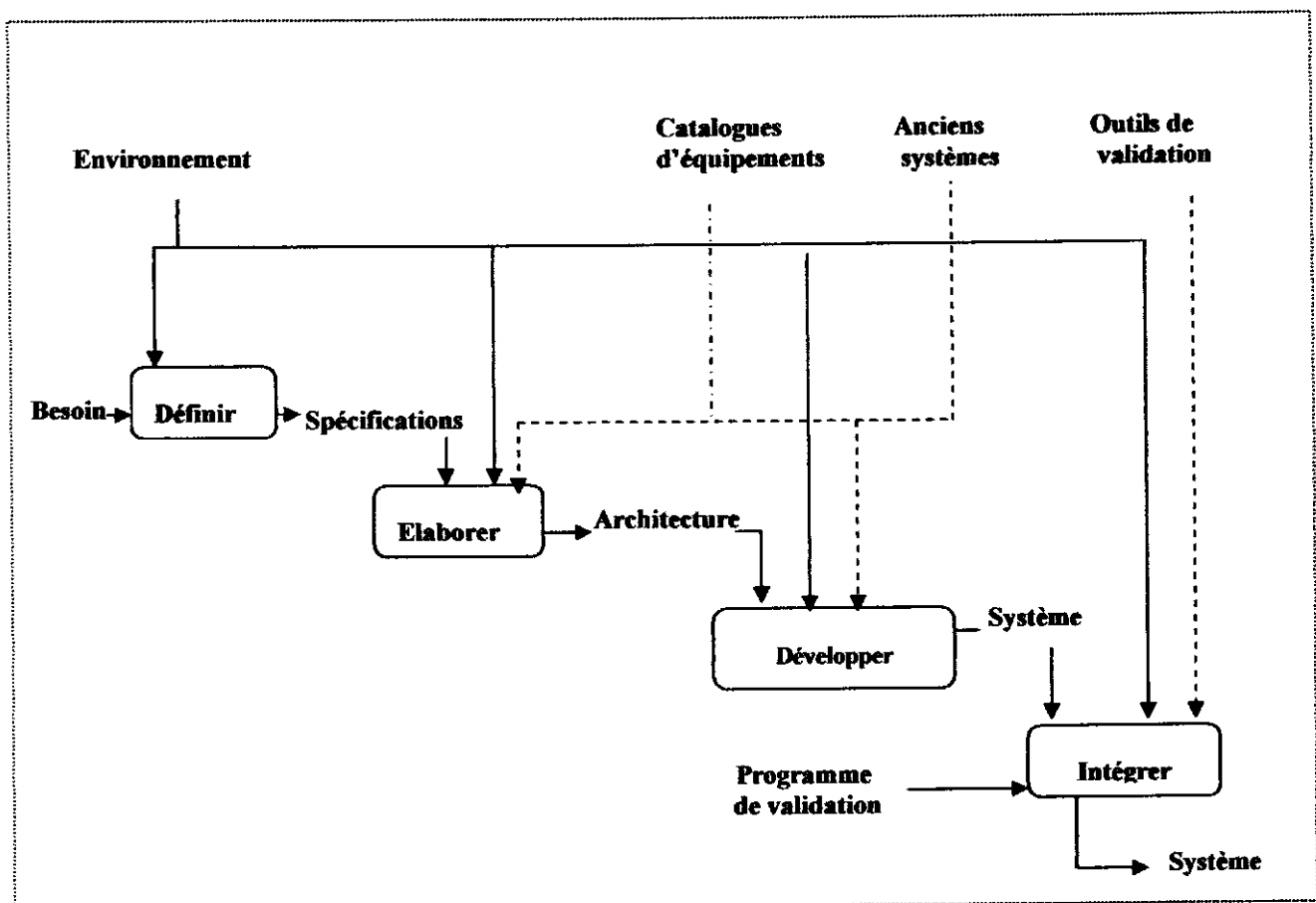
Il est important, dans certains projets de garder une trace des maquettes et des prototypes des résultats intermédiaires développés dans un projet.

**IV.4. Réunion et discussions :**

Les réunions et discussions qui se tiennent au cours de la réalisation d'un projet permettent d'évaluer les résultats obtenus à chaque étape, de préparer la progression du projet et de résoudre les problèmes rencontrés. Il est aussi utile de capitaliser les alternatives de solutions proposées par les acteurs et les décisions prises.

**V. MODELE DE CONCEPTION D'UNE MEMOIRE DE PROJET :**

La conception d'une mémoire de projet nécessite le passage par un certain nombre d'étapes (Figure 3), à savoir : **La définition des besoins, l'élaboration d'une architecture, le développement du système et enfin l'intégration de ce système dans l'environnement.**



**Figure 3 : Modèle de la tâche de conception [Mat 99]**

**a) Détection des besoins :**

L'objectif principal de cette tâche est de clarifier les besoins des utilisateurs potentiels de la mémoire de projet afin de définir ses buts.

**b) Elaboration d'une architecture :**

Cette phase consiste à définir les démarches et les étapes à suivre pour atteindre les objectifs fixés. Un échéancier comportant les tâches à réaliser est élaboré.

**c) Développement de la mémoire de projet :**

On commence dans cette étape par la réalisation de la mémoire en rassemblant les moyens humains et matériels nécessaires à son développement en suivant le planning élaboré lors de l'étape précédente.

**d) Intégration de la mémoire :**

Dans cette étape on procède à tester et à valider la mémoire obtenue avant de la mettre en fonctionnement. On intègre la mémoire dans l'organisme, en faisant les liens nécessaires aux systèmes existants.

**VI. CONSTRUCTION DE LA MEMOIRE DE PROJET :**

La question principale qui se pose est sur la période de recueil des données, et l'identification de celui qui est responsable de la mémoire de projet.

### VI.1. Quand constituer la mémoire d'un projet ?

Deux alternatives sont présentées : Documenter le projet **a posteriori** ou **en cours de route**.

- **Une fois le projet terminé :**

Constituer une mémoire a posteriori présente un risque pour la validité de l'information recueillie. A la fin d'un projet, tout le tâtonnement qui a prévalu à l'identification des problèmes à résoudre et à la découverte de la solution se perd.

Cependant, pour certains, documenter un projet a posteriori répond à des impératifs de temps. En clair, on ne dérange pas les intervenants en plein projet, ils sont déjà suffisamment occupés. Il est donc préférable de retracer les événements ou le processus après coup.

- **Tout au long du projet :**

Deux difficultés majeures sont fréquemment évoquées lorsqu'il s'agit de documenter la mémoire en cours de projet.

D'abord, en cours de route, on ne dispose pas de critère pour juger a priori de ce qui est pertinent de documenter et de ce qui ne l'est pas. Un document, un processus de résolution de problème, etc. peut ne pas paraître important au départ mais s'avère l'être à la fin. Dans ce contexte, il serait logique de chercher à conserver un maximum d'informations sur le projet.

Ensuite, on ne peut pas s'assurer si, dans le feu de l'action, les acteurs du projet prennent le temps de noter ce qu'ils font.

### VI.2. Qui doit recueillir les données sur le projet et comment ?

En considérant à qui échoit la responsabilité de la constitution de la mémoire, deux types de propositions sont recensées : Elle revient soit entièrement **aux membres de l'équipe projet et à son gestionnaire**, soit **aux membres de l'équipe projet assistés de personnes extérieures**.

- **Les membres de l'équipe projet :**

S'il s'agit de mémoire en cours de projet, les membres de l'équipe sont invités à tenir un journal de bord. Ce dernier est tenu de façons manuscrites ou à l'aide de logiciels informatiques dédiés à cette fonction. Les membres réaliseront une évaluation post-projet de ces données. Le chargé de projet rédigera un rapport synthèse résumant les points suivants : Résultats du projet, outputs pour l'organisation (compétences acquises), données explicatives (notamment les facteurs de succès et d'échec du projet), leçons tirées pour l'avenir.

S'il s'agit de mémoire a posteriori, les membres de l'équipe sont essentiellement appelés à faire directement le bilan (sans faire l'évaluation). Il doit être réalisé par écrit ou seulement oralement.

- **Les membres de l'équipe projet assistés observateurs extérieurs :**

La mémoire de projet fait ici intervenir des personnes spécialisées dans ce domaine, internes ou externes à l'entreprise, et qui n'ont pas participé au projet. Essentiellement, ces spécialistes planifient et réalisent le recueil des données auprès des membres de l'équipe du projet et se réservent l'analyse des données, y compris l'élaboration de recommandation.



**CONCLUSION :**

On a présenté au cours de ce chapitre les différentes définitions de la mémoire de projet ainsi que les concepts de base liés à celle-ci. La réalisation de telle mémoire nécessite un grand travail vu le nombre de facettes qu'il faut prendre en considération : Qui capitalisera la connaissance? Comment la capitalisera et quand?

Les mémoires de projet peuvent être élaborées en utilisant une base de documents faisant explicite la connaissance des membres adéquats d'entreprise, une base de connaissance, un système à base de cas ou un système multi-agent. Ce choix dépend des sources disponibles : spécialistes humains, documents à base de papier ou électroniques, bases de données, bibliothèques de cas...

Dans notre travail, nous proposons d'utiliser **une base de cas**. Ce système sera présenté dans le chapitre suivant.

---

## **CHAPITRE 3**

### **Le raisonnement à base de cas**

---

## INTRODUCTION

La plupart des personnes améliorent la résolution de problèmes par leur expérience. Elles résolvent difficilement de nouveaux problèmes mais plus rapidement des problèmes déjà rencontrés ou similaires. De plus, elles se souviennent des erreurs commises et évitent de les reproduire. C'est à partir de ces différentes constatations que des recherches en intelligence artificielle ont été entreprises, donnant naissance au **raisonnement basé sur les cas**.

Dans ce chapitre, nous définirons la technique du raisonnement à base de cas, puis nous en présenterons les composants : les connaissances et les étapes du cycle de raisonnement à base de cas.

## I. JUSTIFICATION DU CHOIX DU RAISONNEMENT A BASE DE CAS :

Nous proposons de représenter notre mémoire de projet en utilisant une base de cas. Ce choix revient au fait que les cas estimés existent déjà et sont disponibles au niveau des bureaux d'études, OPGI... etc.

Le choix de la base de cas procure les avantages suivants :

- Eviter les difficultés de modélisation du savoir faire des experts en se concentrant sur l'acquisition des cas.
- Permettre une évolution continue de la mémoire de projet grâce à l'ajout progressif de nouveau cas.

## II. PRINCIPES GENERAUX DU RAISONNEMENT A BASE DE CAS :

Le raisonnement à base de cas (**RBC**) est une approche de résolution de problème qui utilise des expériences passées pour résoudre de nouveaux problèmes Leake [Lea96]. L'ensemble des expériences forme une base de cas.

Un cas contient au moins deux parties : une description de situation représentant un « **problème** » et une « **solution** » utilisée pour remédier à cette situation. Parfois, le cas décrit également les conséquences résultant de l'application de la solution (ex : succès ou échec). Les techniques RBC permettent de produire de nouvelles solutions en extrapolant sur les situations similaires au problème à résoudre.

L'approche CBR offre de nombreux avantages. Pour certaines applications, l'approche CBR est plus simple à mettre en oeuvre que les approches basées sur un modèle du domaine (ex base de règles); elle permet d'éviter les problèmes d'acquisition de connaissance qui rendent difficile la conception de bases de connaissances de taille importante. Le CBR est particulièrement bien adapté pour les applications dont la tâche est accomplie par des humains expérimentés dans leur domaine et dont les expériences sont disponibles dans une base de données, dans des documents ou chez un expert humain.

### III. DEFINITIONS :

D'après Leake [Lea96] « Le raisonnement à base de cas résout de nouveaux problèmes par adaptation des solutions qui ont été utilisée pour résoudre des anciens problèmes ».

Selon Kolonder [Kol 93], le raisonnement à base de cas peut être défini comme « ... Adapter les anciens solutions aux nouvelles demandes, utiliser les anciens cas pour expliquer les nouvelles situations.... ».

L'idée principale que cache le concept RBC est que « les mêmes problèmes ont les mêmes solutions » ou mieux encore « la solution d'un problème est un bon point de départ pour la résolution du problème courant » Rong [Ron 02].

### IV. LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME RBC :

Un système CBR est une combinaison de **processus** et de **connaissances** ("knowledge containers") qui permettent de préserver et d'exploiter les expériences passées. Pour simplifier notre présentation, nous nous appuyons sur le modèle générique proposé par Lamontagne [Lam 02] présenté à la (Figure 4). Il a comme principaux processus : la recherche, l'adaptation et la maintenance et comme structures de connaissances : le vocabulaire d'indexation, la base de cas, les fonctions de similarité et les connaissances d'adaptation.

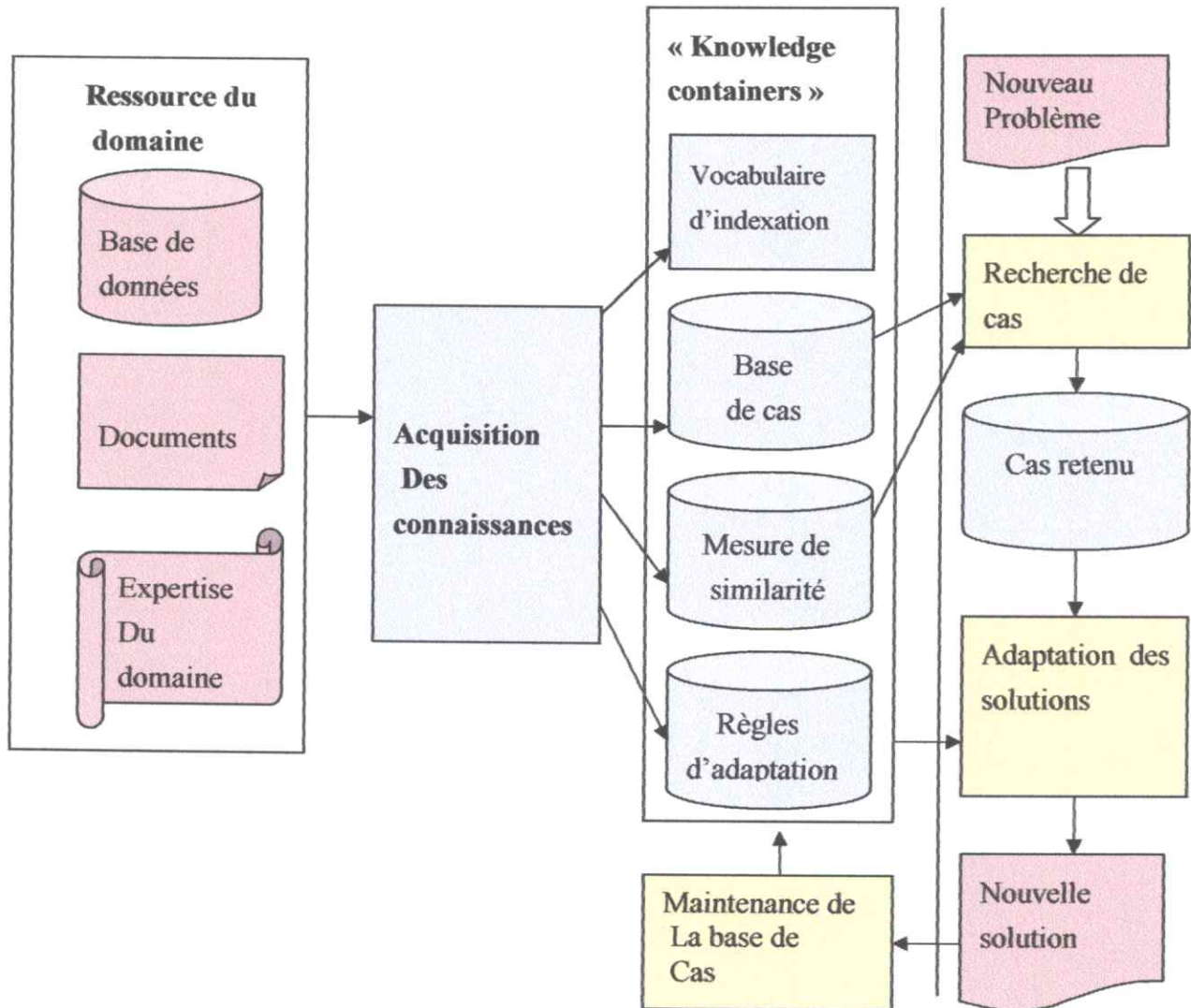


Figure 4 : Modèle générique d'un système RBC

#### IV.1. CONNAISSANCES :

Les différentes connaissances utilisées par un système CBR sont regroupées en quatre catégories ("knowledge containers") :

- *Vocabulaire d'indexation* : un ensemble d'attributs qui caractérisent la description de problèmes et les solutions du domaine. Ces attributs sont utilisés pour construire la base de cas et jouent un rôle important lors de la phase de recherche.

- *Base de cas* : l'ensemble des expériences structurées qui seront exploitées par les phases de recherche, d'adaptation et de maintenance.

- *Mesures de similarité* : Ce sont des fonctions pour évaluer la similarité entre deux ou plusieurs cas. Ces mesures sont utilisées pour la recherche dans la base de cas.

- *Connaissances d'adaptation* : Ce sont des heuristiques du domaine, habituellement sous forme de règles, permettant de modifier les solutions et d'évaluer leur applicabilité à de nouvelles situations.

#### IV.2. CYCLE DU RAISONNEMENT A BASE DE CAS :

Le raisonnement à base de cas comporte un ensemble d'étapes parfaitement identifiées. De manière générale, on a en entrée un problème (le cas étudié) et une collection des cas résolus (la base de cas).

La mise en place d'un système fondé sur le raisonnement à base de cas consiste à trouver une façon d'implanter les différentes étapes du cycle de raisonnement à base de cas. Ce cycle comprend les étapes suivantes (Figure 5) :

- Remémoration des cas les plus similaires au problème en cours de traitement.
- Réutilisation de la connaissance du (ou des) cas mémoré(s) pour la résolution du problème.
- Révision de la solution.
- Mémorisation de la nouvelle expérience, qui peut servir dans le futur.

Un nouveau problème ou cas est résolu en se rappelant des cas similaires qui sont déjà stockés dans la mémoire. La solution trouvée est ensuite adaptée au nouveau problème.

Nous détaillons dans la suite chacune des étapes du cycle du raisonnement à base de cas citées précédemment.

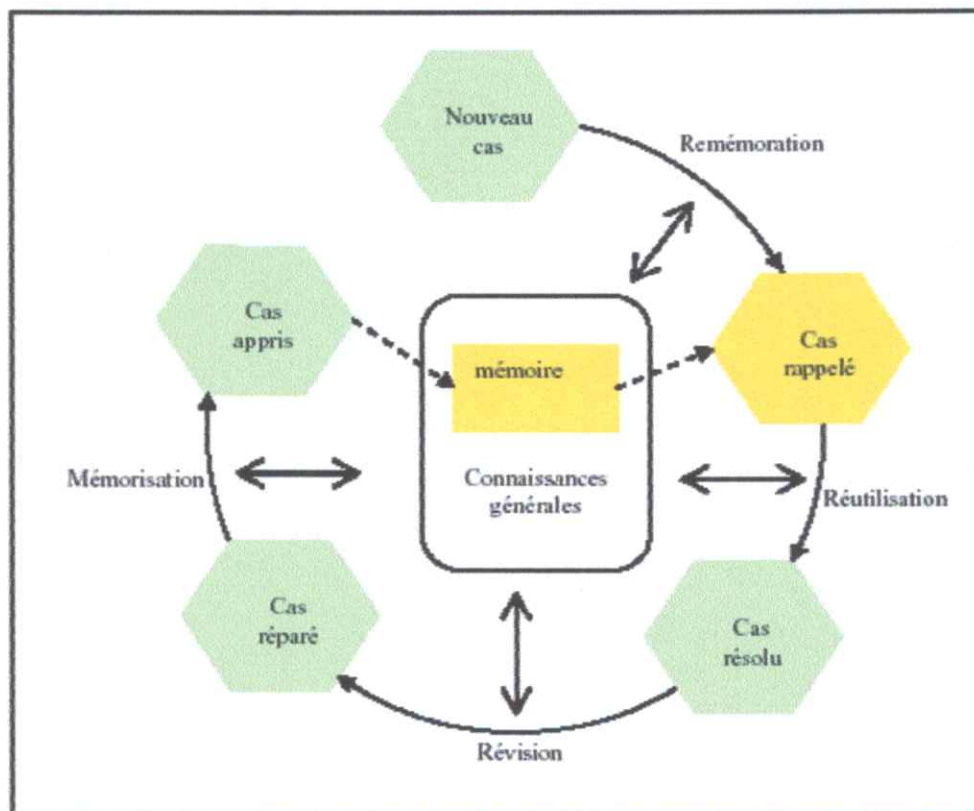


Figure 5 : Cycle du raisonnement à base de cas

#### IV.2.1. La remémoration :

Le processus de remémoration permet de trouver, parmi l'ensemble des cas, ceux qui sont les plus proches du cas à analyser. Pour cela, il faut définir des critères qui déterminent comment un cas est jugé approprié pour être remémoré. Cette méthode est composée de deux sous tâches :




- La tâche de recherche initiale qui consiste à trouver un ensemble de cas qui sont suffisamment similaires au nouveau cas. Pour effectuer cette étape, une mesure de similitude est définie. Cette mesure permet de déterminer une ressemblance entre deux éléments dans un contexte donné. Une des méthodes de mesure de similitude les plus utilisées est celle **des k plus proches voisins**. Le principe de cette méthode est détaillé dans le paragraphe V.



- La sélection choisit le cas « convenable » à partir de l'ensemble des cas extraits pendant la tâche précédente.

**Remarque :**

Pour permettre de bien comprendre les figures suivantes, il y a lieu de se référer à la définition des notations suivantes :

	Indique que la tâche A doit être réalisée avant la tâche B.
	Indique que la tâche principale peut être réalisée par l'une ou l'autre des sous tâches fils.
L'absence annotation	Indique un ordre non défini (en séquence ou en parallèle).
	Indique que la tâche est répétitive.

**Tableau 1 : Tableau de notations des graphes**

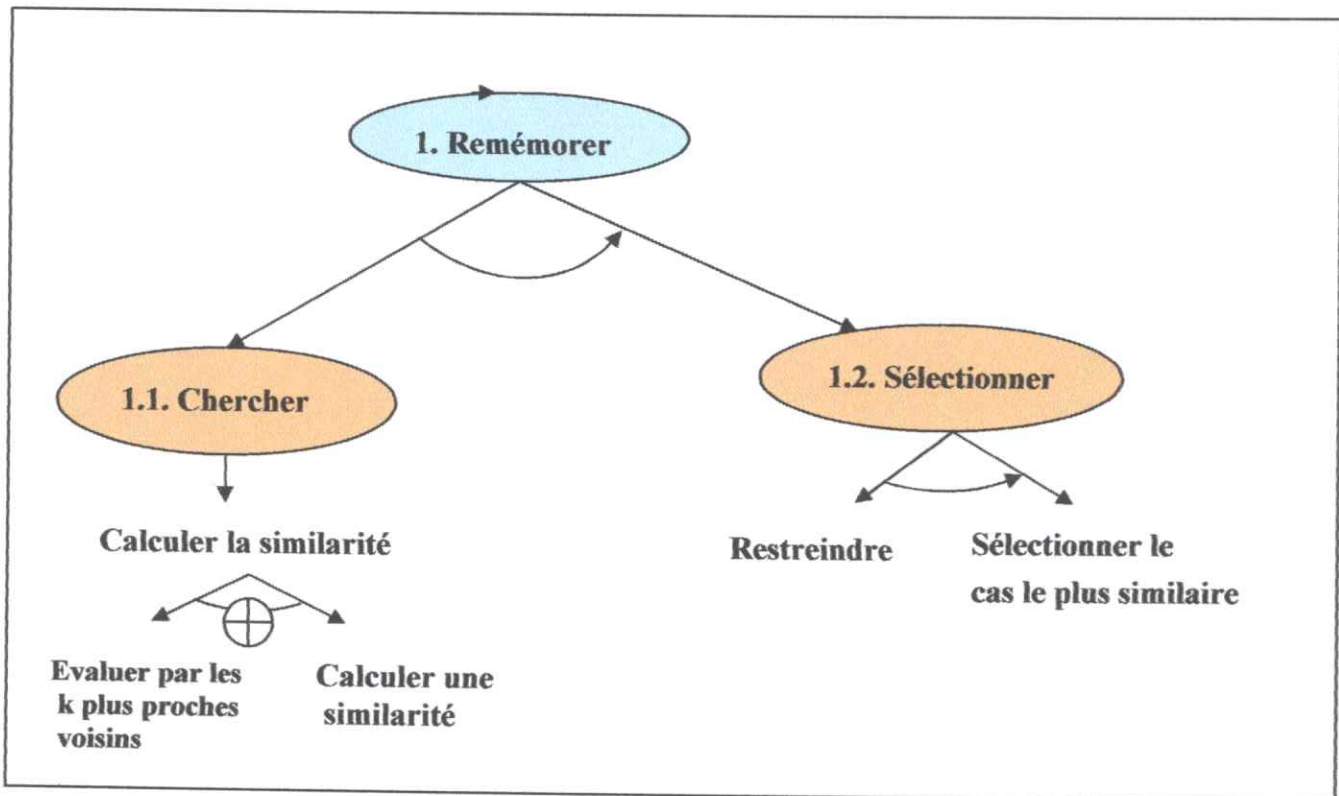


Figure 6: La décomposition de la tâche « Remémorer »

#### IV.2.2. La réutilisation :

La réutilisation ou l'adaptation d'un cas est le processus permettant l'application de la solution trouvée dans l'étape de remémoration pour correspondre au problème courant.

