

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

La République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de SAAD DAHLEB

BLIDA

Faculté des Sciences Exactes

Département Informatique



Réalisé par :

Melle BENFARES Djouher

M. DAHMOUN Hamza

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes Pour l'Obtention du Diplôme De MASTER en  
Informatique Nouveau Régime LMD Option Ingénierie de Logiciel

Thème :

*Conception d'un système intelligent pour l'estimation des  
coûts des constructions*

Organisme d'accueil :

SARL ATRIUM (Bureau d'études en Architecture)

Devant la commission d'examen

Président :

Examineur :

Examineur :

Promotrice : Mme H. BOUARFA ABED (M.C) Université de Blida

Encadreur : M. FERDJANI Ingénieur (SARL ATRIUM)

## **RESUME**

La gestion des connaissances ou knowledge management est devenu un des axes les plus importants de la recherche industrielle. Il vise à produire une approche systématique et organisée, destinée à améliorer la capacité d'une entreprise à mobiliser ses connaissances afin d'améliorer sa performance. Notre objectif est la conception d'un système intelligent en utilisant la technique du raisonnement à base de cas pour l'estimation des coûts des constructions. Ce système constituera une mémoire de projet et permettra de garder une trace des coûts des constructions afin de faciliter l'estimation des coûts de nouveaux projets. Et pour ce faire nous allons focaliser notre étude sur la mise en œuvre d'une méthode de maintenance pour l'incrémentation et la restructuration de la mémoire de projet.

### **Mots Clés :**

Mémoire de projet, Raisonnement à base de cas, base des cas, un cas, K plus proches voisins, Maintenance de la base, incrémentation, restructuration.

## ABSTRACT

Knowledge management has become one of the most important areas of industrial research. It aims to produce a systematic and organized to improve the ability of a company to mobilize its knowledge to improve its performance. Our goal is to design an intelligent system of *Case-Based Reasoning* for estimating costs of construction. This system will be a memory project and will keep track of construction costs including the costs of major projects to facilitate the estimation of costs for new projects. To do this we will focus our study on the implementation of a method for incremental maintenance and restructuring of the project memory.

**Keywords:**

Memory Project, based reasoning case, based cases, case, K nearest neighbors, maintenance base, increment, restructuring.

## *Remerciements*

Nous remercions avant tout notre Dieu le grand puissant qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail

Nous tenons à remercier notre promotrice Mme ABED pour son suivi, sa patience et son aide

Nous tenons à remercier notre encadreur M. FERDJANI Issam pour son aide, sa patience et sa disponibilité

Nous tenons à remercier M. DAHACH El Hadi pour son aide, sa patience et sa disponibilité

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à notre formation et au bon achèvement de notre projet de fin d'étude.

## *Dédicaces*

Je remercie mon Dieu le grand puissant.

Je dédie ce modeste mémoire d'une part à :

Mon très cher père et ma très chère mère

Mes deux sœurs ainsi que mon petit frère Bouziane et mon cousin Noor

D'autres part à :

Ma très chère grand-mère aussi que mes cousins et cousines paternels et maternels :

De même à mes très chers grands-parents

En dernier à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à ma formation  
et au bon achèvement de mon projet de fin d'étude.

*BENFARES Djouher*

## *Dédicaces*

بسم الله و الحمد لله الذي أمدنا بالقدره على إنهاء هذا العمل.

مهدى إلى الإنسان الذي مهما بالغت في وصفه لن أوفيه حقه, أمي

*DAHMOUN Hamza*

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Remerciements</b>	
<b>Dédicaces</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	

## **Introduction générale**

### **Chapitre I : Présentation du champ d'étude**

<b>Introduction</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Présentation de SARL ATRIUM</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Présentation du sujet</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Problématique</b> .....	<b>3</b>
<b>4. Objectifs</b> .....	<b>4</b>
<b>5. Justification des choix</b> .....	<b>5</b>
5.1 Justification de l'utilisation de la Mémoire de Projet .....	5
5.2 Justification de l'utilisation du Raisonnement à base des cas .....	5
5.3 Justification de l'utilisation de l'algorithme des K plus proches voisins .....	5
<b>Conclusion</b> .....	<b>6</b>

### **Chapitre II : Notions Théoriques**

<b>Introduction</b> .....	<b>8</b>
<b>1. La Gestion des Connaissances</b> .....	<b>9</b>
1. Définition du Knowledge Management (KM) .....	10
1.2 Le but du KM .....	11
1.3 Types de Connaissances .....	11
1.4 Modes de conversion des connaissances .....	12

<b>2. Mémoire de projet</b>	<b>14</b>
2.1 Définition d'un projet	14
2.2 Définition de la mémoire de projet	15
2.3 Sources de connaissances pour la mémoire de projet	15
2.4 Etapes de conception d'une mémoire de projet	16
<b>3. Raisonnement à base des cas</b>	<b>19</b>
3.1 Types de raisonnement	19
3.2 Définitions RBC	20
3.3 Composants d'un système à base des cas	20
3.4 Cycle de raisonnement à base des cas	24
3.5 Définition d'un Cas	26
3.6 Structure d'un cas	26
3.7 Indexation des cas dans la mémoire	27
<b>4. La similitude</b>	<b>29</b>
4.1 Définition de mesure de similarité	29
4.2 K plus proche voisin	30
4.3 Avantages et inconvénients du K-ppv	32
<b>Conclusion</b>	<b>33</b>

## **Chapitre III : Mise en Œuvre d'une méthode de Maintenance de la base des cas**

<b>Introduction</b>	<b>35</b>
<b>1. Mise en Œuvre d'une méthode de maintenance de la base des cas</b>	<b>36</b>
<b>2. Incrémentation de la base des cas</b>	<b>36</b>
2.1 L'algorithme de calcul de la valeur de recouvrement	38
2.2 L'algorithme de calcul de la valeur d'atteignabilité	39
2.3 Catégorisation des cas	40
2.4 Algorithme d'Incrémentation de la base des cas	42
<b>3. Restructuration de la base des cas</b>	<b>43</b>
<b>4. Exemple</b>	<b>44</b>



<b>Conclusion</b> .....	<b>46</b>
-------------------------	-----------

## **Chapitre IV : Conception du système d'estimation des coûts des constructions**

<b>Introduction</b> .....	<b>48</b>
<b>1. Définition de la Construction</b> .....	<b>49</b>
1.1 Les paramètres descriptifs de la construction .....	51
1.2 Le devis Estimatif et quantitatif .....	53
<b>2. Définition de la base des cas</b> .....	<b>55</b>
2.1 Structure du cas dans la base .....	55
2.2 Indexation des cas dans la base .....	56
<b>3. Le système d'estimation des coûts</b> .....	<b>56</b>
3.1 Processus Off-Line .....	58
3.2 Processus On-Line .....	60
<b>4. Pondération des descripteurs</b> .....	<b>61</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>65</b>

## **Chapitre V: Démarche de développement**

<b>Introduction</b> .....	<b>67</b>
<b>1. Justification du choix de la méthode</b> .....	<b>68</b>
1.1 Présentation du processus RUP .....	68
1.1.1 Historique .....	68
1.1.2 Caractéristiques du processus RUP .....	70
1.1.3 Les (4+1) vue du processus RUP .....	70
1.2 Présentation du langage de modélisation UML .....	71
1.2.1 Les Diagrammes UML .....	72
1.2.2 Les Phases de développement RUP avec des diagrammes UML .....	74
<b>2. Phase d'Analyse</b> .....	<b>75</b>
2.1 Diagrammes des cas d'utilisations métiers .....	75
2.2 Diagramme de classes métiers .....	77

2.3 Diagramme des états de transitions -----	78
<b>3. Phase de Conception-----</b>	<b>79</b>
3.1 Modèles de cas d'utilisation et de séquence-----	80
3.1.1 Diagramme de cas d'utilisation global -----	80
3.1.2 Processus Off-Line -----	82
3.1.3 Processus On-Line-----	97
3.2 Modèle de conception -----	100
3.2.1 Vue logique -----	100
3.2.1.1 Diagramme de classe-----	100
3.2.2 Vue processus -----	105
3.2.2.1 Diagrammes d'états de transitions-----	105
3.2.2.2 Diagrammes d'activités-----	106
3.3 Modèle d'implémentation-----	111
3.3.1 Architecture physique-----	111
3.3.2 Diagrammes de composant -----	111
3.3.3 Diagramme de déploiement-----	113
3.4Modèle Relationnel -----	114
<b>Conclusion -----</b>	<b>118</b>