Deux méthodes sont utilisées pour la réutilisation :

1) **Copier** : La réutilisation commence par copier soit la solution, soit la méthode d'obtention de la solution.

2) **Adapter** : Il existe deux moyens pour adapter les cas précédents :

- *Adaptation par transformation* : La solution trouvée n'est pas une solution directe pour le nouveau problème, mais elle peut être transformée pour être appliquée à la résolution du problème.
- *Adaptation par dérivation* : Dans ce cas, c'est la trace du raisonnement ayant produit la solution du cas qui est réutilisée. L'adaptation par dérivation re-crée complètement la solution pour le nouveau problème en ré appliquant, sur les données du nouveau problème, le raisonnement qui avait produit la solution du cas passé.

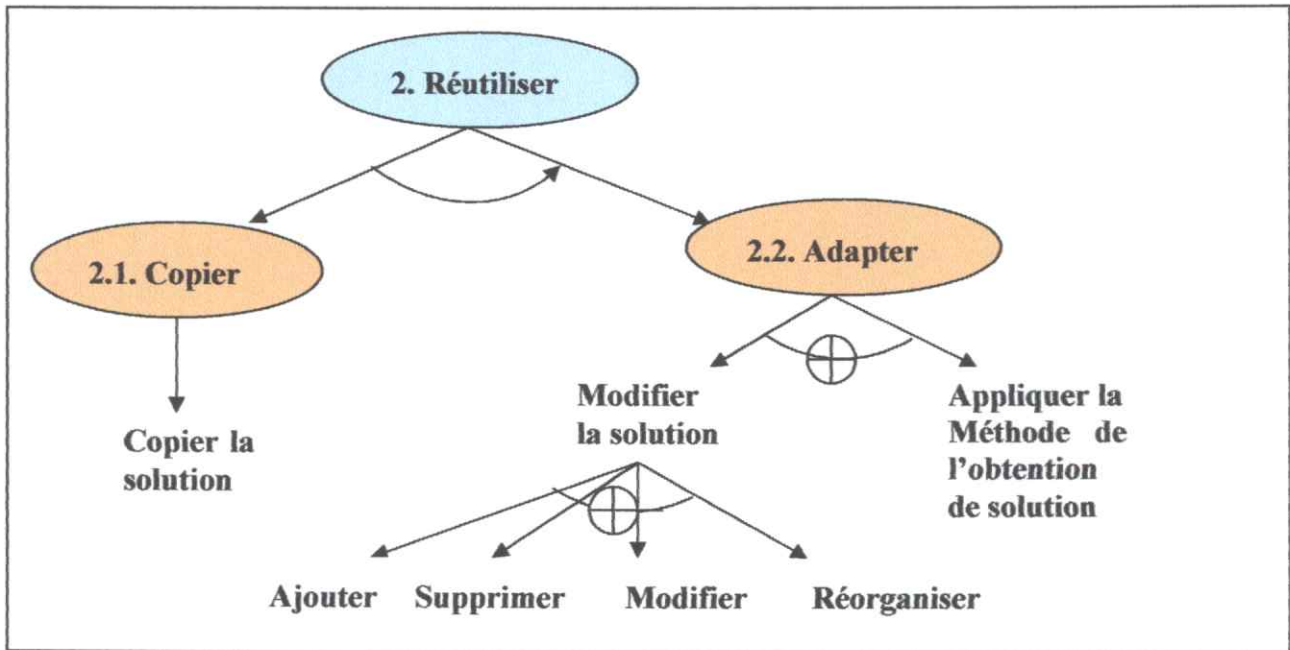


Figure 7 : La décomposition de la tâche « Réutiliser »

**IV.2.3. La révision :**

Cette étape consiste à évaluer la solution du cas généré par l'étape de réutilisation. Si le résultat de la révision est satisfaisant, on passe à l'étape suivante qui est l'étape de l'apprentissage pour maintenir la nouvelle expérience. Par contre, si le résultat de l'évaluation n'est pas bon, la solution est réparée. D'une manière générale, l'étape révision comporte trois tâches :

- La première sous tâche est la mise en œuvre de la solution.
- La deuxième sous tâche est la réparation de la solution : La solution peut être réparée en utilisant les connaissances sur le domaine, si elles existent, ou en consultant l'expert (s'il est disponible).
- La troisième sous tâche est l'explication des différences entre la solution avant et après sa correction.

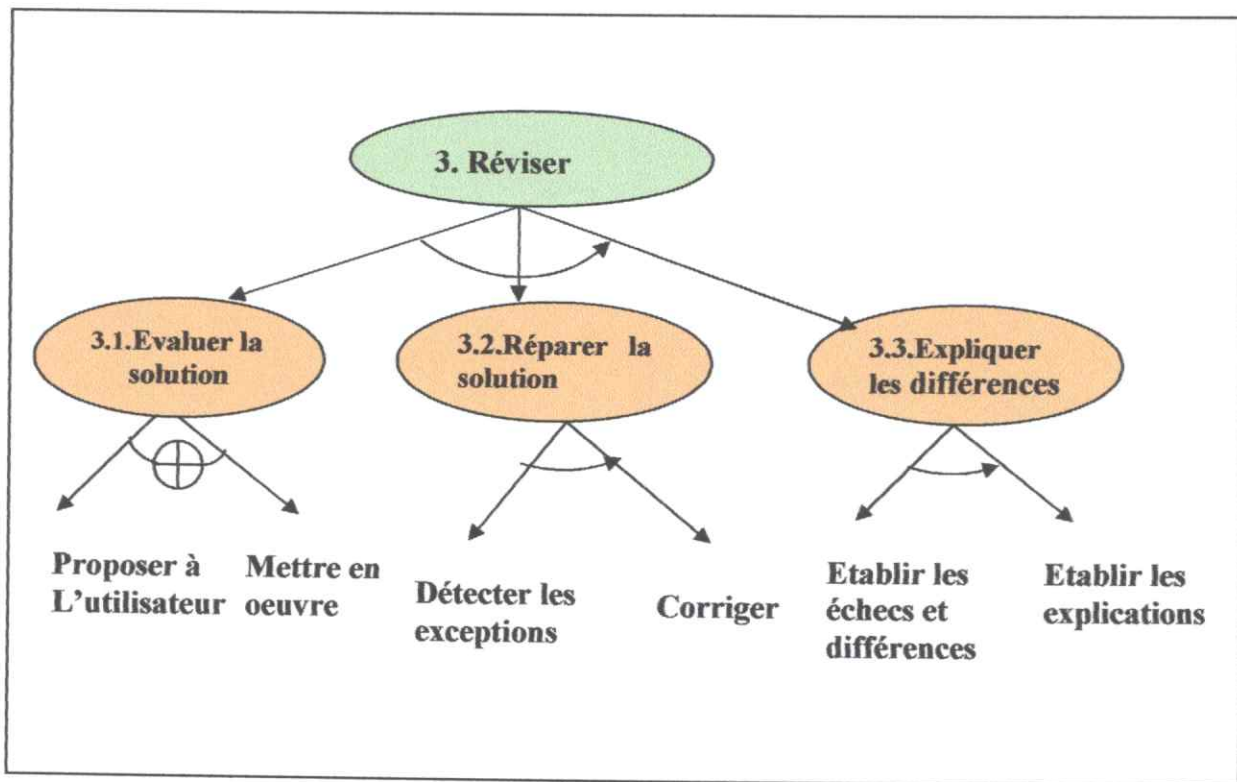


Figure 8 : La décomposition de la tâche « Réviser »

#### IV.2.4. La mémorisation :

Il s'agit d'extraire l'expérience nécessaire à partir de la résolution du problème et d'ajouter cette expérience à la connaissance existante.

Pour extraire la nouvelle expérience, il faut analyser comment le problème a été résolu. Si le problème a été résolu en utilisant un ou plusieurs cas, alors un nouveau cas doit être construit ou bien l'ancien cas doit être généralisé pour subsumer le cas présent.

Si le problème a été résolu en utilisant d'autres méthodes, en demandant à l'utilisateur par exemple, un cas entier doit être construit.

## V. CALCUL DE LA SIMILITUDE :

Les modèles d'estimation de la similitude calculent une valeur permettant de donner les cas les plus proches du cas à analyser. Ce paragraphe explicite le principe d'une des méthodes de calcul de similitude : La méthode du plus proche voisin.

L'idée de base de cette méthode est de comparer la valeur de chaque attribut de chaque cas de la base avec les valeurs des attributs du cas à analyser.

L'algorithme permet de sélectionner un cas qui a la plus grande mesure de similitude. A titre d'exemple, la **figure 9** présente un cas à analyser ayant deux attributs dont les valeurs sont  $x_1$  et  $x_2$ . Le cas A et le cas B sont des cas contenus dans la base. Les valeurs de leurs attributs sont  $y_1, y_2$  et  $z_1, z_2$ . Pour le cas à analyser et le cas A, l'algorithme permet de calculer une valeur de comparaison entre les attributs  $x_1$  et  $y_1$  d'abord ; puis entre  $x_2$  et  $y_2$ .

Il fait la somme de toutes les valeurs de comparaison pour trouver une mesure de similitude. Le même calcul est refait pour le cas B. Si la mesure de similarité trouvée entre le cas A et le cas à analyser est supérieure à la mesure trouvée pour le cas B, alors l'algorithme sélectionne le cas A comme étant le plus similaire.

Dans cet exemple, l'utilisation de cet algorithme sans affecter des poids aux différents attributs laisse supposer que ces attributs ont la même importance, or ceci n'est pas toujours vrai dans la réalité et en particulier dans notre cas. Il est donc nécessaire d'attribuer des poids aux attributs selon leurs importances. La mesure de similarité peut être donc calculée selon la formule suivante.

$$sim(x, y) = \left[ \sum_{i=1}^n w_i sim(x_i, y_i) \right] / \sum_{i=1}^n w_i \quad (1)$$

Le poids  $w_i$  reflète l'importance relative de chaque attribut.

Pour les attributs numériques, la similitude entre deux attributs peut être calculée en utilisant la métrique de Canberra.

$$Sim(x_i, y_i) = 1 - \left[ (|x_i - y_i|) / (|x_i| + |y_i|) \right] \quad (2)$$

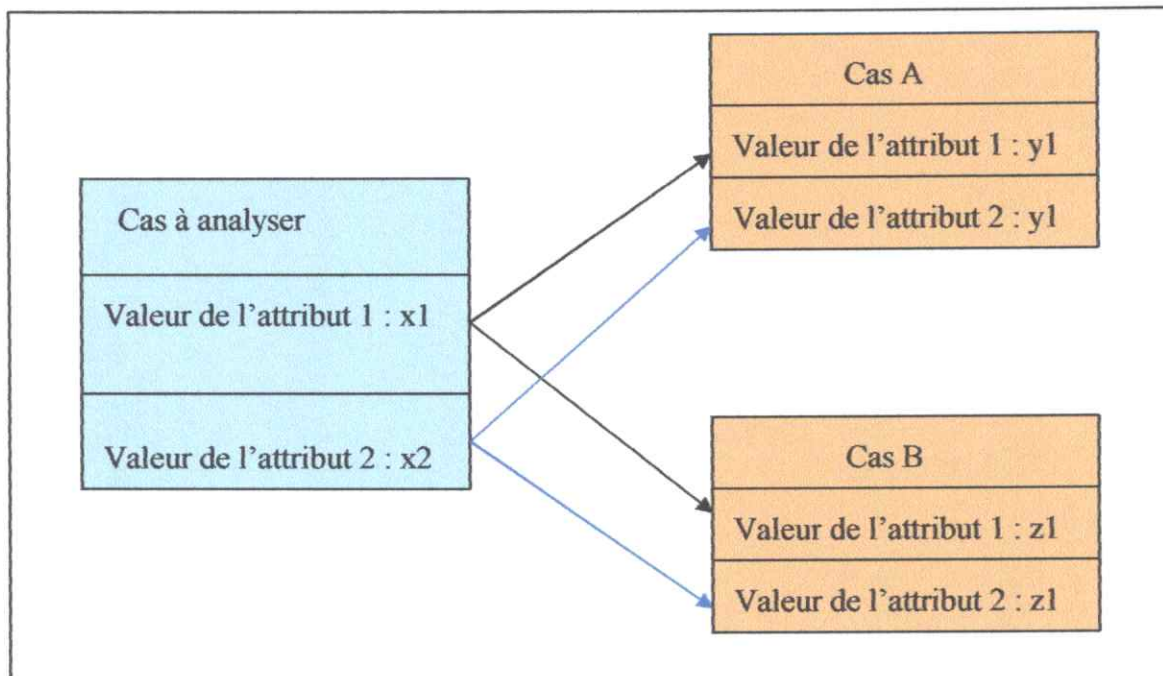


Figure 9 : Méthode de calcul du plus proche voisin

**Exemple:**

Soient  $x_i = 3$  et  $y_i = 5$ ;  $\text{sim}(x_i, y_i) = 0.75$

-Pour les attributs symboliques, les mesures peuvent être calculées en utilisant l'équation (3) pour les valeurs nominales et l'équation (4) pour les valeurs ordinales ; valeurs ordonnées selon une échelle.

$$\text{sim}(x_i, y_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i = y_i \\ 0 & \text{si } x_i \neq y_i \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{sim}(x_i, y_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i = y_i \\ 1 - (d/N) & \text{si } x_i \neq y_i \end{cases} \quad (4)$$

**N** représente le nombre de valeurs symboliques utilisées pour cet attribut particulier.

**D** représente le nombre de valeurs séparant les valeurs  $x$  et  $y$ .

**Exemple :**

Soit un ensemble de valeurs  $V = \{\text{Rouge, Vert, Bleu, Noir, Jaune}\}$  et soient  $x$  et  $y$  ; deux valeurs spécifiques, avec  $x_i = \text{Rouge}$  et  $y_i = \text{Bleu}$ .

La mesure de similarité  $\text{sim}(x_i, y_i) = 0$  selon l'équation (3).

Soit  $S$  un ensemble de valeurs,  $S = \{\text{Très faible, faible, Haut, Très haut}\}$  (c'est-à-dire  $N = 4$ ) et soient  $a$  et  $b$  deux valeurs spécifiques avec  $a = \text{Faible}$  et  $b = \text{Haut}$  ; la mesure de similarité entre  $a$  et  $b$  donnerait selon l'équation (4).

$\text{Sim}(a, b) = 1 - (1/N) = 1 - 0.25 = 0.75$ .

**VILLE CŒUR DU RAISONNEMENT A PARTIR DE CAS : LA MEMOIRE**

La mémoire expérimentale constitue le centre d'un système de raisonnement à partir de cas. La qualité du raisonnement fourni par le système reflète la richesse de son expérience (en terme de qualité des cas stockés dans la mémoire) et la façon dont sont structurés les cas. La mémoire est utilisée pendant deux étapes importantes du cycle du raisonnement à base de cas.

1- L'étape de remémoration de l'expérience passée pendant la résolution d'un problème.

2- L'étape d'apprentissage ou de mémorisation de la nouvelle expérience acquise.

Par conséquent, le contenu de la mémoire et sa structure jouent un rôle crucial dans le rappel et l'apprentissage

**VI.1. Structure d'un cas :**

Un cas est un morceau contextuel de connaissance représentant une expérience. Il contient une leçon passée qui est le contenu du cas et le contexte dans lequel la leçon peut être employée Kolodner [Kol 93]. Un cas comprend le *problème* qui décrit l'état des choses quand le cas est arrivé, la *solution* qu'expose la solution tirée de ce problème, et /ou le *résultat* qui décrit l'état des choses après le cas.

### 1) Que doit-il contenir ?

Les parties constituant un cas sont :

- La description du problème ou de la situation, ceci comprend l'état du monde quand le cas a existé.
- La solution.
- Le résultat d'application de la solution (succès ou échec).

Les composants principaux d'un problème sont en général :

- Les buts à accomplir pendant la résolution du problème.
- Les contraintes posées sur ces buts.
- Les attributs décrivant le problème et les relations entre eux.

Les composants principaux de la solution sont :

- La solution.
- L'ensemble des étapes du raisonnement utilisées pour résoudre les problèmes.
- L'ensemble des justifications des décisions qui ont été prises.
- Les solutions acceptables.

Le résultat de l'application de la solution peut contenir :

- Succès ou échec.
- La stratégie de réparation.
- La façon d'éviter un problème.

### 2) Comment collecter un cas :

#### Qu'est-ce qu'un bon cas ?

Il faut commencer par déterminer ce qu'est un bon cas avant de chercher comment le collecter. Un bon cas doit satisfaire les deux conditions suivantes :

- ✓ Etre retrouvé par le système RBC quand il correspond au problème posé par l'utilisateur, au moment voulu.
- ✓ Proposer la meilleure solution possible à ce problème.



### **Comment le Collecter ?**

Un cas peut être obtenu par extraction et structuration de données déjà enregistrées sous une autre forme, et/ou le plus souvent par dialogue avec l'expert.

Il peut être intéressant d'interviewer plusieurs experts, en même temps ou successivement, mais on risque de se retrouver face à des désaccords entre experts, désaccords qu'il faudra résoudre.

### **3) L'indexation des cas :**

Généralement, un cas est indexé pour permettre de le retrouver suivant certaines caractéristiques pertinentes et discriminantes.

L'indexation est particulièrement utile lorsque le nombre des cas est important, car elle contribue à améliorer la qualité et la rapidité des solutions proposées, en limitant la recherche à des contextes particuliers au lieu de porter sur la totalité de la base.

### **VI.2. Organisation des cas en mémoire :**

Les processus de mémorisation et de remémoration sont fortement liés à la façon d'organiser les cas en mémoire. Or, le choix de la structure de la mémoire dépend entièrement de la tâche à accomplir, du domaine d'application et du nombre de cas disponibles. Dans la littérature, deux catégories d'organisation de la mémoire sont distinguées Malek [Mal 96]:

#### **• La mémoire plate :**

Il s'agit de mémoriser tous les cas séquentiellement dans une simple liste ou fichier. C'est la structure la plus simple à imaginer pour une mémoire. L'avantage d'une telle structure est que pendant la remémoration, tous les cas existants dans la mémoire sont testés. De plus la mémorisation n'est pas coûteuse, il suffit d'ajouter le nouveau cas à la fin du fichier.

L'inconvénient majeur de cette structure, est le temps de remémoration qui augmente linéairement avec la taille de la mémoire.

**• La mémoire hiérarchique :**

Quand la mémoire des cas est large, il y a nécessité d'organiser les cas hiérarchiquement. Ceci permet de simplifier la remémoration. Les cas sont organisés en réseaux, dans le sens où les cas qui partagent des caractéristiques communes sont groupés ensemble. Chaque nœud d'un tel graphe contient les caractéristiques partagées par les cas qui sont au niveau inférieur. Les feuilles contiennent les cas eux-mêmes. La méthode générale de la remémoration à partir d'une telle structure garantit une remémoration efficace en terme de temps de calcul par rapport à la mémoire plate. Ceci est dû à l'organisation hiérarchique des cas qui permet de gagner du temps pendant la remémoration. Néanmoins, elle présente un certain nombre d'inconvénients Malek [Mal 96] :

- L'ajout des nouveaux cas est une opération compliquée car elle nécessite une mise à jour de l'arbre.
- Il n'est pas aisé de garder l'arbre optimal.
- La nécessité d'un grand espace.
- La remémoration parfaite n'est pas garantie car les cas ne sont pas tous visités.

---

**CONCLUSION**

A la lumière de cette étude, il apparaît clairement que l'usage du raisonnement à base de cas est approprié dans les domaines où les données et solutions des problèmes précédents existent, les cas précédents sont considérés comme des acquis à préserver et le souvenir des expériences précédentes est utile.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons l'utilisation et les étapes du raisonnement à base de cas dans l'estimation des coûts des constructions (PMCCE).

---

## **CHAPITRE 4**

### **Le RBC pour l'estimation des coûts des constructions**

---

## **INTRODUCTION**

L'objectif de ce chapitre est de donner une présentation détaillée de notre mémoire de projet pour l'estimation des coûts des constructions.

Pour l'implantation de la mémoire de projet, nous nous sommes inspirés d'une technique d'intelligence artificielle : le raisonnement à base de cas. Les bureaux d'études, l'OPGI...etc ont un ensemble d'expériences antérieures qui peuvent être représentées dans un formalisme de représentation. Chaque expérience pourra alors être décrite dans un cas.

Nous présenterons d'abord les différentes étapes utilisées pour estimer le coût d'une construction. Ensuite, nous expliquerons l'utilisation de la technique du raisonnement basé sur les cas RBC dans le cadre de notre système d'estimation des coûts des constructions **PMCCE**.

**L'ESTIMATION DES COÛTS DES CONSTRUCTIONS :**

L'estimation du coût sert à calculer le plus précisément possible le coût des travaux de construction. Ce que nous estimons n'existe pas encore concrètement. Son existence est plutôt théorique c-à-d que la chose à bâtir n'existe que sur papier. Le propriétaire veut estimer le coût de son projet afin de vérifier sa capacité de financement.

Les étapes utilisées pendant l'estimation du coût sont les suivantes :

**Etape 1 :**

Etablir un cahier des charges qui contient les besoins du client tel que : le nombre de chambres à construire, l'emplacement de ces chambres... etc.

**Etape 2 :**

Une visite au site du projet est faite par l'expert (architecte, ingénieur en génie civil). Il doit recueillir les informations sur l'accès au site et la disponibilité d'électricité, l'eau et d'autres services, ainsi sur la topographie du sol.

**Etape 3 :**

L'architecte établit le plan d'architecture en respectant les besoins du client et d'autres critères tel que : la qualité du sol, la surface de la construction... etc.

**Etape 4 :**

L'ingénieur en génie civil établit, lui aussi, un plan de génie civil qui montre le dimensionnement du plancher, des poutres, des poteaux, ferrailage ... etc.

**Etape 5 :**

Le métreur établit un devis estimatif et quantitatif en analysant le plan d'architecture et le plan génie civil, ce devis contient les différents matériaux de construction, leurs quantités, ainsi que leurs coûts. Une fois le devis est établi, le coût total de la construction est calculé.

Au cours de la réalisation du projet, la quantité des matériaux peut être augmentée, ce qui implique une augmentation au niveau du coût.

A la fin de la réalisation du projet, le coût total doit être calculé en rajoutant au coût de matériaux de construction, le coût des équipements utilisés pendant la réalisation (bulldozer, pelle mécanique, le chargeur... etc) et le coût de la main d'œuvre.

## **II. UTILISATION DU RAISONNEMENT A BASE DE CAS DANS LE CADRE DE PMCCE (Project Memory for Construction Cost Estimation) :**

Le type de raisonnement que nous avons choisi est inspiré du raisonnement à base de cas, dans le sens qu'il soit fondé sur une recherche de similarité entre un problème à résoudre et une base de cas. Il s'en distingue par le fait que la base est enrichie par des personnes travaillant dans le domaine de construction et non pas automatiquement.

### **II.1. structure d'un cas dans PMCCE :**

Dans le cas de notre mémoire de projet, un cas contient toutes les informations pertinentes utilisées lors de la description d'une construction. Ces informations sont collectées au niveau des bureaux d'études, l'OPGI...etc.

En effet un cas contient les informations suivantes :

- **Description générale de la construction :**

Ces informations donnent une vue globale de la construction, par exemple : le type de la construction, le nombre de niveau, la largeur et la longueur de celle ci.

- **Description de la structure, fondation, plancher et dallage :**

Ce sont des informations concernant la structure, plancher et dallage utilisés dans le projet à estimer. (Voir annexe I)

- **Description de la maçonnerie :**

Elle concerne les informations reliées à la maçonnerie utilisée dans la construction, par exemple le type de la maçonnerie : double paroi ou simple paroi, l'habillage des poutres et des poteaux.

- **Description de la menuiserie extérieure et intérieure :**

Ces informations concernent d'une part la menuiserie extérieure telle que son type : Bois ou PVC, le nombre de portes d'entrée, le nombre de fenêtres...etc. D'une autre part des informations sur la menuiserie intérieure telle que le type de la menuiserie : Luxe, moyen ou simple, le nombre de porte métallique, en bois...etc.

- **Description d'enduit :**

C'est une description qui concerne le type d'enduit utilisé sur les murs et les plafonds d'une construction. Par exemple : enduit ciment, enduit plâtre... etc.

- **Description de la peinture :**

Ce sont des informations concernant le type de la peinture utilisée sur les murs et les plafonds. Par exemple : peinture vinylique sur mur, peinture laquée sur plafond.

- **Description du revêtement :**

C'est une description du système de revêtement utilisé dans la construction, par exemple : carrelage, faïence... etc.

- **Description du jardin et de la piscine :**

Ces informations sont reliées au jardin et la piscine (s'ils existent), par exemple des informations sur la surface du jardin, la profondeur de la piscine... etc.

- **Description de la bache d'eau, citerne et chauffage :**

Ces informations décrivent le type de la bache d'eau utilisé et sa capacité ainsi que pour la citerne, le type de chauffage et son énergie.

La solution du cas correspond au coût de matériaux de construction, le coût des équipements, le coût de la main d'œuvre ainsi que le coût total de la réalisation de projet de construction.

La partie résultat de l'application est vérifiée après la réalisation de la construction.

## II.2. le cycle du raisonnement à base de cas dans le cadre de PMCCE :

Le raisonnement à base de cas dans le cadre de PMCCE est établi en quatre étapes. Premièrement, l'étape de *la remémoration* est effectuée en deux temps : L'examen du type de structure qui permet dans un premier temps d'effectuer ce que nous avons appelé la *phase de présélection*. Puis dans un deuxième temps, une mesure de similarité est calculée entre le cas présenté et les cas mémorisés dans la base de cas. La méthode de calcul de similitude utilisée est celle des k-plus proches voisins. Deuxièmement, l'étape *du choix de la solution*, qui consiste à copier l'estimation du coût du cas remémoré, c-à-d l'estimation du cas trouvé.



Troisièmement, *l'étape de révision*, qui consiste à vérifier le coût estimé de la construction et d'effectuer les corrections nécessaires. Enfin, *l'étape de <sup>mémorisation</sup> mémorisation*, qui consiste à ajouter le nouveau cas à la mémoire. Dans notre cas la mémoire n'est pas enrichie automatiquement, mais par des experts. Ces différentes phases sont détaillées dans les paragraphes suivants :

### **1- La phase de remémoration :**

La tâche de remémoration est composée de deux sous tâches (**figure 10**) qui sont :

#### **a) La phase de présélection :**

Pour la structuration de notre mémoire, nous proposons de structurer notre base de cas en utilisant une mémoire plate partitionnée en groupes. Nous avons choisi de définir un groupe pour chaque type de structure. De ce fait, nous avons constitué trois groupes. Le premier groupe correspond aux constitutions de type mur porteur. Le second se rapporte aux constructions de type ossature. Quant au troisième, il regroupe les constructions de type spatial. (Voir annexe I)

Les différents groupes sont utilisés comme un système d'indexation pour les différentes zones de la mémoire. Seule la zone associée au groupe actif constituera l'espace de recherche pendant la remémoration, ce qui augmente l'efficacité de la remémoration en réduisant autant que possible l'espace de recherche.

La phase de présélection consiste à sélectionner dans la base de cas, les sous ensemble de cas pertinent par rapport à la construction étudiée. Cela consiste en fait à éliminer tous les cas n'ayant aucun rapport à la construction étudiée. Par exemple, pour une construction de type mur porteur, on éliminera toutes les constructions de type ossature et celles de type spatial.

Cette phase est essentielle car sans cette présélection, le système risquerait de produire des conclusions fausses.

**b) La phase d'évaluation de la similitude :**

Dans cette phase, il s'agit pour le système d'évaluer une mesure de similarité entre chaque cas de la base et le cas à étudier. Comme nous l'avons déjà cité, la méthode utilisée est celle des k plus proches voisins.

Généralement, la méthode des k plus proches voisins attribue le même poids pour tous les attributs (c'est-à-dire  $w_i=1$ ). L'utilisation de cette méthode sans affecter des poids aux différents attributs laisse supposer que ces attributs ont la même importance.

Dans notre cas, l'attribution d'un même coefficient pour tous les attributs fausserait les résultats, vu que certains attributs sont plus importants que d'autres.

Ce travail de pondération n'est pas facile à réaliser, puisqu'il nécessite une grande expérience dans le domaine et une appréciation réelle des caractéristiques d'une construction. Nous avons demandé à des personnes travaillant dans le domaine de nous aider à faire le choix des coefficients de pondération. Ces coefficients sont choisis selon le degré d'importance des attributs. Ils sont présentés dans le **tableau 2**. L'utilisateur a la possibilité de modifier les poids des attributs.

Attribut	Coefficient de pondération
Type de la construction	4
Largeur de la construction	5
Longueur de la construction	5
Surface du terrain	5
Surface bâtie	5
Nombre de niveau	4
Nombre de pièce	4
Surface du sous sol	2
Type de la terrasse	3
Surface de la terrasse	3
Type de structure	5
Type de dallage	5

Type de plancher	5
Epaisseur de plancher	4
Type de fouille	4
Nombre des fouilles	4
Longueur des fouilles	4
Largeur des fouilles	4
Hauteur des fouilles	4
Type de fondation	5
Type de semelle	4
Nombre de semelle	4
Longueur semelle	4
Largeur semelle	4
Hauteur semelle	4
Nombre poteaux	4
Longueur poteaux	4
Largeur poteaux	4
Hauteur poteaux	4
Nombre de poutre	4
Surface des murs extérieurs	5
Surface des murs de refend	5
Maçonnerie simple paroi	4
Maçonnerie double paroi	4
Habillage des poteaux	3
Habillage des poutres	3
Nombre de potager de cuisine	2
Longueur de potager	2
Nombre de cheminée décorative	1
Conduit de fumée	1
Type de menuiserie	2
Type de volet	3
Nombre de porte d'entrée	3
Nombre de fenêtre	3
Nombre de châssis	3

Nombre de porte fenêtre	3
Nombre de porte en bois	3
Nombre de porte métallique	3
Nombre de porte vitrée	3
Type de revêtement	4
Surface carrelage	4
Surface faïence	4
Surface dalle de sol	4
Surface marbre	4
Longueur de plinthes	4
Enduit ciment extérieur	4
Enduit ciment intérieur sur mur	3
Enduit ciment intérieur sur plafond	3
Enduit plâtre sur mur	3
Enduit plâtre sur plafond	3
Enduit ciment cage d'escalier sur mur	3
Enduit ciment cage d'escalier sur plafond	3
peinture vinylique sur mur	4
peinture vinylique sur plafond	4
Badigeonnage cage d'escalier sur mur	2
Badigeonnage cage d'escalier sur plafond	2
Peinture laquée sur mur	4
Peinture laquée sur plafond	4
Peinture glycérophtalique sur mur	3
Peinture glycérophtalique sur plafond	3
Type plomberie	3
Nombre de baignoire	2
Nombre de lave main	2
Nombre wc	2
Nombre d'éviers	2
Nombre de lavabos	2
Surface HAMMAM	2
Compteur d'eau	2

Type de bache d'eau	2
Capacité de bache d'eau	2
Profondeur de bache d'eau	2
Nombre de citerne	2
Capacité de citerne	2
Type de citerne	2
Energie utilisée pour chauffage	1
Surface à chauffer	1
Nombre de radiateur	1
Nombre de convecteur	1
Type du chauffe-eau	1
Présence du jardin	1
Surface du jardin	2
Présence de piscine	1
Type de piscine	1
Profondeur de piscine	1
Surface de piscine	2

**Tableau 2 : Présentation de la table des poids**

La mesure de similarité permet donc d'évaluer à quel point le cas à étudier est proche des cas de la base. Dans notre cas, au lieu de ne conserver dans la base que le cas jugé le plus similaire, nous avons jugé utile de conserver et de présenter à l'utilisateur tous les cas selon leurs mesures de similarité. Ce choix est une décision des utilisateurs (architectes, ingénieurs génie civil...).

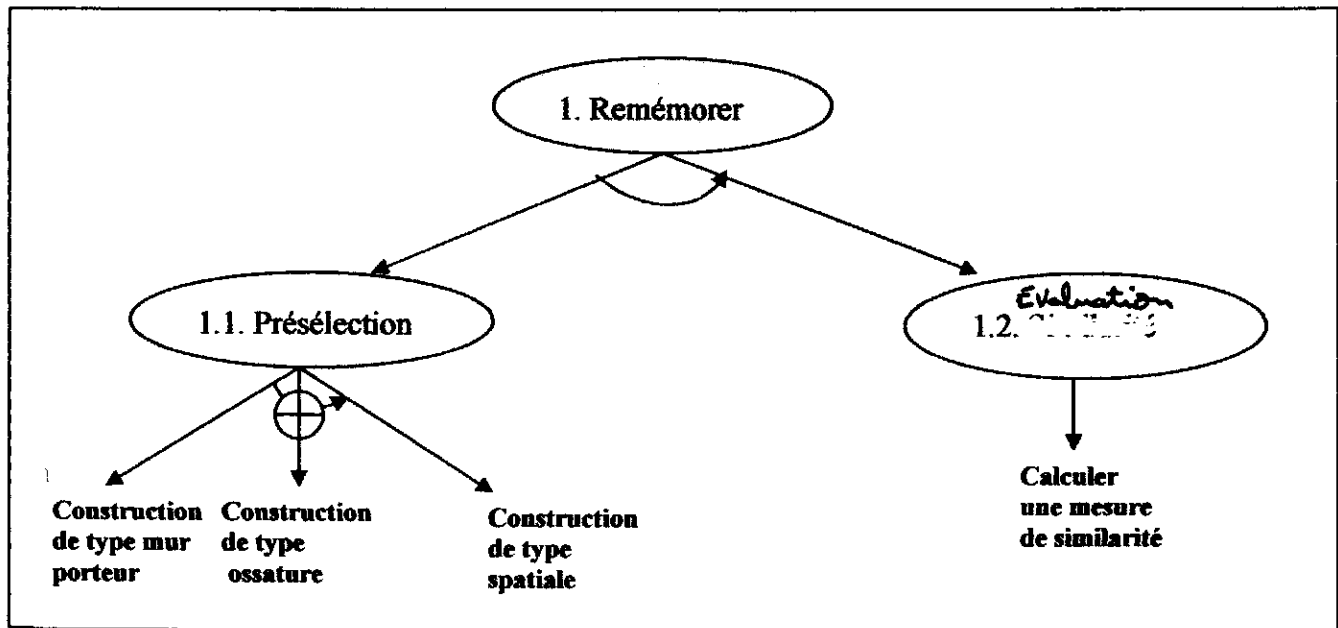


Figure 10: La décomposition de la tâche « Remémorer » dans le cadre de PMCCE

## 2- La phase de choix de la solution :

Les différents cas seront donc classés selon leur indice de similarité, de plus, chaque cas sera affiché avec une rubrique qui indiquera la valeur de cette mesure de similarité.

L'estimateur aura ainsi toutes les données pour une prise de décision efficace.

- Soit le cas étudié coïncide avec un cas de la base de cas, dans ce cas la solution à adopter (estimation du coût) sera appliquée intégralement.
- Soit le cas similaire n'existe pas dans la base, l'estimateur peut ainsi s'inspirer des solutions des cas qui se rapprochent du cas étudié. Il peut donc proposer une estimation en se basant sur les cas les plus proches.

## 3- La phase de révision :

La phase de révision consiste à vérifier si le coût estimé correspond au coût réel. Cela se fera une fois que la construction est terminée.

#### **4- La phase de mémorisation du cas :**

Cette phase est peut être la phase la plus sensible du cycle de raisonnement à base de cas. En fait la cohérence de la base de cas ne peut être maintenue que si cette phase est menée correctement.

Un nouveau cas sera ajouté à la base que si après calcul des mesures de similarité entre ce cas et ceux de la base, l'estimateur juge qu'il n'existe pas de cas similaire ou assez proche de ce nouveau cas.

**CONCLUSION :**

Une mémoire de projet n'est intéressante pour un utilisateur que si elle lui permet d'accéder aux informations qu'elle contient d'une manière pratique et efficace.

La représentation d'une mémoire de projet en termes de cas procure des avantages dont le plus important est la facilité de la gestion de l'évolution des connaissances de cette mémoire.

Lors de ce chapitre, nous avons décrit notre mémoire de projet à base de cas. Nous avons présenté la structure des cas et les différentes étapes du raisonnement à base de cas dans le cadre de notre mémoire.

Le chapitre suivant sera réservé à la présentation des étapes de la conception et réalisation de notre mémoire de projet pour l'estimation des coûts des constructions PMCCE en utilisant la méthode de conception orienté objet OMT.



---

## **CHAPITRE 5**

### **Démarche de développement de PMCCE**

---

## INTRODUCTION

Afin de mener à bien un projet informatique, une bonne assise doit être fondée pour garantir une longévité en terme de qualité et de rentabilité. Cette assise n'est au fait rien d'autre que la conception, car une erreur de conception peut avoir des répercussions néfastes voire fatales sur tout le projet qui risquera d'être ruiné en conséquence.

Il existe plusieurs approches de conception, parmi eux figure la conception orientée objet que nous avons adoptée. Le choix de cette approche trouve origine dans le fait qu'elle est caractérisée par la stabilité de la modélisation par rapport au monde réel.

Pour présenter et modéliser notre mémoire de projet à base de cas PMCCE, depuis la phase de l'analyse jusqu'à l'implémentation, on a choisi d'utiliser la méthode de modélisation OMT (Object Modeling Technique).

## I. PRESENTATION GENERALE D'OMT :

### I.1. Historique de la méthode OMT :

OMT (Object Modelling Technique) est une méthode d'analyse objet développée par James Rumbaugh dans les laboratoires de recherche de la General Electric à New York. C'est au début des années 90 que la première version de cette méthode a été diffusée.

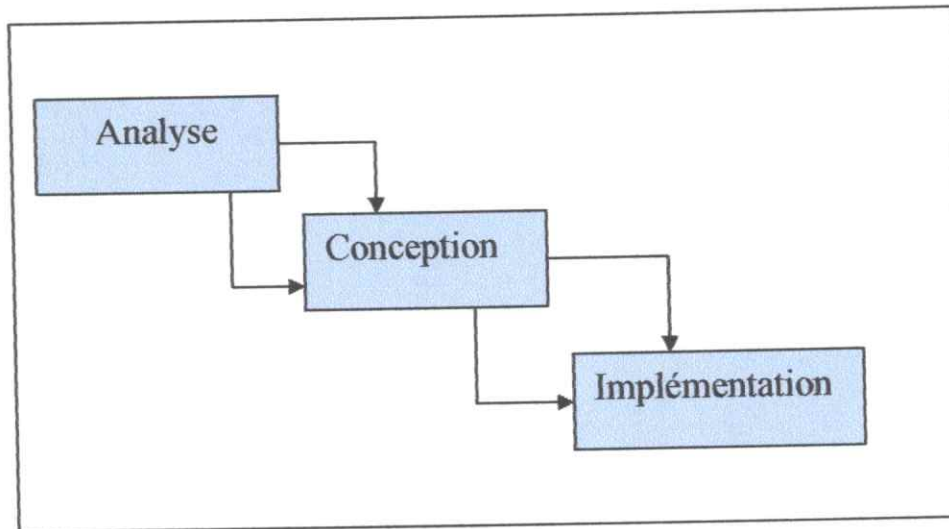
### I.2. Les modèles d'OMT :

La méthode OMT emploie trois modèles différents pour décrire un système : *Le modèle objet, le modèle dynamique et le modèle fonctionnel* Rumbaugh [Rum 97]:

- **Le modèle objet :** Il décrit la structure des objets dans un système : leur identité, leurs relations avec les autres objets, leurs attributs, et leurs opérations. Le but, en construisant un modèle objet, est de saisir dans le monde réel les concepts qui sont importants pour une application.
- **Le modèle dynamique :** Il décrit les aspects du système en relation avec le temps et le séquençement des opérations : *les événements* qui marquent les changements, les séquences d'événements, *les états* qui définissent le contexte des événements, et l'organisation des états et des événements.
- **Le modèle fonctionnel :** Il décrit les résultats d'un calcul sans préciser quand et comment ils ont été obtenus. Il spécifie la signification des opérations dans le modèle objet et la signification des actions dans le modèle dynamique.

### I.3. La démarche générale de développement :

La méthode OMT préconise de développer un système en suivant une démarche structurée en trois étapes (**figure11**) :



**Figure 11: Cycle de développement d'OMT**

### **A. L'ANALYSE :**

Le but de l'analyse orienté objet est de modéliser le système du monde réel afin qu'il soit compréhensible. Pour cela, il faut examiner les besoins et analyser leurs implications. Un bon modèle d'analyse doit définir ce qui doit être fait sans se préoccuper de la manière dont cela doit être fait, et donc omettre les détails d'implémentations.

#### **A.1. Le diagramme de classes :**

*Un diagramme de classes* est un schéma, une structure permettant de décrire un grand nombre d'instances possibles de données. Il décrit les classes d'objets Rumbaugh [Rum 97].

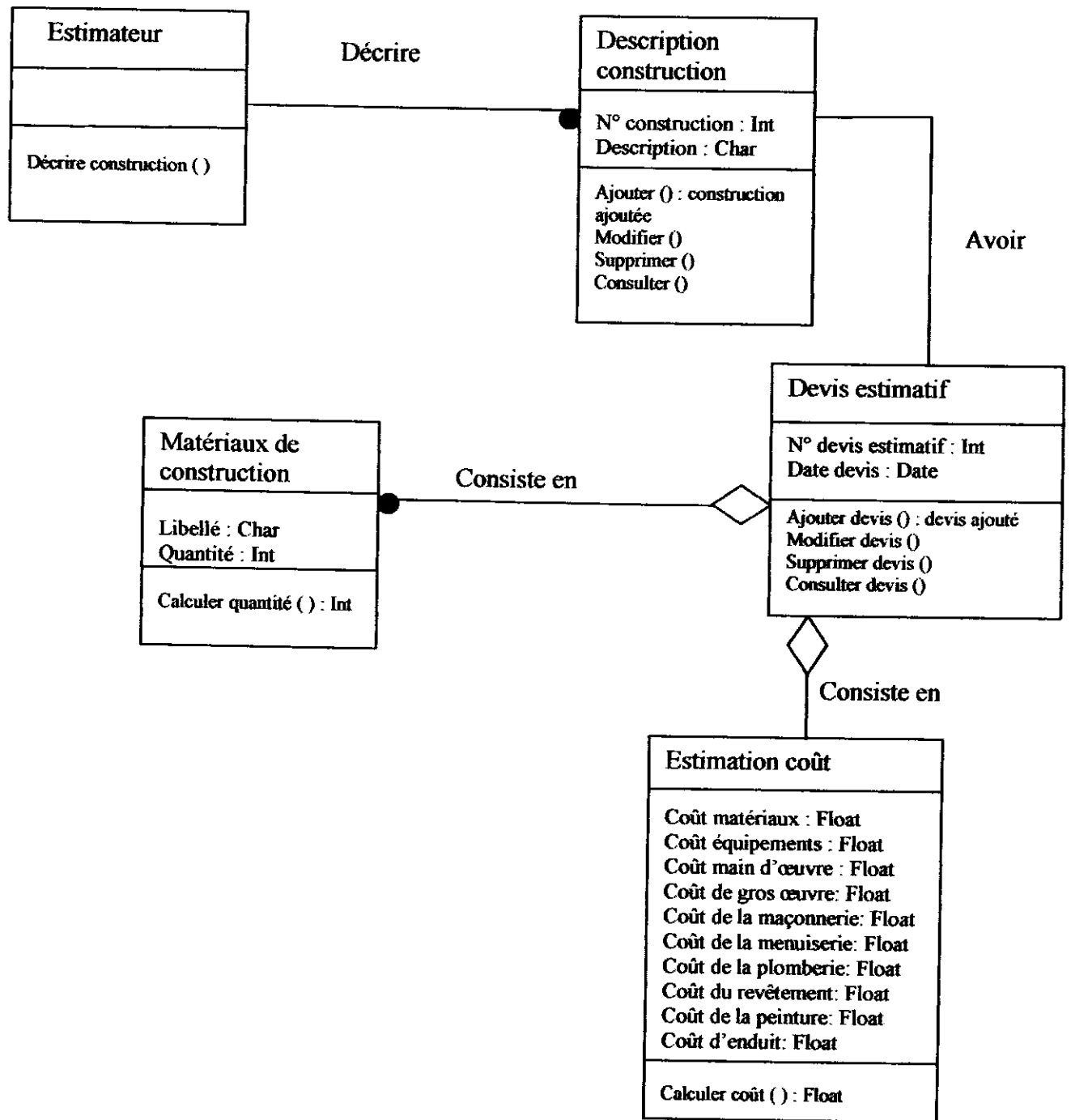


Figure 12 : Diagramme de classes pour la phase analyse

## **A .2.Le modèle dynamique :**

### **A.2.1. Les scénarios et les suivis d'événements :**

Un scénario est une séquence d'événements se déroulant durant une exécution particulière d'un système. La portée d'un scénario peut varier ; il peut inclure tous les événements du système ou seulement ceux qui entrent en conflit, ou encore ceux produits par certains objets du système.

Un scénario d'événement peut être un enregistrement historique de l'exécution d'un système ou l'expérimentation d'exécution du système proposé. Rumbaugh [Rum 97]

#### **Scénario 1 :**

##### **Estimation du coût d'une construction :**

- Le client demande l'estimation du coût d'une construction.
- L'estimateur lui demande les caractéristiques de la construction.
- Le client lui décrit la construction.
- L'estimateur calcule la quantité et le coût des matériaux qui vont être utilisés dans la construction.
- L'estimateur remplit le devis estimatif.
- Il remet le devis au client.