## **Chapitre VI: Implémentation**

<b>Introduction -----</b>	<b>120</b>
1. Définition de PHP -----	120
2. Définition de MySql-----	120
3. définition de Dreamwever-----	121
4. Les interfaces -----	121
<b>Conclusion -----</b>	<b>125</b>
<b>Conclusion générale -----</b>	<b>126</b>
<b>Perspectives-----</b>	<b>127</b>

**ANNEXE**  
**REFERENCES**

## LISTE DES FIGURES

N° Chapitre	N° Figure	Titre	Page
<b>II</b>	1	Modes de conversion des connaissances	<b>13</b>
	2	Modèle de la tâche de conception	<b>17</b>
	3	Modèle générique d'un système CBR	<b>21</b>
	4	Cycle de raisonnement à base de cas	<b>24</b>
<b>III</b>	2	Exemple des quatre cas avec leur espace de recouvrement et d'atteignabilité.	<b>44</b>
<b>IV</b>	1	Le Modèle du système intelligent pour l'estimation des coûts	<b>57</b>
<b>V</b>	1	Les quatre phases du processus RUP	<b>68</b>
	2	Les (4+1) vues de RUP	<b>70</b>
	3	Diagramme de cas d'utilisation métier pour l'élaboration d'une construction	<b>75</b>
	4	Diagramme de cas d'utilisation métier pour l'estimation du Coût	<b>76</b>
	5	Diagramme de classe métier	<b>77</b>
	6	Diagramme d'états de transition métier de la construction	<b>78</b>
	7	Diagramme des cas d'utilisation global	<b>80</b>
	8	Cas d'utilisation pour l'authentification	<b>82</b>
	9	Diagramme des cas d'utilisation pour la maintenance de la base des cas	<b>82</b>
	10	Diagramme des cas d'utilisation pour L'incrémentation de la base des cas	<b>83</b>
	11	Diagramme de séquence pour L'incrémentation de la base des cas	<b>84</b>
	12	Diagramme des cas d'utilisation pour l'élaboration d'un cas	<b>85</b>
	13	Diagramme de séquence pour l'élaboration d'un cas	<b>86</b>
	14	Diagramme des cas d'utilisation pour l'intégration d'un	<b>86</b>

V		cas dans la base	
	15	Diagramme de séquence pour l'intégration d'un cas dans la base	87
	16	Diagramme des cas d'utilisation pour la modification d'un cas	89
	17	Diagramme de séquence pour la modification d'un cas	90
	18	Diagramme des cas d'utilisation pour la modification des prix unitaire	92
	19	Diagramme de séquence pour la modification des prix unitaires	92
	20	Diagramme des cas d'utilisation pour la suppression d'un cas	93
	21	Diagramme de séquence pour la suppression d'un cas	94
	22	Diagramme des cas d'utilisation pour la consultation d'un cas	96
	23	Diagramme de séquence pour la consultation d'un cas	97
	24	Diagramme des cas d'utilisation pour l'estimation d'un cas	97
	25	Diagramme de séquence pour l'estimation d'un cas	98
	26	Diagramme des Classes	100
	27	Diagramme d'état de transition de la classe Construction	105
	28	Diagramme d'activité de l'estimation d'une construction	106
	29	Diagramme d'activité de l'ajout d'un cas	107
	30	Diagramme d'activité de la modification d'un cas	108
	31	Diagramme d'activité de la suppression d'un cas	109
	32	Diagramme d'activité modifier prix unitaire des matériaux	110
	33	Diagramme de composant pour l'interface Employé	112
	34	Diagramme de composant pour l'interface Expert	112
	35	Diagramme de déploiement	113
	36	Transformation d'une classe	114
	37	Transformation d'une relation un à plusieurs	114
	38	Transformation d'une relation plusieurs à plusieurs	115