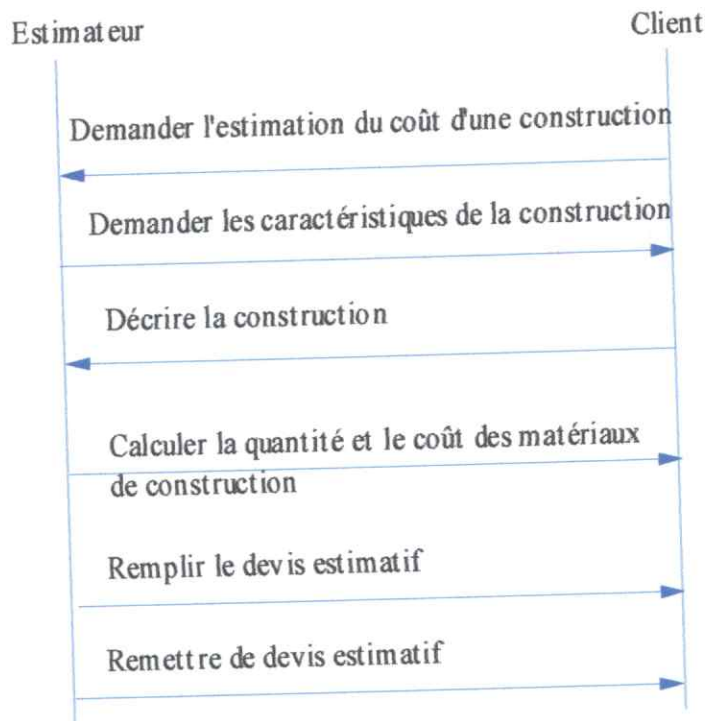


Figure 13 : Diagramme de suivi d'évènement pour l'estimation du coût

#### A.2.2. Le diagramme d'états :

Il spécifie la séquence d'états provoquée par une séquence d'événements. Un diagramme d'états est un graphe dont les nœuds sont des états et les arcs orientés des transitions désignées par les noms d'événements. Un état est représenté par une boîte arrondie contenant un nom. Une transition est représentée par une flèche de l'état receveur vers l'état cible. Rumbaugh [Rum 97]

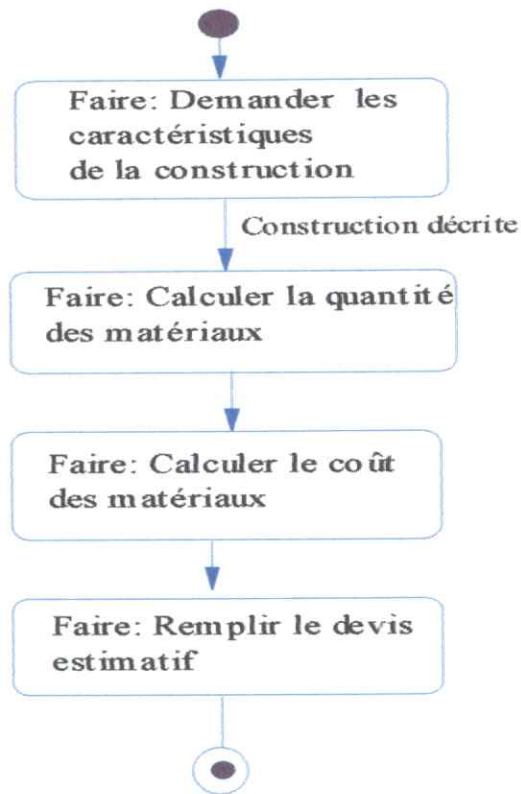


Figure 14: Diagramme d'état pour la classe estimateur

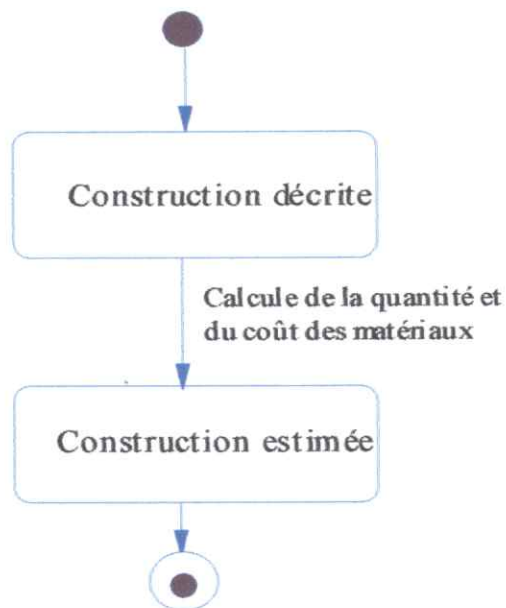


Figure 15: Diagramme d'état pour la classe construction



### A.3. Le modèle fonctionnel :

Le modèle fonctionnel est représenté par des diagrammes à flots de données.

#### A.3.1. Les diagrammes à flots de données :

Un diagramme à flot de données contient *des traitements* qui transforment les données, des *flots de données* qui transportent les données, des *objets acteurs* qui produisent et consomment les données, et des *objets réservoirs* de données qui stockent passivement les données. Rumbaugh [Rum 97]

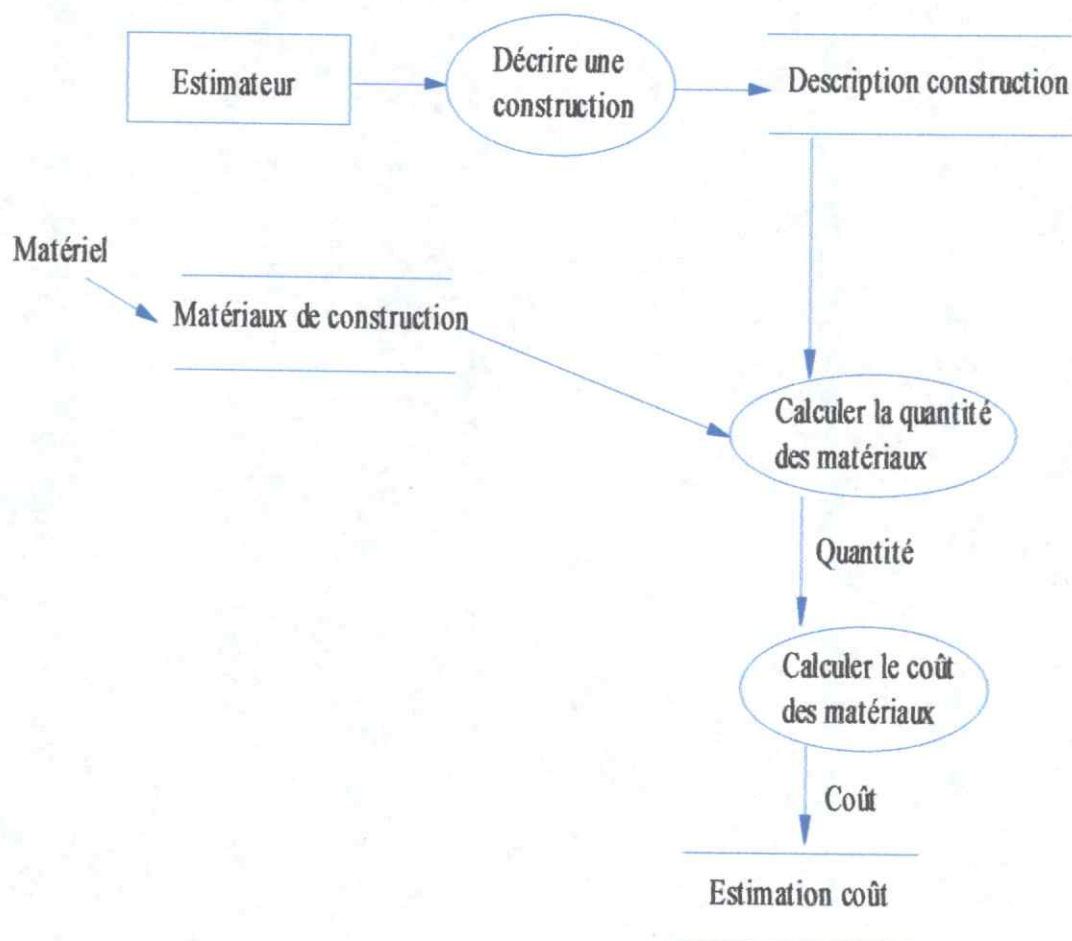


Figure 16: Diagramme à flots de données pour l'estimation du coût

## B. LA CONCEPTION DU SYSTEME :

C'est une phase très stratégique dans le processus de résolution d'un problème et de construction d'une solution. La conception du système implique des décisions sur l'organisation du système en sous-système. L'organisation complète du système est appelée *architecture du système*.

### B. 1. Architecture du système :

Nous avons choisi de représenter notre mémoire de projet pour l'estimation des coûts des constructions par **une base de cas**.

Nous avons proposé une architecture pour notre mémoire de projet, qui est schématisée dans la **figure 17**.

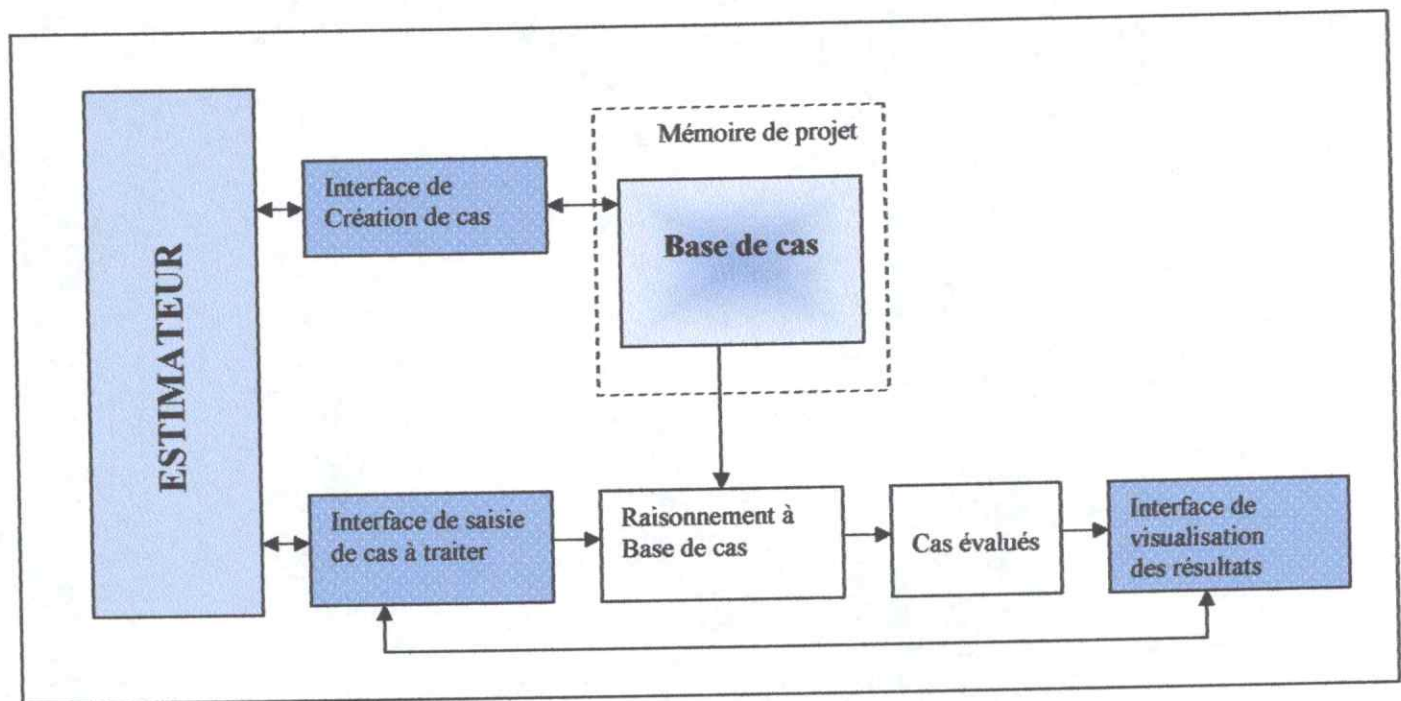


Figure 17: Architecture générale du système

Ce schéma montre que l'architecture proposée est composée de deux modules :

**a- Module de raisonnement basé sur les cas (Module d'estimation) :**

Ce module contient la mise en œuvre des différentes étapes du raisonnement : La remémoration, la réutilisation, la révision et la mémorisation.

Les résultats qu'il fournit consistent à estimer le coût d'une construction, à savoir, le coût de la main d'œuvre, le coût des équipements et des matériaux de construction.

**b- Module Interface Utilisateur :**

- **Interface de création d'un nouveau cas :** Elle est chargée de créer un nouveau cas dans la base de cas, c-à-d des informations concernant une construction déjà réalisée.
- **Interface de saisie du cas à traiter :** Elle correspond à l'interface de saisie d'un cas, afin de le faire une estimation du coût.
- **Interface de visualisation des résultats :** Elle permet à l'utilisateur de visualiser les différents cas similaires trouvés dans la base de cas.

**C. LA CONCEPTION DES OBJETS :**

Elle définit de façon complète les classes et associations utilisées dans l'implémentation, ainsi que les interfaces et les algorithmes des méthodes employées pour implémenter les opérations.

**C.1. Le diagramme de classes :****C.1.1. Description des attributs :**

Classe	Attributs	Code attributs	Type	Valeurs
Construction	Numéro de la construction	Num_const	N	Variable
Description construction	Date de réalisation	Date_realis	D	Variable
	Site de la construction	Site_const	A	Variable
	Type de la construction	Type_const	A	Collectif, semi collectif, individuel
	Largeur de construction	Larg_const	N	Variable
	Longueur de la construction	Long_const	N	Variable
	Surface de terrain	Surf_terrain	N	Variable
	Surface bâtie	Surf_batie	N	Variable
	Nombre de niveau	Nbr_niveau	N	Variable
	Nombre de pièce	Nbr_piece	N	Variable
	Surface du sous sol	Surf_s_sol	N	Variable
	Surface de la terrasse	Surf_ter	N	Variable
	Type de terrasse	Type_ter	A	Accessible, non accessible, tuile
	Type de structure	Type_str	A	Mur porteur, ossature, spatiale
	Type de dallage	Type_dal	A	En ciment, en pierre, en brique
	Type de plancher	Type_plan	A	Béton armé, bois, métallique
	Epaisseur du plancher	Epais_plan	N	Variable
	Type de fouille	Type_fouil	A	Rigole, tranchée, puits, en excavation
Nombre de fouille	Nbr_fouil	N	Variable	
Longueur fouille	Long_fouil	N	Variable	

Largeur fouille	Larg_fouil	N	Variable
Hauteur fouille	Haut_fouil	N	Variable
Type de fondation	Type_fond	A	Superficielle, profonde
Type de semelle	Type_semel	A	Isolée, filante
Nombre de semelle	Nbr_semel	N	Variable
Longueur semelle	Long_semel	N	Variable
Largeur semelle	Larg_semel	N	Variable
Hauteur semelle	Haut_semel	N	Variable
Nombre poteaux	Nbr_poteau	N	Variable
Longueur poteaux	Long_poteau	N	Variable
Largeur poteaux	Larg_poteau	N	Variable
Hauteur poteaux	Haut_poteau	N	Variable
Nombre de poutre	Nbr_poteau	N	Variable
Surface des murs extérieurs	Surf_mur_ext	N	Variable
Surface des murs de refend	Surf_mur_int	N	Variable
Maçonnerie simple paroi	Macon_simple	A	Oui/non
Maçonnerie double paroi	Macon_double	A	Oui/non
Habillage des poteaux	Habit_poteau	A	Oui/non
Habillage des poutres	Habit_poutre	A	Oui/non
Nombre de potager de cuisine	Nbr_potager	N	Variable
Longueur de potager	Long_potager	N	Variable
Nombre de cheminée décorative	Nbr_cheminé	N	Variable
Conduit de fumée	Cond_fumé	A	Oui/non
Type menuiserie	Type_menuis	A	Luxe, moyen, simple
Type de volet	Type_vol	A	Battant, roulant encastré
Nombre de porte d'entrée	Nbr_port_ent	N	Variable
Nombre de fenêtre	Nbr_fenetre	N	Variable
Nombre de châssis	Nbr_chassis	N	Variable
Nombre de porte fenêtre	Nbr_port_fenet	N	Variable
Nombre de porte en bois	Nbr_port_bois	N	Variable
Nombre de porte métallique	Nbr_port_metal	N	Variable
Nombre de porte vitrée	Nbr_port_vitr	N	Variable

Type de revêtement	Type_revet	A	Luxe, moyen, simple
Surface carrelage	Surf_carellage	N	Variable
Surface faïence	Surf_faïence	N	Variable
Surface dalle de sol	Surf_dalle_sol	N	Variable
Surface marbre	Surf_marbre	N	Variable
Longueur de plinthes	Long_plinthe	N	Variable
Enduit ciment extérieur	End_cim_ext	N	Variable
Enduit ciment intérieur sur mur	End_cim_int_mur	N	Variable
Enduit ciment intérieur sur plafond	End_cim_int_plaf	N	Variable
Enduit plâtre sur mur	End_platr_mur	N	Variable
Enduit plâtre sur plafond	End_platr_plaf	N	Variable
Enduit ciment cage d'escalier sur mur	End_cag_esc_mur	N	Variable
Enduit ciment cage d'escalier sur plafond	End_cag_esc_plaf	N	Variable
peinture vinylique sur mur	Peint_vinyn_mur	N	Variable
peinture vinylique sur plafond	Peint_viny_plaf	N	Variable
Badigeonnage cage d'escalier sur mur	Bad_cag_esc_mur	N	Variable
Badigeonnage cage d'escalier sur plafond	Bad_cag_esc_plaf	N	Variable
Peinture laquée sur mur	Peint_laque_mur	N	Variable
Peinture laquée sur plafond	Peint_laque_plaf	N	Variable
Peinture glycérophtalique sur mur	Peint_glyc_mur	N	Variable
Peinture glycérophtalique sur plafond	Peint_glyc_plaf	N	Variable
Type plomberie	Type_plomb	A	Luxe, moyen, simple
Nombre baignoire	Nbr_baignoire	N	Variable
Nombre lave main	Nbr_lave_main	N	Variable
Nombre wc	Nbr_wc	N	Variable

	Nombre d'éviers	Nbr_evier	N	Variable
	Nombre lavabos	Nbr_lavabo	N	Variable
	Surface HAMMAM	Surf_hammam	N	Variable
	Compteur d'eau	Compt_eau	A	Oui/non
	Capacité bache d'eau	Capac_bach_eau	N	Variable
	Profondeur bache d'eau	Prof_bach_eau	N	Variable
	Type citerne	Type_citerne	A	Acier galvanisé, simple
	Nombre de citerne	Nbr_citerne	N	Variable
	Capacité de citerne	Capac_citerne	N	Variable
	Energie utilisée pour chauffage	Energ_chauf	A	Gaz naturel, gaz propane, électricité
	Surface à chauffer	Surf_chauf	N	Variable
	Nombre de radiateur	Nbr_radiat	N	Variable
	Nombre convecteur	Nbr_convect	N	Variable
	Type du chauffe-eau	Type_chauf_eau	A	Intégré à chaudière, gaz à accumulation, électrique à accumulation
	Présence de jardin	Pres_jardin	A	Oui/non
	Surface de jardin	Surf_jardin	N	Variable
	Présence piscine	Pres_piscine	A	Oui/non
	Type piscine	Type_piscine	A	Bassin adulte, bassin intermédiaire, pataugeoire,
	Profondeur piscine	Prof_piscine	N	Variable
	Surface piscine	Surf_piscine	N	Variable
Table des poids	Poids	poids	N	Variable
Estimation des coûts	Coût des matériaux de construction	Cout_mater	N	Variable
	Coût des équipements	Cout equip	N	Variable
	Coût de la main d'oeuvre	Cout_main_oeuv	N	Variable
	Coût de gros oeuvre	Cout_gros_oeuv	N	Variable
	Coût de la maçonnerie	Cout_macon	N	Variable
	Coût de la menuiserie	Cout_menusis	N	Variable
	Coût de la plomberie	Cout_plomb	N	Variable

	Coût du revêtement	Cout_revet	N	Variable
	Coût de la peinture	Cout_peint	N	Variable
	Coût d'enduit	Cout_enduit	N	Variable
	Coût divers	Cout_divers	N	Variable

Tableau 3 : Description des attributs

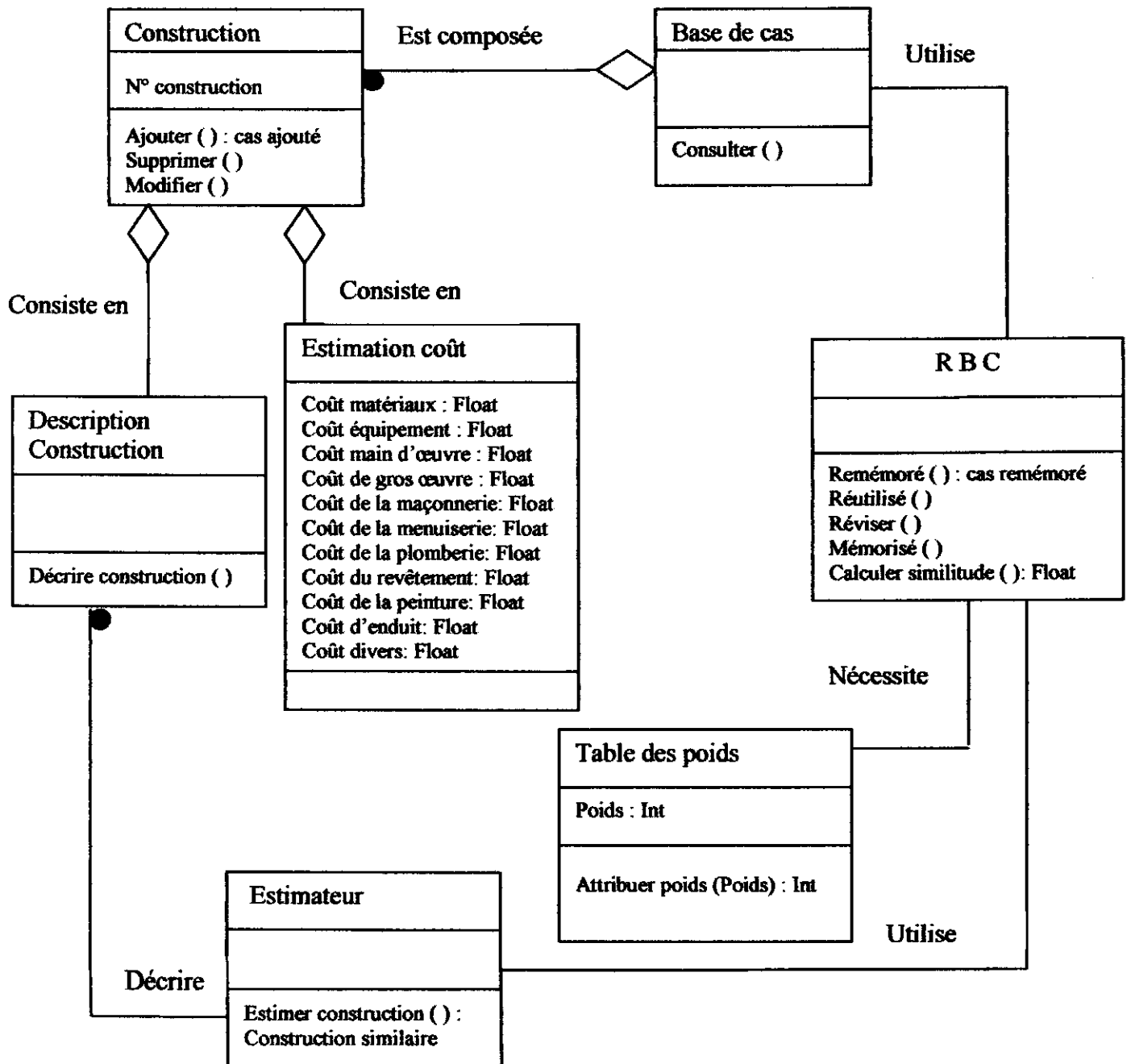


Figure 18: Diagramme de classes pour la conception



**C.2. Les scénarios et les diagrammes de suivi d'évènement :****Scénario 1 :****Estimation du coût d'une construction :**

La tâche principale de notre travail est l'estimation des coûts des constructions, cette tâche est réalisée comme suit :

- L'estimateur demande l'estimation d'une construction.
- Le système lui affiche <sup>des</sup> fiches à remplir. Ces fiches contiennent des informations concernant la construction à estimer, tel que la longueur, la largeur, le nombre de niveau de la construction... etc.
- L'estimateur remplit ces fiches et choisit le type de structure de la construction.
- Le système affiche la table des poids des attributs (table intervenant dans le calcul de la similitude). Elle permet de modifier les coefficients de pondération des attributs.
- L'estimateur peut faire la mise à jour de cette table comme il peut la garder telle qu'elle est.
- L'estimateur lance la recherche des cas similaires au cas saisi (cas à traiter) dans la base de cas.
- Le système fait le calcul de similitude, ensuite il affiche les différents cas trouvés, ces cas sont ordonnés par ordre croissant selon leur degré de similitude.
- D'après ces résultats, l'estimateur prend la décision :
  - Soit il trouve un cas qui est similaire au cas à traiter, dans ce cas, l'estimation du cas trouvé est copié au cas recherché.
  - Soit le cas identique au cas à traiter ne se trouve pas dans la base de cas, donc l'estimateur peut estimer le coût en s'inspirant du cas le plus proche de son cas.

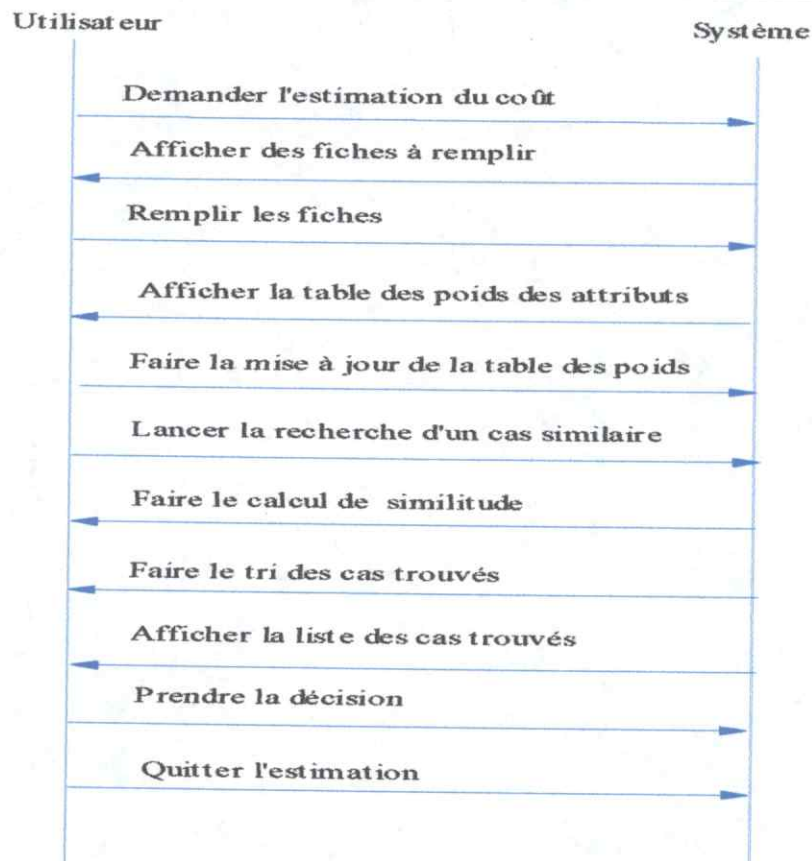
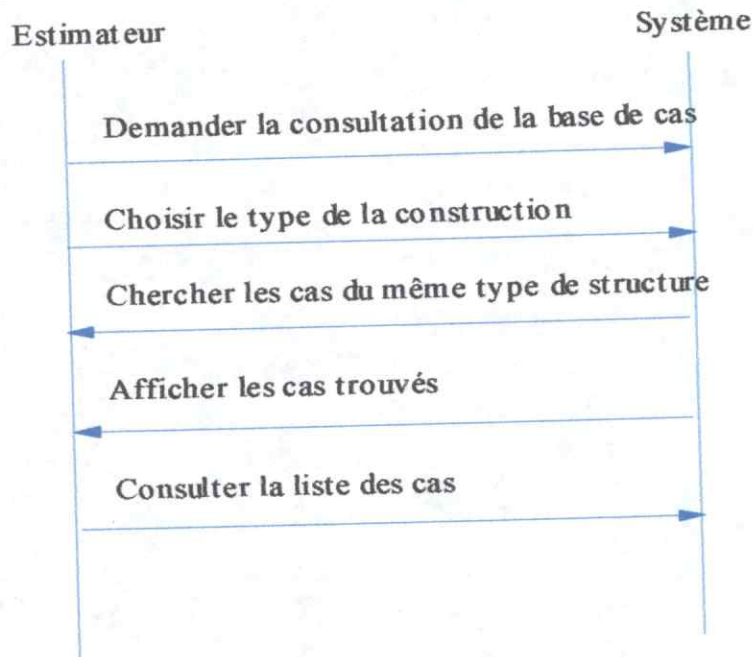


Figure 19: Diagramme de suivi d'évènement pour l'estimation du coût

### Scénario 2 :

#### Consultation de la base de cas :

- L'estimateur demande la consultation de la base de cas, il peut consulter toute la base ou bien activer une partie de la base en choisissant le type de la structure (mur porteur, ossature, mixte, ou spatiale).
- Le système cherche les cas qui ont le même type de structure que celui choisit par l'estimateur et les affiche.
- L'estimateur consulte la liste des cas.



**Figure 20: Diagramme de suivi d'évènement pour la consultation d'un cas**

### Scénario 3 :

#### Ajout d'un nouveau cas :

- L'estimateur demande l'ajout d'un nouveau cas.
- Le système lui affiche des fiches de saisie d'un nouveau cas :
  - La première fiche concerne une description générale de la construction.
  - La deuxième fiche correspond à la description de la structure, le plancher et le dallage utilisés dans la construction.
  - La troisième fiche décrit la menuiserie intérieure et extérieure.
  - La quatrième fiche concerne la maçonnerie.
  - La cinquième fiche permet de définir l'enduit utilisé dans la construction.
  - La sixième fiche correspond à la peinture des murs et des plafonds.
  - La septième fiche concerne le revêtement du sol de la construction.
  - La huitième fiche concerne une description de la citerne, la bache d'eau et le chauffage.
  - La neuvième fiche décrit le jardin et la piscine (s'ils existent).
  - La dixième fiche permet de saisir l'estimation du coût de la construction.

- L'estimateur remplit toutes ces fiches.
- L'estimateur demande l'enregistrement de ce nouveau cas.
- Le système effectue un calcul de similitude pour s'assurer qu'aucun cas identique n'existe dans la base de cas.
- S'il n'y a pas de cas identique au nouveau cas, le système affiche un message de confirmation d'enregistrement.
- L'estimateur accepte l'enregistrement de nouveau cas.
- Le système enregistre le nouveau cas.

#### Exception :

- Si le cas saisi est identique avec un cas déjà enregistré dans la base, le système affiche un message informant qu'un cas similaire au nouveau cas existe déjà dans la base de cas.
- Le système annule l'ajout du nouveau cas.

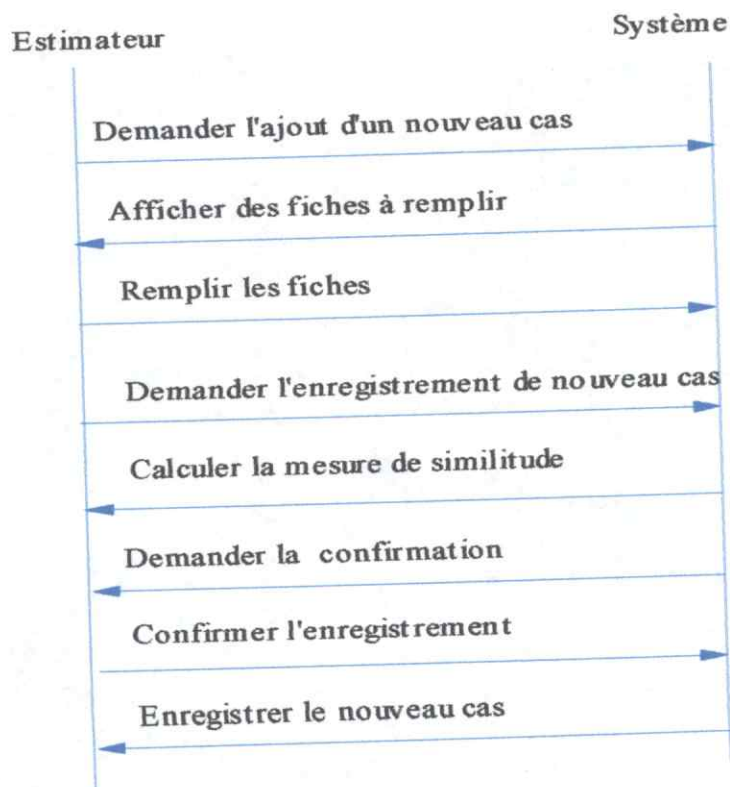
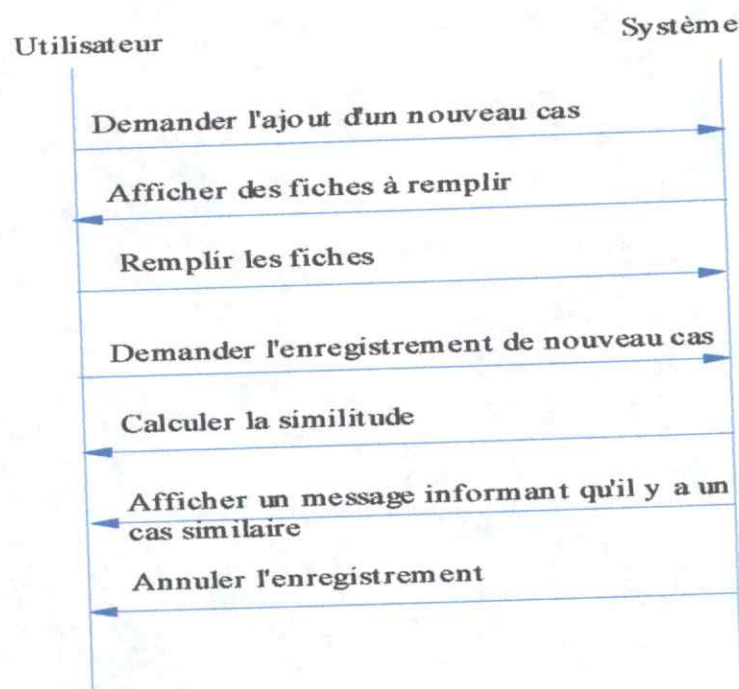


Figure 21: Diagramme de suivi d'évènement pour l'ajout d'un nouveau cas



**Figure 22 : Diagramme de suivi d'évènement avec exception pour l'ajout d'un nouveau cas**

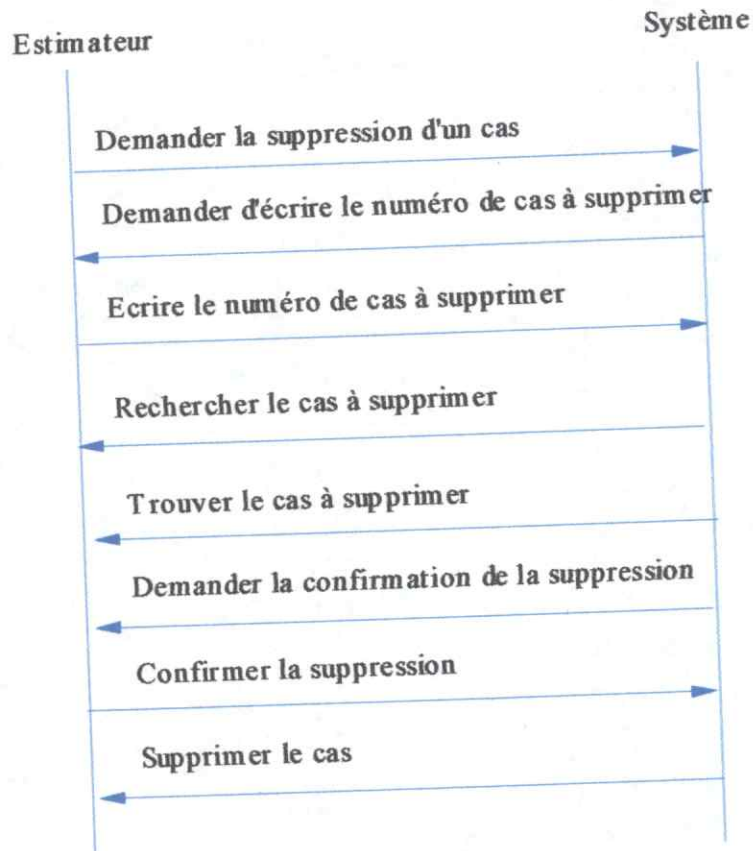
#### Scénario 4 :

##### La suppression d'un cas :

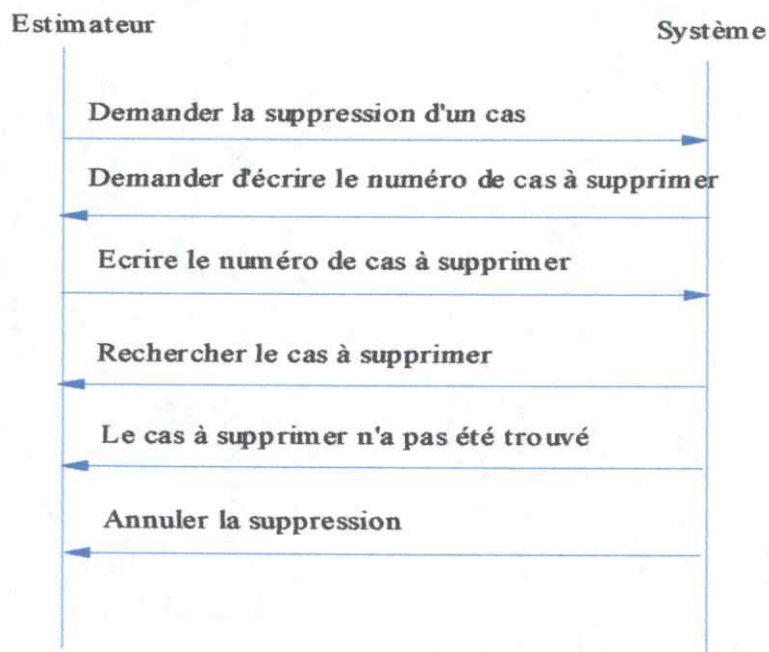
- L'estimateur demande la suppression d'un cas.
- Le système lui demande d'écrire le numéro de cas à supprimer.
- L'estimateur écrit le numéro de cas à supprimer.
- Le système fait la recherche de ce cas, s'il trouve le cas dans la base de cas, alors le système demande la confirmation de la suppression.
- L'estimateur confirme la suppression de ce cas.
- Le système supprime le cas.

##### Exception :

Le cas ne se trouve pas dans la base, donc la suppression est annulée.



**Figure 23: Diagramme de suivi d'évènement pour la suppression d'un cas**



**Figure 24: Diagramme de suivi d'évènement avec exception pour la suppression d'un cas**

#### Scénario 5 :

##### La modification d'un cas :

- L'estimateur demande la modification d'un cas.
- Le système lui demande d'écrire le numéro de cas à modifier et la fiche à modifier (la fiche de description générale, la fiche qui concerne la peinture ou... etc.).
- Le système fait une recherche de ce cas, si le cas se trouve dans la base de cas, alors le système affiche la fiche choisit par l'estimateur.
- L'estimateur modifie ce qu'il veut modifier et demande d'enregistrer la modification.
- Le système demande la confirmation de la modification.
- L'estimateur accepte la modification.
- Le système enregistre la modification.

##### Exception :

Le cas ne se trouve pas dans la base, donc la modification est annulée.

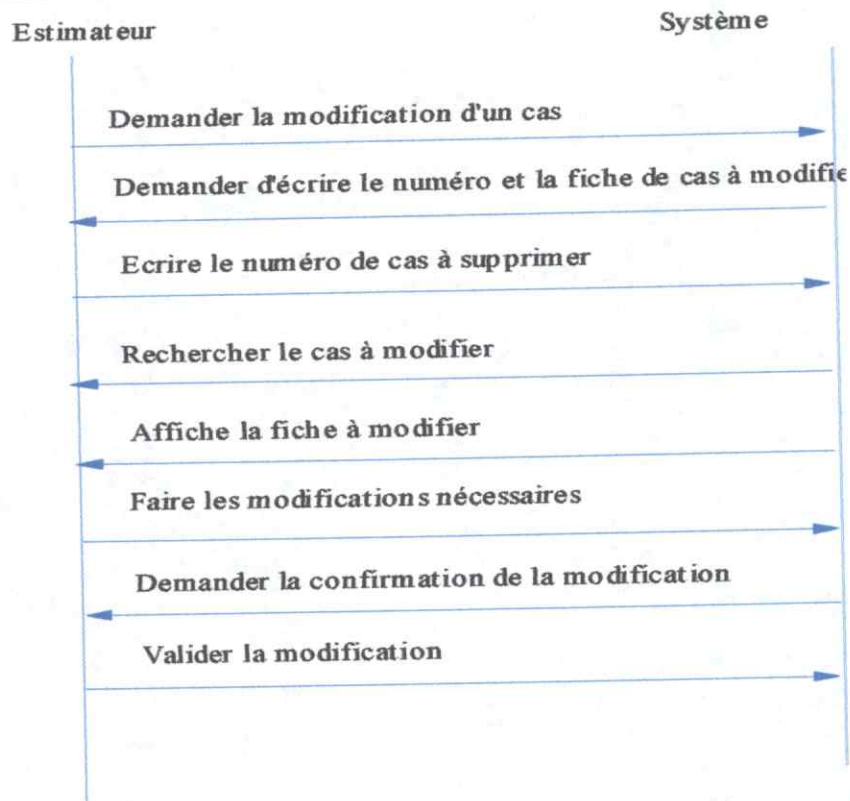


Figure 25: Diagramme de suivi d'évènement pour la modification d'un cas

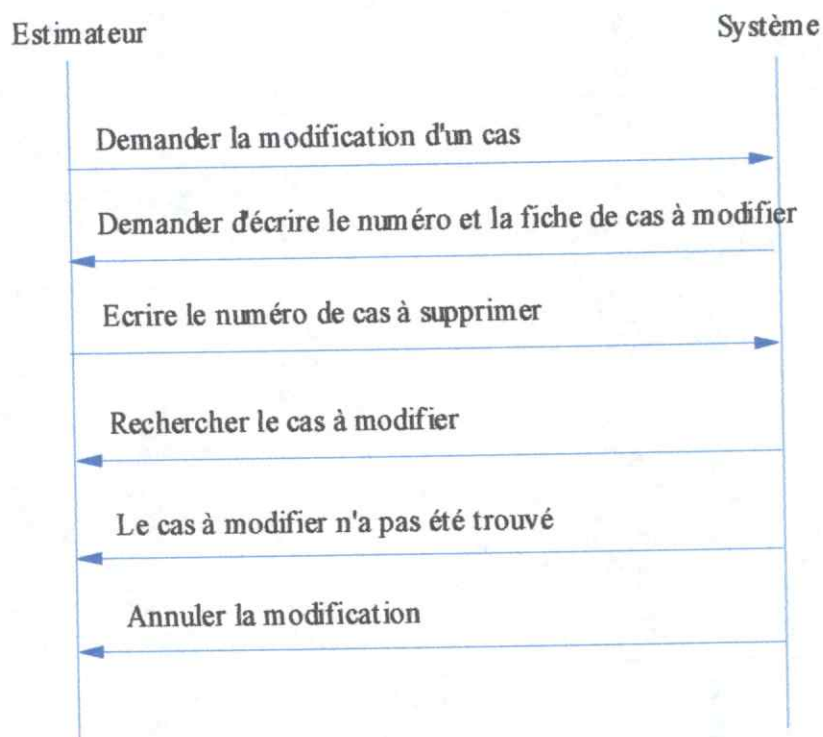


Figure 26: Diagramme de suivi d'évènement avec exception pour la modification d'un cas



C.3. Les diagrammes d'états :

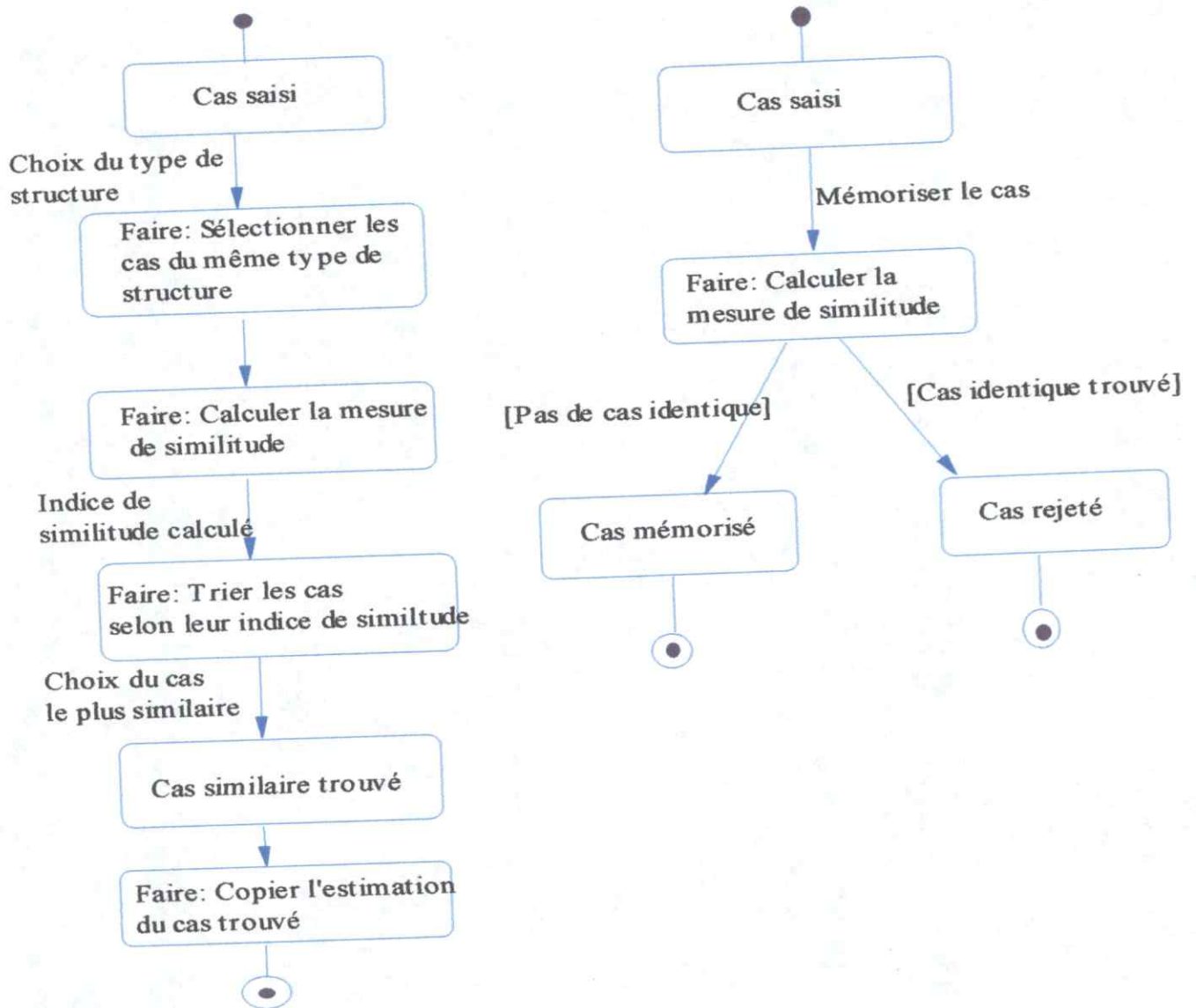


Figure 27: Diagramme d'état pour la classe RBC

C.4. Diagramme à flots de données :

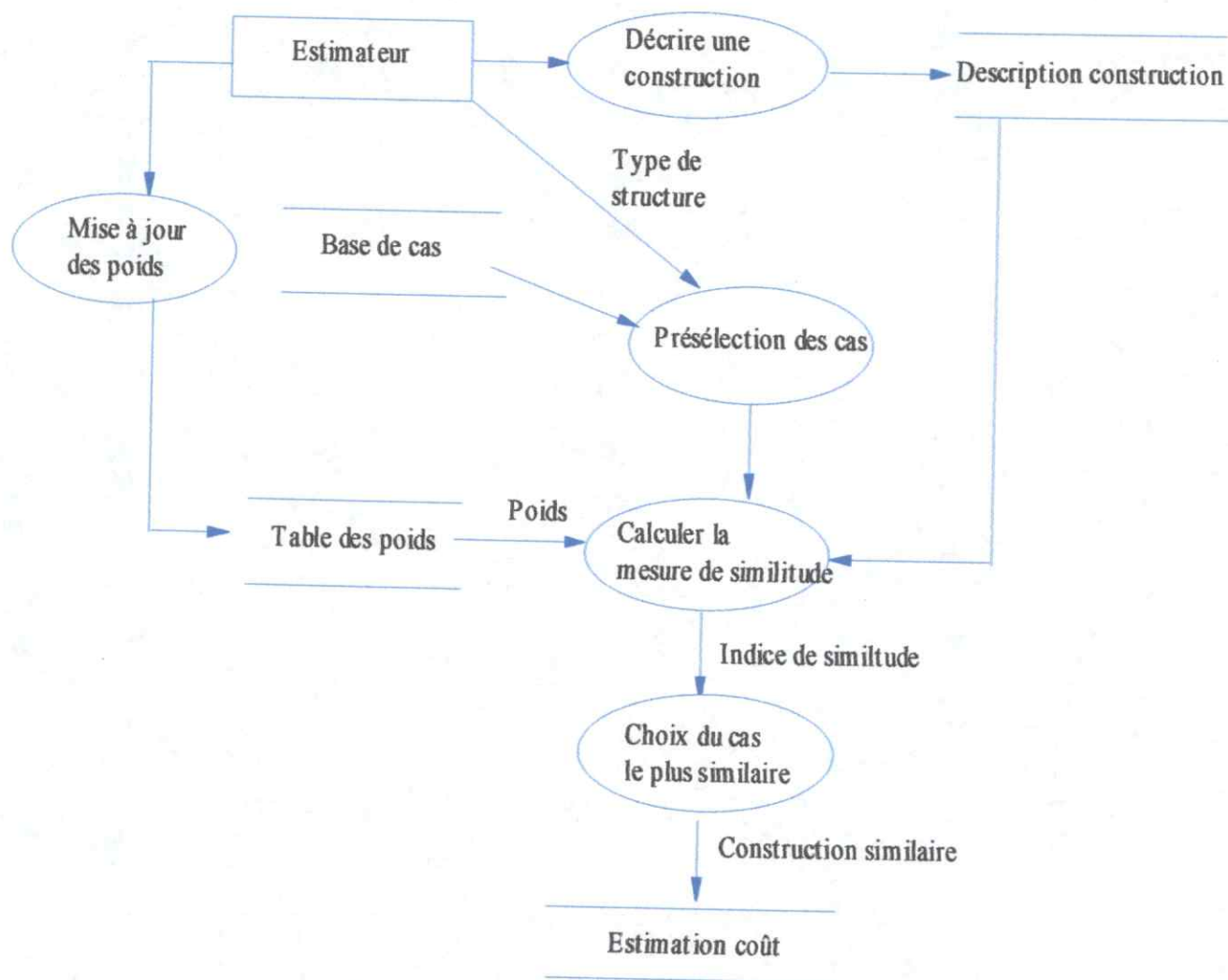


Figure 28: Diagramme à flot de données pour l'estimation du coût d'une construction

**D. IMPLEMENTATION :** L'étape d'implémentation consiste à produire le logiciel correspondant à la conception décrite dans la phase de conception.

#### **D.1. Choix du langage de programmation :**

Une des décisions les plus importantes dans la réalisation d'un logiciel est le choix du langage de programmation. Dans notre cas, le langage retenu est le C++ Builder version 6 entreprise (sous WINDOWS), ce choix est motivé par les critères suivants :

##### **Pour quoi C++Builder ?**

- le langage *C++Builder* est souple et puissant ;
- programmation à base Orienté Objet ;
- permet l'exécution rapide surtout dans le cas des calculs compliqués et itératives le temps de réponse est réduit dans le cas de la recherche dans les grandes base des données.

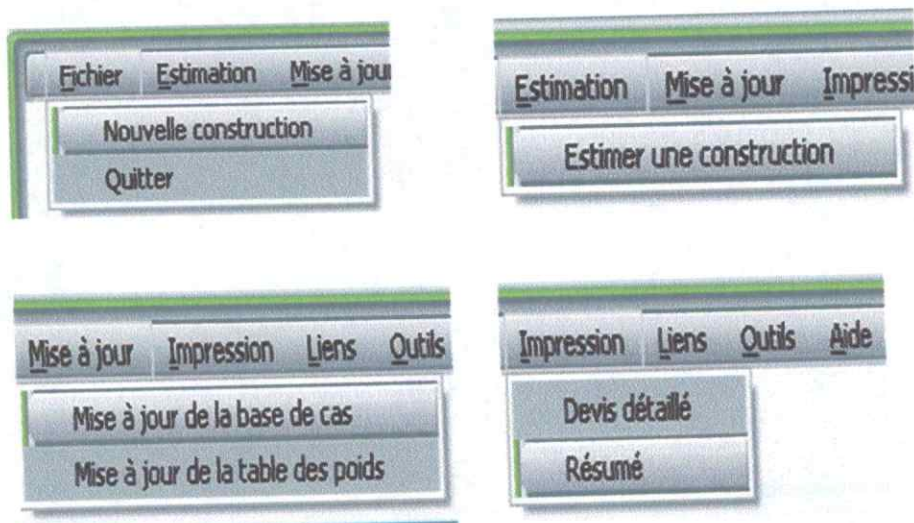
**D.2. Description du PMCCE :**

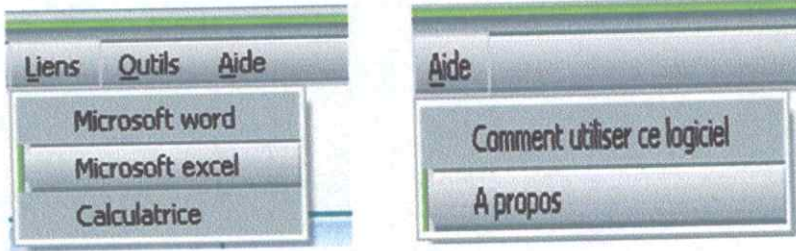
La **figure 29** présente la fenêtre principale de notre application.



**Figure 29 : Menu principal du PMCCE**

Le menu principal permet d'accéder aux différentes fonctions de notre application, dans ce qui suit nous allons détailler chaque sous menu.





**1) Fichier :** Le menu fichier comporte les actions suivantes :

- **Nouvelle construction :** Permet de rajouter une nouvelle construction à la base de cas.

La mémorisation d'une nouvelle construction se fait en introduisant à travers des fiches l'ensemble des informations relatives à une construction.

La première fiche à remplir est la fiche « description générale d'une construction. Cette fiche est présentée dans la **figure 30**.

**Figure 30 : Saisie de la description générale d'une construction**

La deuxième fiche correspond à la description de la structure, plancher et dallage utilisés dans la construction. (Figure31)

The screenshot shows a software window titled 'Structure et dallage' with a sub-tab 'Les planchers'. It contains several selection options:

- Planchers en béton armé:**
  - Dalle pleine en béton armé
  - Dalle nervurée
  - Dalle à caisson
  - Dalle champignon
  - Dalle semi-préfabriquée
  - Dalle préfabriquée
- Planchers métalliques:**
  - Plancher en tôle pliée ou ondulée
  - Plancher à hourdis creux et poutrelles en acier
  - Plancher à poutrelles en acier et plaques de béton
- Epaisseur de plancher:** A text input field.
- Plancher en bois:**
  - Planchers en bois

Navigation buttons on the right include 'Suivant', 'Précédent', and 'Quitter'.

Figure 31 : Description de la structure, plancher et dallage

La troisième fiche concerne la description de la maçonnerie (Figure 32)

The screenshot shows a software window titled 'Maçonnerie' with the following configuration options:

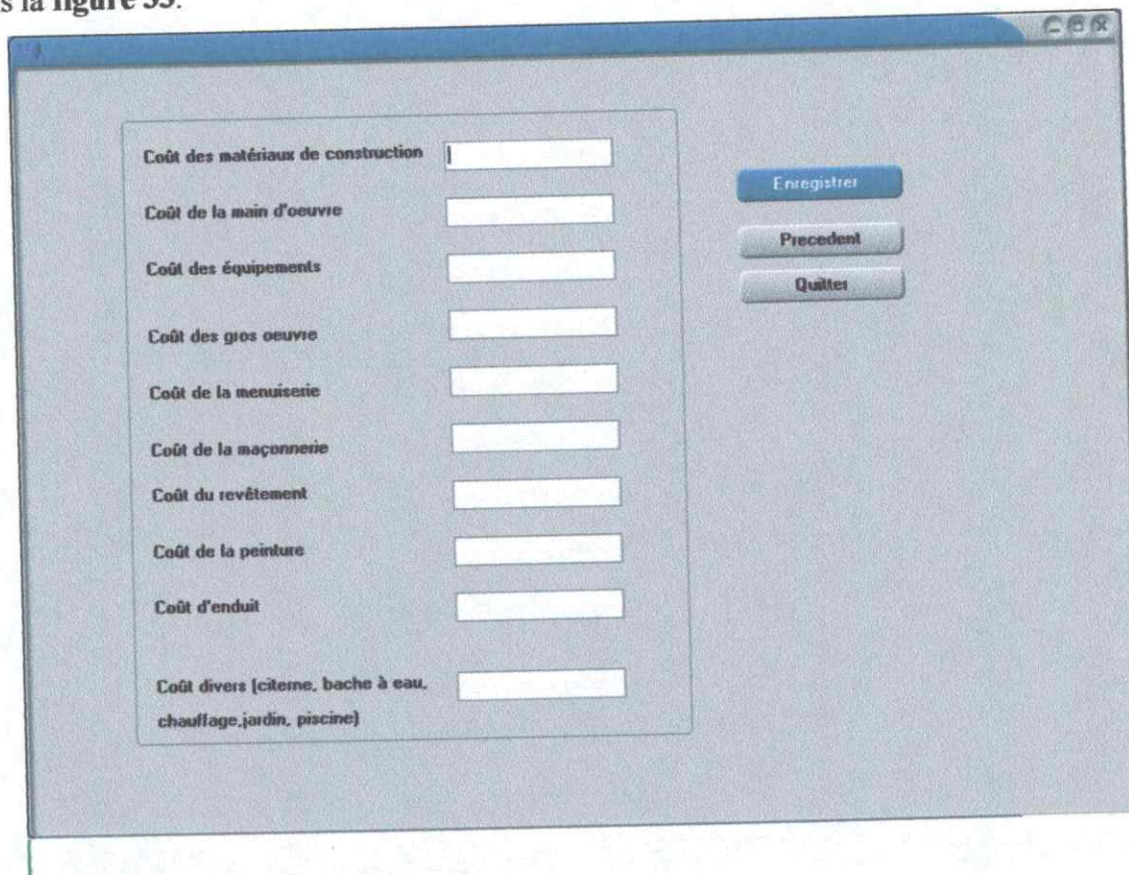
- Maçonnerie simple paroi:** Oui (dropdown)
- Maçonnerie double paroi:** Oui (dropdown)
- Habillage des poteaux:** Oui (dropdown)
- Habillage des poutres:** Non (dropdown)
- Potager de cuisine:** 2 (spin button)
- Longueur de potager:** 12 (text input)
- Cheminée décorative:** 2 (spin button)

Navigation buttons on the right include 'Suivant', 'Précédent', and 'Quitter'.

Figure 32 : Description de la maçonnerie

Il existe d'autres fiches à remplir, telle que: la fiche 'revêtement', la fiche 'menuiserie', la fiche 'enduit', la fiche 'peinture', la fiche 'plomberie', la fiche 'bâche d'eau, citerne et chauffage', la fiche 'jardin et piscine'.

La dernière fiche à remplir correspond à l'estimation du coût de la construction, présentée dans la figure 33.



The screenshot shows a software window with a light blue title bar. Inside, there is a list of cost categories on the left, each followed by a white rectangular input field. The categories are: 'Coût des matériaux de construction', 'Coût de la main d'oeuvre', 'Coût des équipements', 'Coût des gros oeuvre', 'Coût de la menuiserie', 'Coût de la maçonnerie', 'Coût du revêtement', 'Coût de la peinture', 'Coût d'enduit', and 'Coût divers (citerne, bache à eau, chauffage, jardin, piscine)'. To the right of the input fields, there are three buttons: 'Enregistrer' (highlighted in blue), 'Précédent', and 'Quitter'.

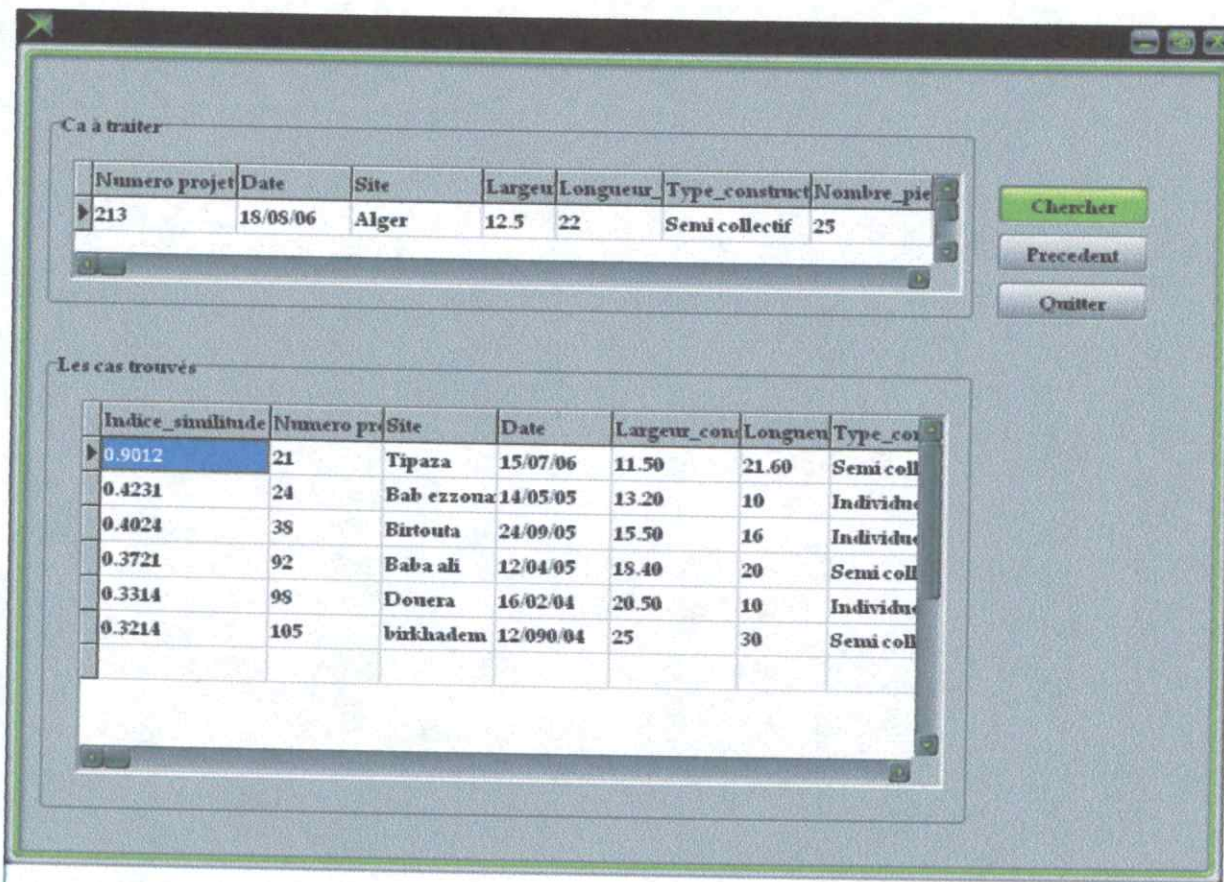
**Figure 33: Saisie de l'estimation des coûts**

Une fois que les informations contenues dans les fiches précédentes sont remplies, l'expert peut valider l'ajout de la nouvelle construction.

- **Quitter** : Pour quitter l'application.

## 2) Estimation :

La **figure 34** présente un cas de calcul de similitude. Le cas à traiter est saisi par l'estimateur dans la partie supérieure de la fenêtre. L'estimateur clique sur le bouton « rechercher » pour calculer la mesure de similitude et afficher les cas trouvés. Les cas trouvés sont affichés dans la partie inférieure de la fenêtre.



**Figure 34 : Recherche du cas similaire**

## 3) Mise à jour :

- **Mise à jour de la base de cas :**

Lors de la consultation, l'utilisateur peut consulter toute la base, comme il peut activer une partie de la base de cas (ce que l'on a appelé la présélection) selon le type de structure.

La **figure 35** présente la fenêtre de consultation de la base de cas. L'utilisateur choisit le type de structure et clique sur le bouton « afficher » pour visualiser la liste des constructions qui ont le même type de structure.



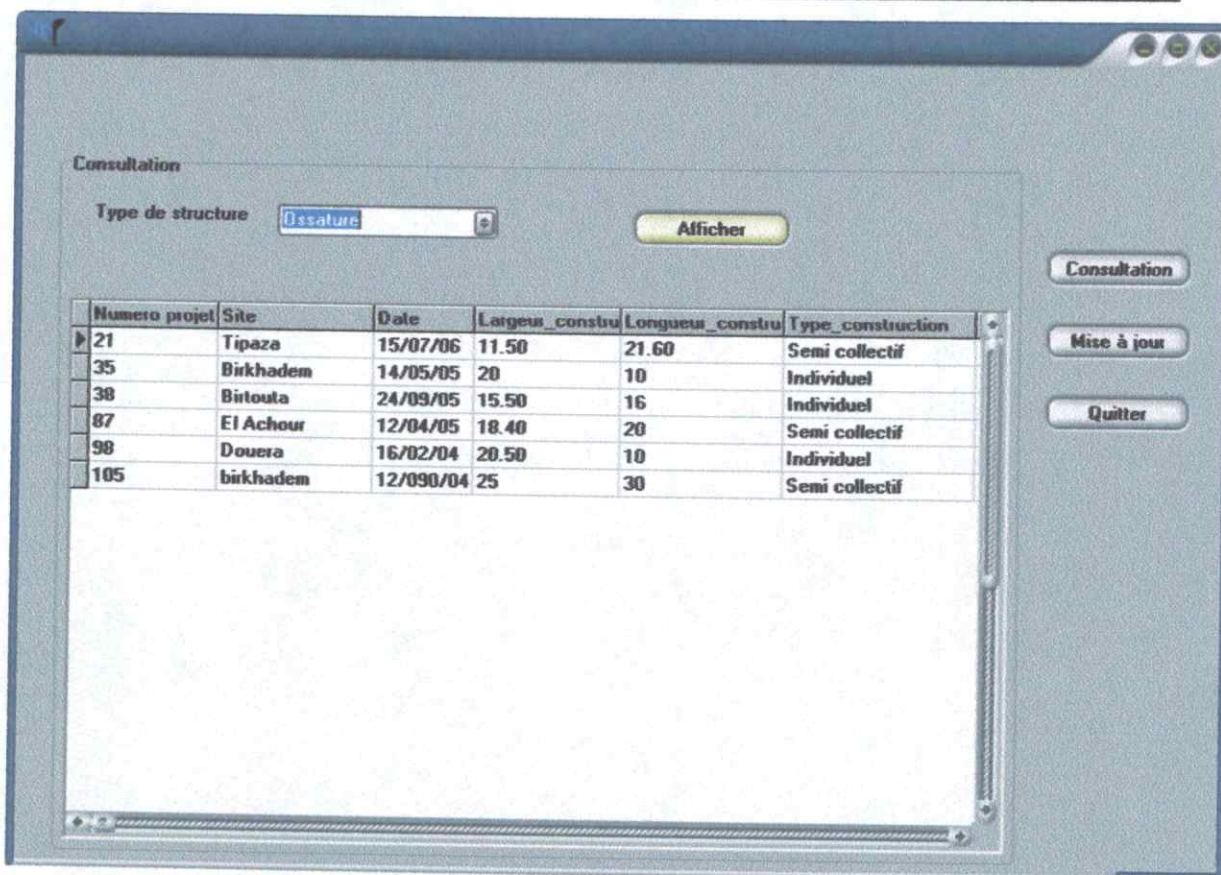


Figure 35 : consultation de la base de cas

Lorsque l'utilisateur veut faire une modification, recherche ou suppression d'une construction, il clique sur le bouton « mise à jour » présenté dans la **figure 35**. Ensuite la fenêtre de la mise à jour s'affiche (**Figure 36**).

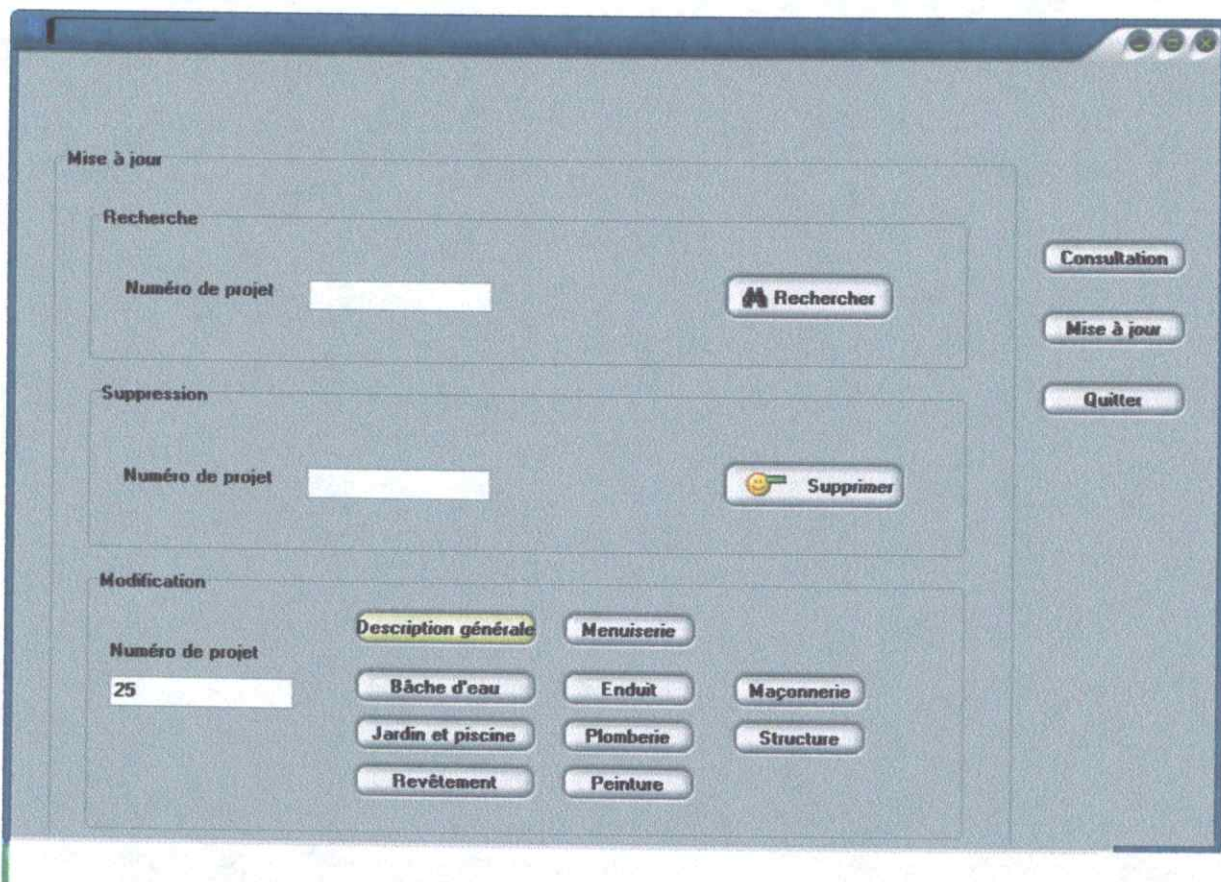


Figure 36: la mise à jour de la base de cas

La suppression et la recherche d'une construction se font en indiquant le numéro du projet, puis en cliquant sur le bouton « supprimer » ou « rechercher ».

Pour la modification d'un ou plusieurs attributs d'une construction, l'utilisateur saisie le numéro du projet dans la rubrique matricule et clique sur le bouton qui indique la fiche à modifier. Ensuite, la fiche s'affiche et l'utilisateur fait les modifications nécessaires et clique sur le bouton « valider » pour valider les modifications.

- **Mise à jour de la table des poids:**

L'utilisateur a la possibilité de mettre à jour la table des attributs intervenant dans le calcul de similitude. Il peut donc modifier les coefficients de pondération des attributs. (Figure 37)

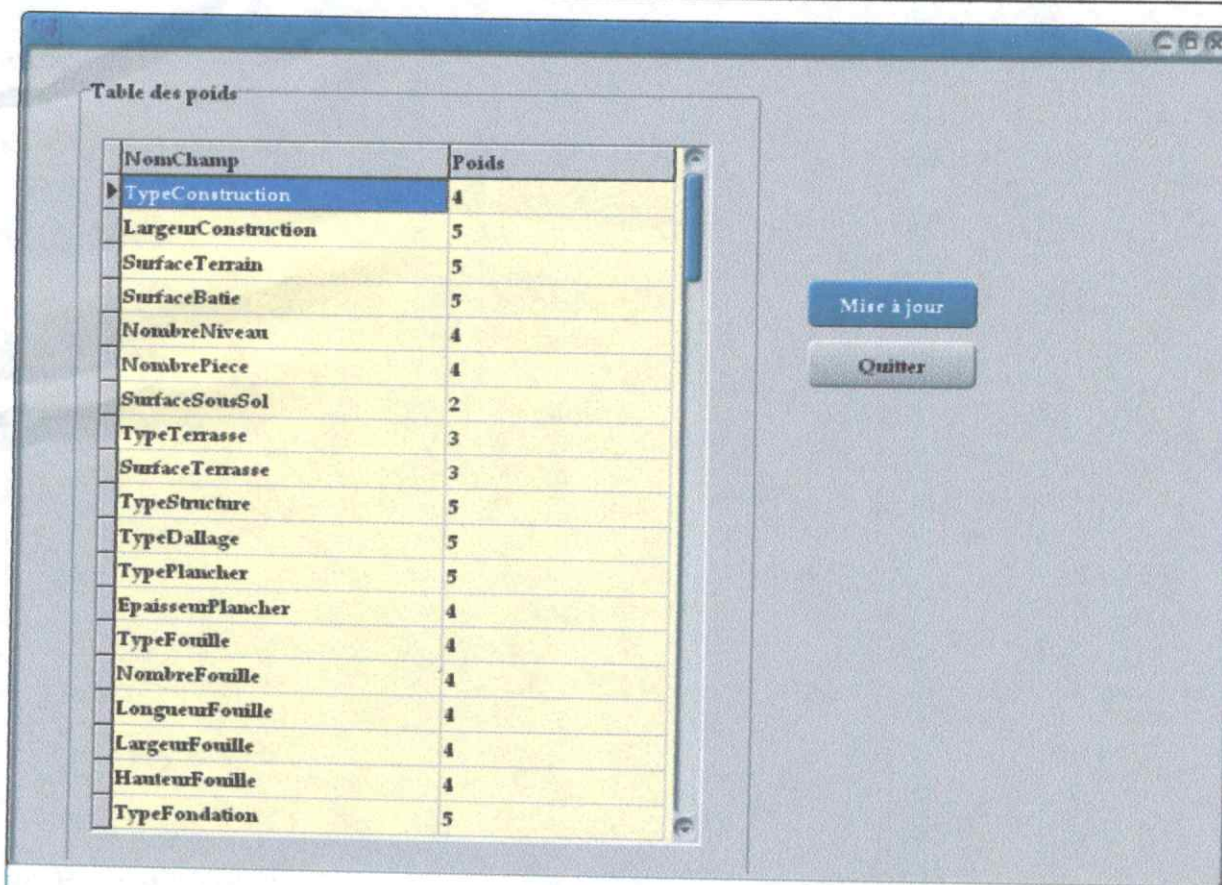


Figure 37: Mise à jour des poids des attributs

---

**CONCLUSION :**

Nous avons présenté au cours de ce chapitre la mise en œuvre de la mémoire de projet à base de cas pour l'estimation des coûts des constructions. Pour cela, nous avons choisi la méthode de modélisation orienté objet OMT.

Nous avons commencé la démarche de développement par examiner les besoins de l'utilisateur en ce qui concerne l'estimation des coûts. Puis, nous avons montré l'architecture de notre système. Ensuite, nous avons présenté la conception du système. Enfin, nous l'avons implémenté.

---

**CONCLUSION GENERALE**

---

### CONCLUSION

L'objectif de ce travail était de construire une mémoire de projet à base de cas. Cette mémoire permet de collecter et de préserver les informations des experts nécessaires à l'estimation des coûts des constructions.

L'avantage procuré par la représentation de connaissances sous forme de cas est l'aspect évolutivité de la mémoire de projet grâce à l'ajout progressif de nouveau cas.

Le raisonnement à base de cas s'appuie sur des solutions des cas déjà enregistrés dans la base afin de résoudre de nouveaux problèmes. Le cycle du raisonnement comporte les étapes suivantes : la remémoration d'un cas jugé similaire à un nouveau cas, la réutilisation de la solution du cas remémoré, et la mémorisation du nouveau cas pour une réutilisation ultérieure.

Cependant, dans le cadre de PMCCE, certaines modifications ont été opérées sur le raisonnement à base de cas. Il s'en distingue par le fait que la base de cas n'est pas enrichie automatiquement mais pas des experts. De plus, au lieu de conserver que le cas jugé le plus similaire, sont conservés et présentés à l'utilisateur tous les cas classés selon le degré de similitude. D'un autre coté, nous avons donné à l'expert, la possibilité de modifier les coefficients de pondération des différents attributs, car certains attributs sont plus significatifs que d'autres dans l'estimation des coûts.

Ce travail est une première ébauche que nous a permis de voir que les facteurs ou les éléments intervenant dans l'estimation du coût d'une construction sont très nombreux. Pour cela, nous avons essayé de résumer les informations les plus importantes. Il existe aussi des facteurs tel que l'inflation, l'augmentation ou la diminution du coûts des matériaux de construction ou de la main d'œuvre face à l'arrivée des étrangers (chinois, turc... etc) peuvent fausser les estimations.

### PERSPECTIVES

La première amélioration qui peut être faite pour notre mémoire de projet et d'enregistrer pour chaque construction son plan d'architecture et son plan de génie civil.

Une autre perspective consiste à permettre l'accès via Internet à la mémoire de projet. Chaque personne voulant estimer une construction, peut accéder à cette mémoire. L'utilisateur saisit les caractéristiques de la construction, ensuite le cas similaire lui est affiché.

Enfin, nous proposons d'introduire la logique floue dans le raisonnement à base de cas, cette méthode sert à représenter des connaissances qualitatives et imprécises. Les avantages de la logique floue sont :

- Solution de problèmes complexes.
- Robustesse vis-à-vis des incertitudes.
- Possibilité d'interprétation du savoir des experts.

---

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---



- [Aam 94] Aamodt A., Plaza E., "Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches", AICOM, vol. 7(1), March 1994.
- [Aam 94a] Aamodt A., "Explanation-Driven Case-Based Reasoning, Topics in case-based reasoning". Springer Verlag, 1994, pp 274-288.
- [Bea 94] Beauboucher N., "ANAIIS : Raisonnement à partir de cas en résolution de problèmes", thèse de doctorat, L'université de PARIS VI, 28 juin 1994.
- [Bou 04] Bouarfa H., "conception d'une mémoire d'entreprise virtuelle pour l'évaluation post sismique". Thèse de doctorat, Institut National d'Informatique( INI).
- [Bru 94] Brunet E., Ermine J.L., "La problématique de la gestion des connaissances des organisations", Ingénierie des systèmes d'information, Hermès, vol.2, n3, pp.263-291, 1994.
- [Com 98] Combet V., "Enterprise memory: Privileged support for knowledge management". D.E.S.S dissertation, National institute of languages and oriental civilisation, France, 1998.
- [Com 98a] Combet V., "La mémoire d'entreprise : un support privilégié pour la gestion des connaissances".
- [Die 98] Dieng R., Corby O., Giboin A., Ribière M., "Methods and Tools for Corporate Knowledge Management", Proceeding Of the Knowledge Acquisition for Knowledge-based Systems Workshop (KAW'98), 1998.
- [Erm 96] Ermine J.L., Challiot M., Bigeon P., Charreton B., Malavieille D., " MKSM, méthode pour la gestion des connaissances", Ingénierie des systèmes d'information, vol.4, n4, pp. 541-575, 1996.

- 
- [Erm 98] Ermine J.L., Chaillot M., David B., "La gestion des connaissances dans les entreprises, l'exemple du CEA", Entretiens de la Villete, 1998.
- [Gab 98] Gabay J., "Merise Vers OMT et UML, un guide complet avec etudes de cas", 3<sup>ème</sup> Edition, InterEditions.
- [Gru 95] Grundstein M., "La capitalisation des connaissances de l'entreprise, système de production de connaissances, l'entreprise apprenante et les sciences de la complexité", Aix en Provence, Mai 1995.
- [Kol 93] Kolodner J., "Case-Based Reasoning", Morgan Kauffmann Publishers, Inc, 1993.
- [Kuh 97] Kuhn O., Abecker A., "Corporate memories for knowledge management in industrial practice: Prospects and challenges", Journal of Universal Computer Science, 3(8), pp. 929-954, 1997.
- [Lea 96] Leake D. B., "Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons, and Future Directions", AAAI Press/MIT Press, Menlo Park, CA, 1996.
- [Mac 94] Macintosh A., "Corporate knowledge Management state-of-the-Art review" », Proceeding of the 2nd International symposium on the Management of Industrial and Corporate Knowledge (ISMICK), pp. 131-145, 1994.
- [Mal 96] Malek M., "Un modèle hybride de mémoire pour le raisonnement à partir de cas", Thèse de l'Université Joseph Fourier, Grenoble, 1996.
- [Mar 97] Maret P., Pinon J.M., "Ingénierie des savoir faire", Ed Hermès, Paris, 1997.
- [Mat 99a] Matta N., Ribière M., Corby O., "Définition d'un modèle de mémoire de projet", Rapport de recherche INRIA N° 3720, Juin 1999.
- [Mat 99] Matta N., Ribière M., Corby O., "Méthodes de capitalisation de mémoire de projet", Rapport de recherche INRIA N° 3819, Novembre 1999.

- [Pas 96] Pasahow E., "Insider's Viewpoint", Computer Industry Daily, 1996.
- [Poi 95] Poitou J.P., "Documentation is Knowledge: An Anthropological Approach to Corporate Knowledge Management", Proceeding of the 3rd International Symposium on the Management of Industrial and Corporate Knowledge (ISMICK'95), pp 91-103, 1995.
- [Pom 96] Pomian J., "Mémoire d'entreprise : techniques et outils de la gestion du savoir", Sapienza, 1996.
- [Ray 96] Raymond G., "Construction de ma maison", Technique & vulgarisation paris 1975 quatrième édition.
- [Rei 98] Reisdorph K., "Borland C++ Builder 3", Simon & schuster Macmillan France, 1998.
- [Ron 02] Rong Q., "case-based reasoning for course timetabling problems", thèse de doctorat, University of Nottingham, Aout 2002.
- [Rum 97] Rumbaugh J., al, "OMT Modélisation et conception orientées objet", MASSON.
- [Ste 93] Steels L. "Corporate Knowledge Management", Proceedings of the 1st International Symposium on the Management of Industrial and corporate Knowledge 'ISMICK'93), pp. 9-30, 1993.
- [Tou 95] Tourtier A., "Analyse préliminaire des métiers et de leurs interactions. Rapport intermédiaire, projet GENIE, INRIA-Dassault-Aviation, 1995"
- [Van 96] Van Heijst G., Van der Spek R. et Kruizinga E. "Organizing Corporate Memories", in B.Gaines et M.Musen (ed.), Proceedings of the 10th Banff Knowledge acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW'96), Banff, Canada, pp.42-1/42-17, novembre 1996.

---

# ANNEXES

---

## TERMES UTILISES DANS LE DOMAINE DE COSTRUCTION

### 1. Les fouilles :

Il existe quatre types de fouilles :

- **La fouille en rigole** : Est la fouille la plus simple, peu profonde  $H \leq 1$  m, de largeur  $\leq 2$  m. Elle est destinée à recevoir les fondations ou certaines canalisations.
- **La fouille en tranchée** : Est une fouille plus profonde. De profondeur  $H > 1$  m, de largeur  $\leq 2$  m. Elle est destinée à recevoir les égouts ou les fondations profondes.
- **La fouille en puits** : Est une fouille qui se distingue des précédentes par sa profondeur qui excède toujours les dimensions de son orifice.
- **La fouille en excavation** : Intéresse une plus grande étendue et une plus grande masse de terre. Son creusement vise à réaliser l'emplacement du sous-sol.

### 2. Les fondations :

On appelle fondation, la base de l'ouvrage qui se trouve en contact direct avec le terrain d'assise et qui a pour rôle de transmettre à celui-ci toutes les charges et les surcharges supportées par cet ouvrage.

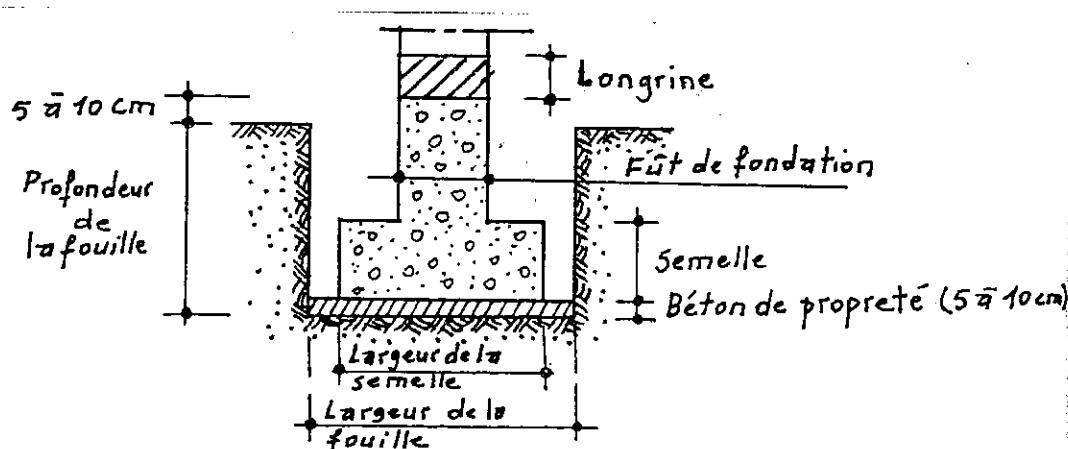


Figure 1 : Constitution d'une fondation

Il existe deux types de fondations :

- **Fondations superficielles :**

On appelle « fondations superficielles », toutes les fondations dont l'encastrement H dans le sol n'excède pas quatre fois la largeur B de la semelle (semelle isolée, semelle filante).

$$\frac{H}{B} < 4$$

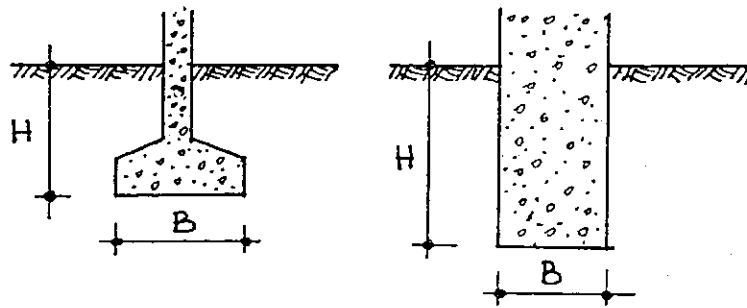


Figure 2 : Fondation superficielle

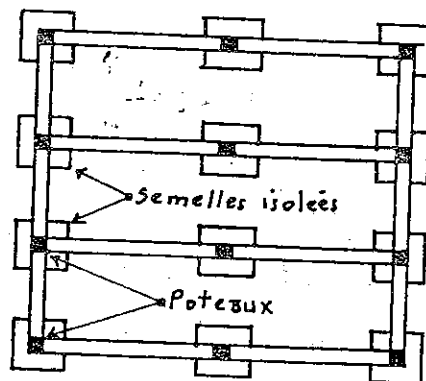


Figure 3 : Semelle isolée

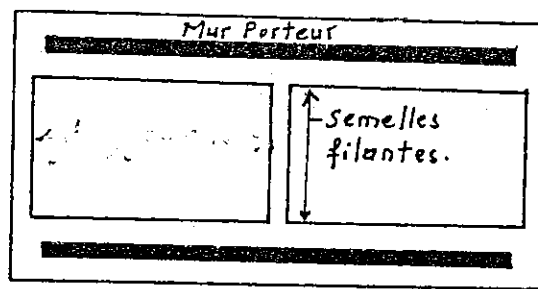


Figure 4 : Semelle filante

- **Fondations profondes :**

On appelle « fondations profondes » toutes les fondations dont l'encastrement H dans le sol excède quatre fois la largeur B de la semelle.

$$\frac{H}{B} > 4$$

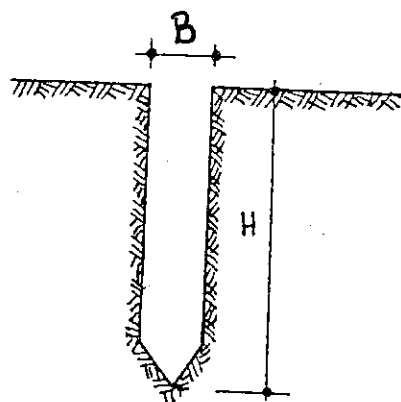


Figure 5 : Fondation profonde

3. Une **structure** est la manière dont sont disposés les éléments porteurs horizontaux et verticaux destinés à recevoir les charges de la construction et de les transmettre aux fondations, ainsi d'assurer la stabilité de la construction.

Il existe trois types de structures :

- **Les murs porteurs :**

Ce sont des éléments porteurs verticaux, plus longs que larges, assurant à la fois, la fonction de support et de remplissage. On distingue les murs porteurs en pierres naturelles, en briques, béton armé (voile)... etc.

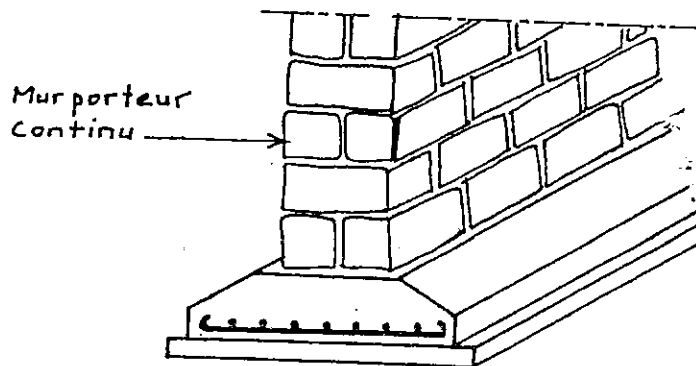


Figure 6: Mur porteur

- **Les ossatures :**

Le système de structure à ossature est constitué d'éléments verticaux (poteaux) et d'éléments horizontaux (poutres) ou d'assemblage de poteaux et de poutres. Il existe les ossatures en béton armé, métallique et en bois.

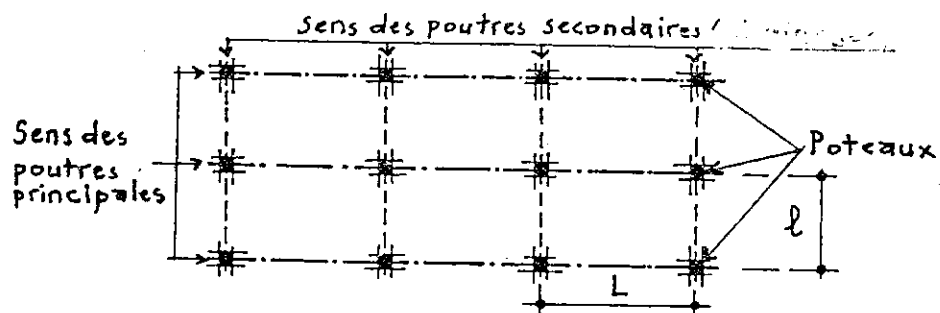


Figure 7 : Schéma en plan d'une ossature

- **Les structures spatiales :**

Ce sont des structures conçues par la couverture des espaces ayant de grandes dimensions (hauteur, longueur et largeur).

#### 4. Les poteaux :

Ce sont des éléments porteurs verticaux en béton. Suivant leurs emplacements dans la construction, ils sont appelés : Poteau d'angle (a), poteau de rive ou de façade (b), poteau intérieur (c).

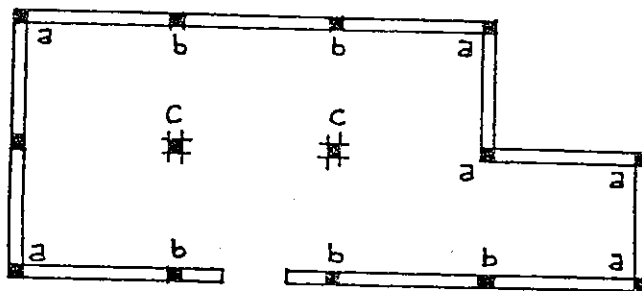


Figure 8 : Schéma en plan montrant les différents emplacements des poteaux



### 5. Les poutres :

Ce sont des éléments porteurs horizontaux en béton. Elles transmettent les charges aux poteaux. Suivant leurs emplacements dans la construction, elles sont appelées : poutre de rive (a), poutre de refend (b).

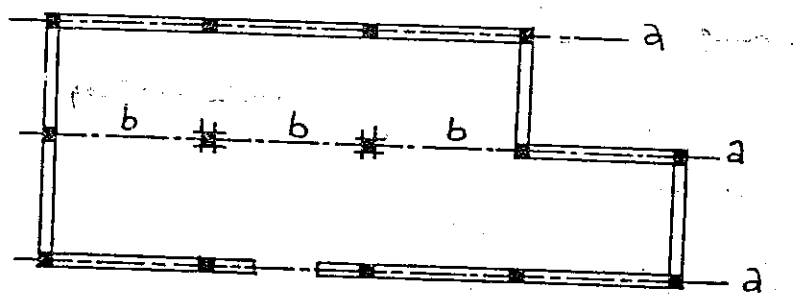


Figure 9 : Schéma en plan montrant les emplacements des poutres

### 6. Les planchers :

Le plancher est une aire horizontale séparant deux niveaux. Il peut être exécuté en bois, en acier ou en béton armé.

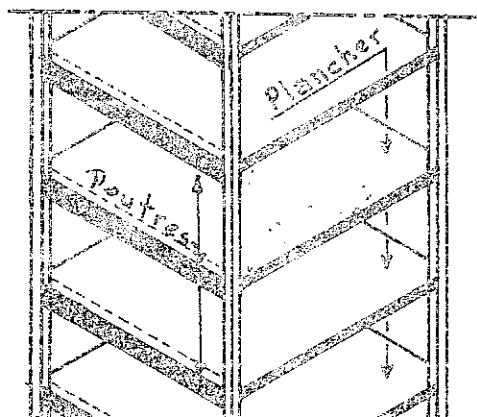


Figure 10 : Les différents planchers d'un bâtiment

### 7. Les dallages :

Le sol fini d'une construction est constitué, au rez-de-chaussée, par un revêtement de faible épaisseur posé sur un dallage porté sur le sol. Ils peuvent être en ciment, en pierres ou en briques.

## 1. LA TECHNIQUE DE MODELISATION PAR OBJETS (OMT) :

Il est utile de modéliser un système à partir de trois points de vue liés mais distincts, chacun saisissant des aspects importants du système, tous nécessaires à une description complète. La Technique de modélisation par objets (OMT) est le nom donné à la méthode qui associe ces trois vues de modélisation des systèmes. Le *modèle objet* décrit la structure des objets dans un système : leur identité, leurs relations avec les autres objets, leurs attributs, et leurs opérations. Le *modèle dynamique* décrit les aspects du système en relation avec le temps et le séquençement des opérations. Le *modèle fonctionnel* décrit les aspects relatifs aux transformations des valeurs. Un logiciel-type incorpore les trois aspects : il utilise des structures de données (modèle objet), il séquence les opérations dans le temps (modèle dynamique), et transforme les valeurs (modèle fonctionnel). Chaque modèle contient des références à des entités d'autres modèles. Par exemple, les opérations sont attachées aux objets dans le modèle objet, mais elles sont plus largement détaillées dans le modèle fonctionnel.

## 2. LE MODELE OBJET :

### 2.1 Description des objets et classes :

#### 2.1.1. Objet :

Un objet est un concept, une abstraction ou une chose qui a un sens dans le contexte du système à modéliser.

Chaque objet a une identité et peut être distingué des autres, sans considérer à priori les valeurs de ses propriétés.

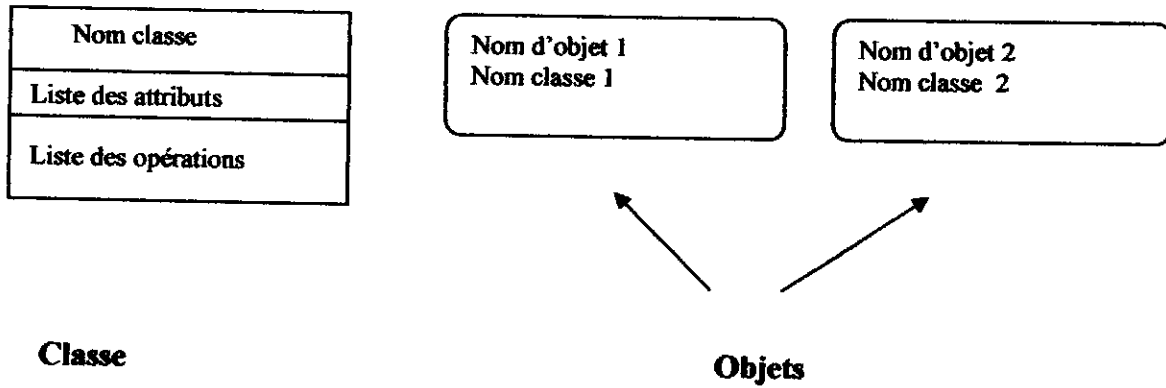
**Exemple :** objets physiques : une chaise, une voiture, un vélo.

Objets de gestion : la commande n° 12, le client Durand.

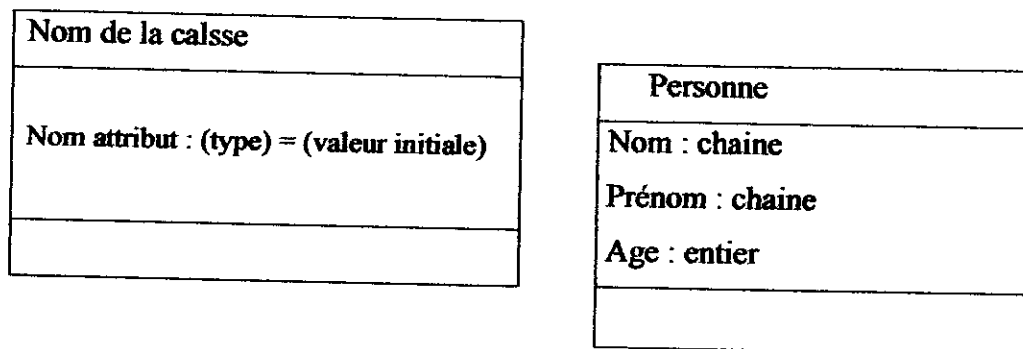
#### 2.1.2 Classe :

##### 2.1.2.1 Présentation d'ensemble :

Une classe décrit un groupe d'objets ayant les mêmes propriétés (attributs), un même comportement (opérations) et une sémantique commune (domaine de définition).

**Exemple :****Figure1 : Formalisme de classe et d'objets****2.1.2.2 Attributs :**

Un attribut est une valeur de données détenue par les objets d'une classe. Nom, prénom et âge sont des attributs des objets *personne*.

**Figure2 : Formalisme et exemple d'attributs de classe****2.1.2.3. Opération (ou méthodes) :**

Une opération est une fonction qui est applicable aux objets d'une classe ou par les objets dans une classe. Une opération permet de décrire le comportement d'un objet.

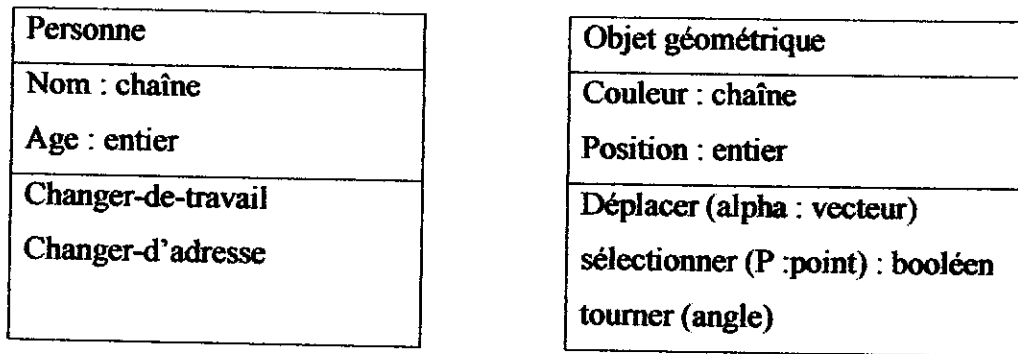


Figure3 : Exemple d'opérations

### 2.1.3 Description des associations et des liens :

#### 2.1.3.1. Définition générale :

Un lien est une connexion physique ou conceptuelle entre des instances d'objets.

Une association décrit un groupe de liens ayant une même structure et une même sémantique.

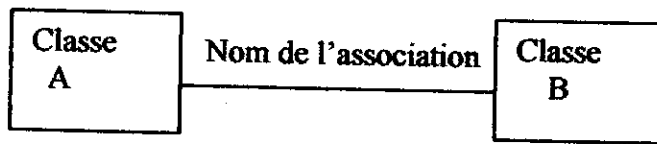
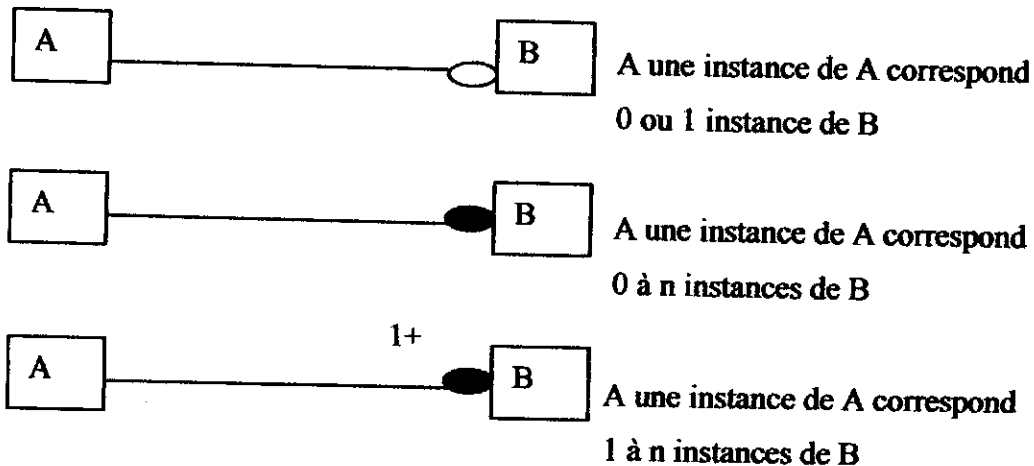
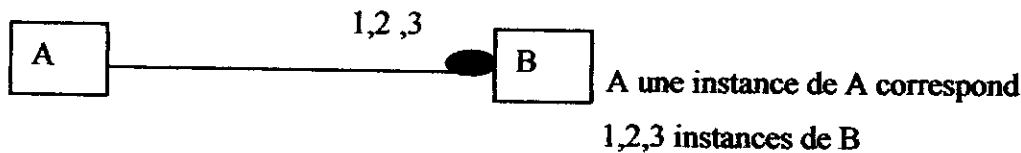


Figure4 : Formalisme de représentation de l'association entre classes

#### 2.1.3.2 Multiplicités des associations :

La multiplicité correspond à la cardinalité des associations par rapport aux instances des classes concernées.

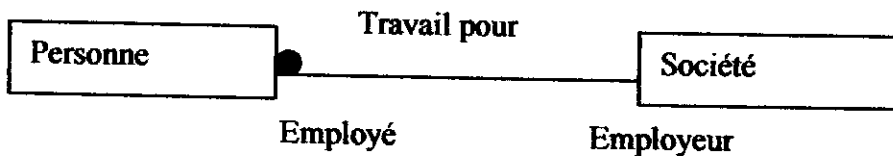




**Figure 5 : Principaux cas des multiplicités d'associations**

### 2.1.3.3. Rôle d'une association :

Chaque association peut être qualifiée par deux rôles, un à chaque extrémité de l'association. Le rôle explique chaque sens de l'association.



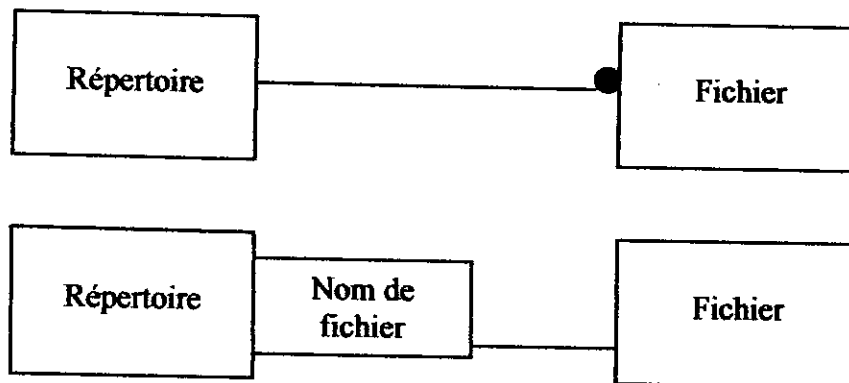
**Figure 6 : Noms de rôle pour une association**

### 2.1.3.4. La qualification :

La qualification d'une relation entre deux classes permet de préciser la sémantique de l'association et de qualifier de manière restrictive les liens entre les instances.

Seuls les instances possédant l'attribut indiqué dans la qualification sont concernées par l'association.

**Formalisme et exemple :** soit la relation entre les répertoire et les fichiers appartenant à ces répertoires. A un répertoire est associé 0 à n fichiers. Si l'on veut restreindre cette association pour ne considérer qu'un fichier associé à son répertoire, la relation qualifiée est alors utilisée pour cela. La figure ci-dessous montre la représentation de ces situations.



**Figure7 : Exemple d'utilisation d'une association qualifiée**

## 2.1.3.5. L'ordre :

Les instances d'une relation peuvent être ordonnées.

Cette propriété est indiquée comme une contrainte particulière {ordonné}

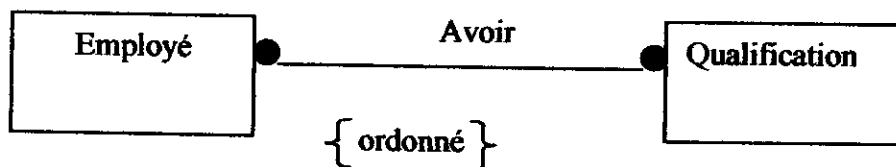
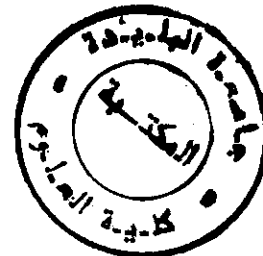


Figure 8 : Exemple d'utilisation d'une association ordonnée

## 2.1.4. Agrégation (composition) :

L'agrégation est une relation de type « composé-composant » ou « partie de » dans laquelle les objets représentant les *composants* d'une chose sont associés à un objet représentant l'assemblage entier.

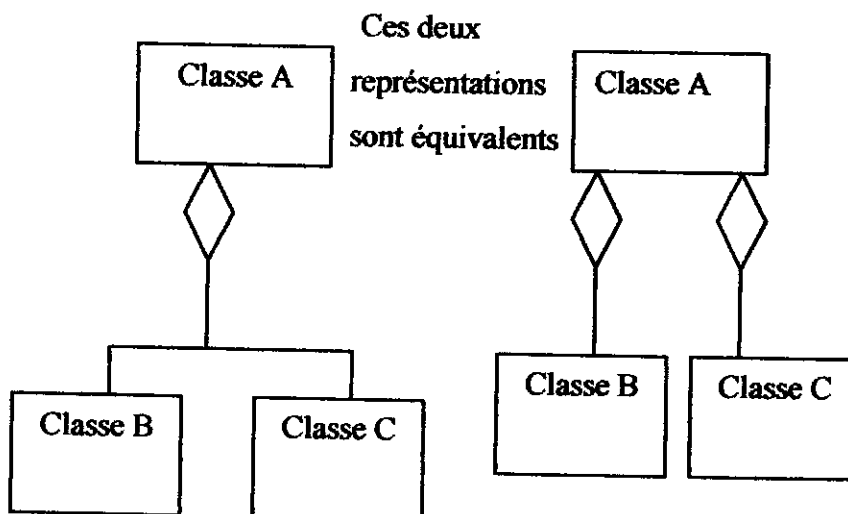


Figure 9 : Exemple général d'agrégation entre classes

## 2.1.5. Généralisation et héritage :

### 2.1.5.1. La généralisation et l'héritage simple :

La généralisation est la relation entre une classe et deux autres classes ou plus partageant un sous-ensemble commun d'attributs.

La classe qui est affinée s'appelle *super-classe*, les classes affinées s'appellent *sous-classes*.

L'opération qui consiste à créer une super-classe à partir de classe s'appelle la généralisation.

Inversement l'héritage (ou spécialisation) consiste à créer des sous-classes à partir d'une classe. Une sous-classe peut hériter des attributs et opérations de la classe dont elle dépend.

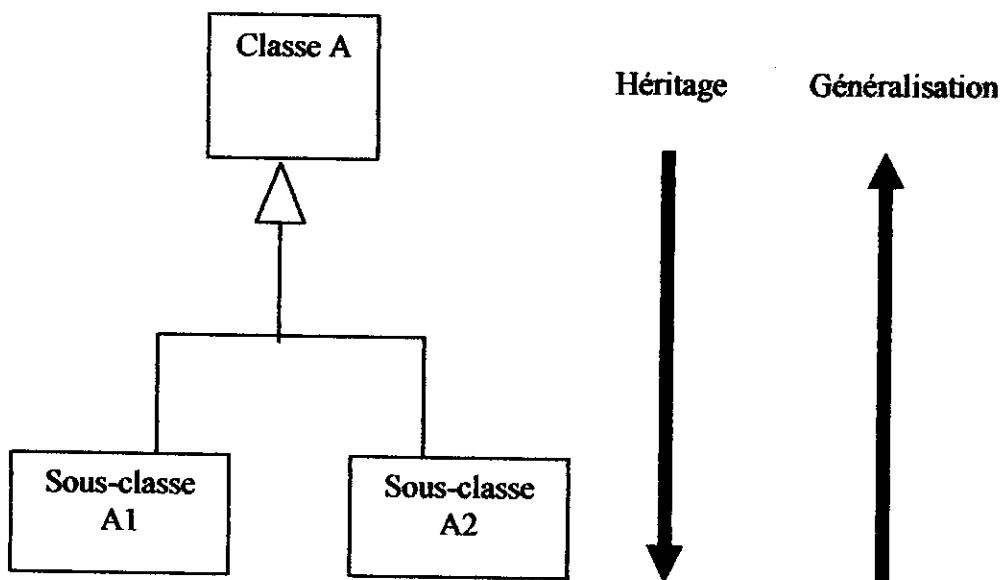


Figure 10 : Formalisme de la relation de généralisation

### 2.1.5.2. L'héritage multiple :

Dans certains cas, il est nécessaire de faire hériter une même classe de deux classes « parentes » distinctes. Ce cas correspond à *un héritage multiple*.

### 3. LE MODELE DYNAMIQUE :

Le modèle dynamique représente l'évolution du système au cours du temps en réaction aux événements extérieurs et aux interactions entre les objets.

#### 3.1. Les concepts du modèle dynamique :

##### 3.1.1. Etat-transition et évènement :

L'état d'un objet est défini à un instant donné par les valeurs de ses attributs et de ses liens.

**Exemple :**

Pour un employé donné d'une entreprise, nous pouvons considérer les états significatifs suivants : état recruté, état en activité, état en congé ou état en arrêt maladie.

Un évènement est un fait survenu qui fait passer un objet d'un état à un autre état.

La transition correspond au passage d'un état à un autre état.

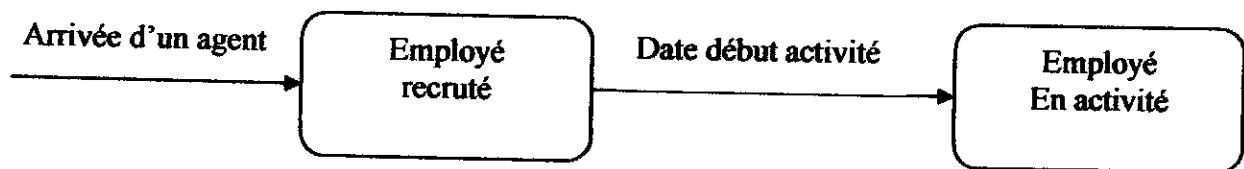


Figure11 : Exemple du diagramme état-transition

##### 3.1.2. Action et activité :

Une action représente une opération dont la durée est insignifiante comparée à la résolution du diagramme d'états.

Une activité est une opération qui nécessite un certain temps d'exécution.

Une condition est une fonction booléenne des valeurs de l'objet. Elle peut être valide durant un intervalle de temps.

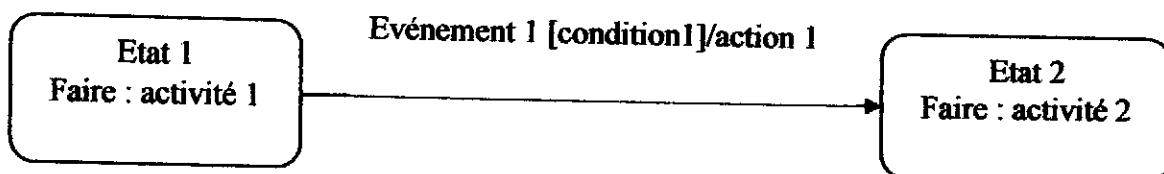


Figure12: Formalisme du diagramme des actions, activités et conditions



### 3.2. Les scénarios et la trace d'événements :

Un scénario est une séquence d'événements se déroulant durant une exécution particulière d'un système.

Le scénario doit d'abord être décrit sous forme de texte. Ensuite le scénario peut être représenté schématiquement par un diagramme appelé *trace d'événements*.

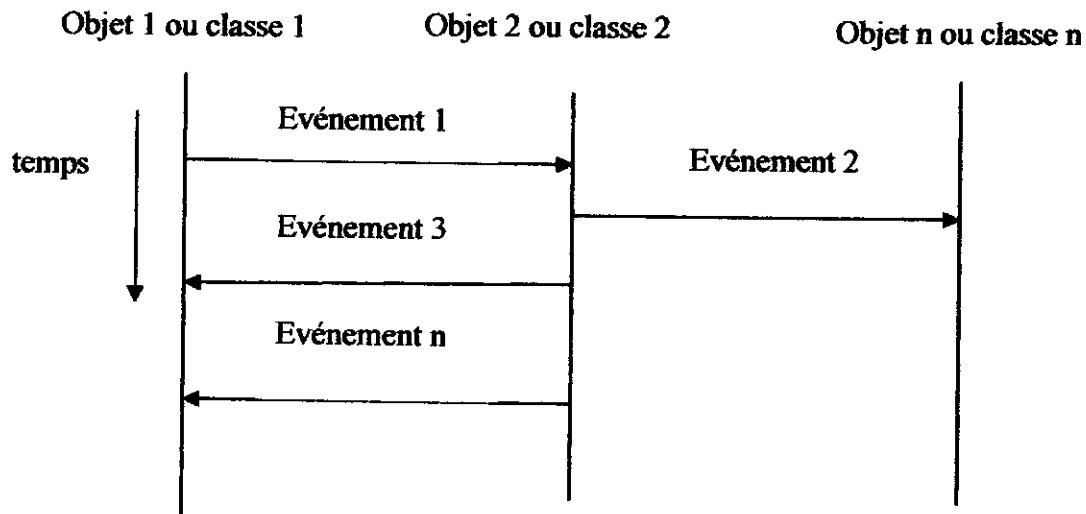


Figure13 : Formalisme de suivi d'événements

### 3.3. Diagramme d'états d'un Objet :

L'enchaînement de tous les états caractéristiques d'un objet constitue le diagramme d'état. Un diagramme d'état débute toujours par un état initial et se termine par un ou plusieurs états finaux sauf dans le cas où le diagramme d'états représente une boucle. A un événement peut être associé un message composé d'attributs.

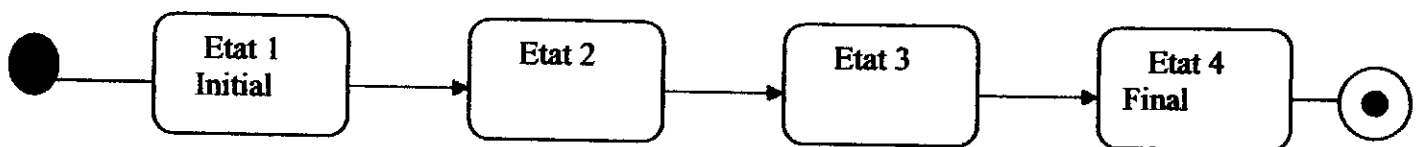


Figure14 : Formalisme de représentation des états initial et final

#### 4. LE MODELE FONCTIONNEL :

Le modèle fonctionnel décrit les traitements et les flots de données véhiculés. Le modèle fonctionnel correspond en fait à un DFD (Data Flow Diagramme) d'un système.

##### 4.1. Traitement et opération :

Les traitements réalisés par le système sont identifiés ainsi que les données en entrée et en sortie. Les traitements correspondent aux opérations décrites dans le modèle Objet.



Figure15 : Formalisme de représentation des traitements (ou opérations)

##### 4.2. Les flots de données:

Un flot de données relie la sortie d'un objet ou d'un traitement à l'entrée d'un autre objet ou d'un autre traitement. Il représente une valeur de données intermédiaire dans un calcul.

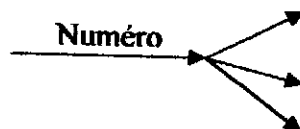


Figure16 : Représentation d'un flot de données

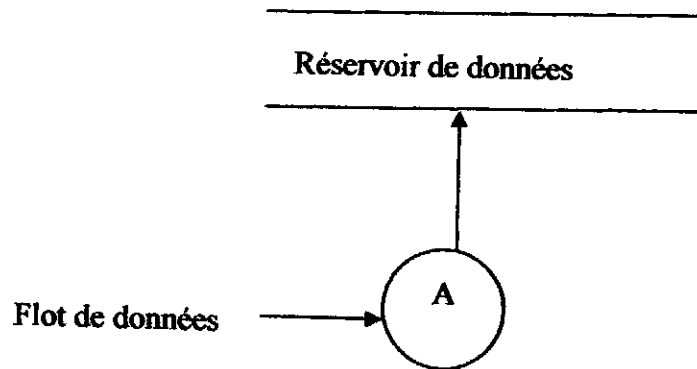
##### 4.3. Acteurs dans le modèle fonctionnel :

Un acteur est un objet actif qui dirige le graphe de flots de données en produisant ou en consommant des valeurs.

On représente un acteur par un rectangle pour montrer qu'il s'agit d'un objet.

#### 4.4. Réservoir de données :

Un réservoir de données est un objet passif à l'intérieur d'un diagramme à flots de données qui stocke des données pour un accès ultérieur. A la différence d'un acteur, un réservoir de données n'engendre pas d'opérations par lui-même mais répond simplement à des requêtes pour stocker les données et y accéder.



**Figure17 : Représentation d'un flot de données avec réservoir de donnée**