<b>V</b>	39	Transformation d'une relation un à un	<b>115</b>
	40	Transformation d'une relation d'héritage	<b>116</b>
	41	Transformation d'une relation de composition	<b>116</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>N° Chapitre</b>	<b>N° Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>III</b>	1	Propriétés des catégories des cas	<b>42</b>
<b>IV</b>	1	Tableau descriptif des constructions en fonction de leurs catégories (Individuelle, Collective, Semi-Collective)	<b>55</b>
	2	Structure du Devis estimatif et quantitatif	<b>56</b>
	3	Structure d'un Cas	<b>58</b>
	4	Tableau de Pondération	<b>66</b>
<b>V</b>	1	Description du cas d'utilisation métier pour l'élaboration d'une construction	<b>75</b>
	2	Description du cas d'utilisation métier pour l'estimation du Coût	<b>76</b>
	3	Description des cas d'utilisation global	<b>81</b>
	4	Description des cas d'utilisation pour la maintenance de la base des cas	<b>83</b>
	5	Description des classes (Attributs et Opérations)	<b>105</b>

## Introduction Générale :

La gestion des connaissances ou knowledge management est devenu un des axes les plus importants de la recherche industrielle. Il vise à produire une approche systématique et organisée, destinée à améliorer la capacité d'une entreprise à mobiliser ses connaissances afin d'améliorer sa performance.

De ce fait, et dans le cadre de la présentation du mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en informatique système LMD, notre projet a été réalisé au sein de la société SARL ATRIUM (Bureau d'étude en Architecture) à BLIDA.

Notre objectif est la réalisation d'une Mémoire de projet. Cette mémoire permettra d'assurer la bonne exploitation des connaissances existantes au niveau du bureau et d'améliorer la qualité du travail des employés. En fait cette dernière rencontre une grande difficulté dans la rapidité pour la prise des décisions et qui est due à l'absence de l'information utile au bon moment.

Et pour se faire nous avons organisé le travail en 6 chapitres essentiels:

- **Chapitre I :** consiste en la représentation de l'organisme d'accueil (SARL ATRIUM), a fin de pouvoir cerner la problématique qui est posée a son niveau, et fixer des solutions permettant de la résoudre.
- **Chapitre II :** est consacré à la définition de quelques notions théoriques concernant le knowledge Management, les mémoires de projet, le raisonnement à base de cas, la similitude.
- **Chapitre III :** cette partie est réservée à la méthode de maintenance de la base des cas en présentant la procédure de restructuration de la base des cas et de son incrémentation.
- **Chapitre IV :** cette partie est réservée à la définition du système de RàPC (raisonnement a partir de cas) pour l'estimation des coûts en définissant la

structure d'un cas représentant une construction donnée, ainsi que la table de pondération des attributs.

- **Chapitre V :** il consiste en la présentation de la démarche de développement. Cette partie est dédiée à l'établissement des différents diagrammes permettant de modéliser en détail l'architecture de notre futur système à réaliser, en utilisant le langage UML et en respectant les étapes du processus RUP.
  
- **Chapitre VI :** consiste en l'implémentation de l'application.



**Chapitre I :**

**P**résentation de l'organisme d'accueil

## **Chapitre I :**

### **Présentation de l'organisme d'accueil**

#### **Introduction :**

Cette étape permet de se lancer dans le projet, d'élaborer globalement les différentes solutions et d'en évaluer les différentes conséquences. Elle portera sur un sous-ensemble représentatif du domaine étudié. Elle consiste à interviewer les responsables et les postes de travail pour mieux cerner les objectifs et le fonctionnement du domaine, et de bien identifier la problématique existante.

#### **1. Présentation de SARL ATRIUM :**

**SARL ATRIUM** est une société Algérienne à responsabilité limitée au capital social de 100 000.00 DA, créée en avril 1996. Elle a subi deux fois la modification de son statut : La première en 2002, et La deuxième en 2006.

Elle est composée de cinq (05) associés dont un (1) gérant et un (1) cogérant. Elle a plusieurs immobiliers en local de 53 m<sup>2</sup>, Elle emploie en 2010, 09 employés permanents et 07 consultants.

Plusieurs missions sont attribuées à SARL ATRIUM, tel que l'étude technique et architecturale, établissement du cahier de charge, expertise technique, suivi de projet de construction...etc. Et l'unes des tâches effectuées au niveau du bureau et qui concerne notre projet de fin d'études sont :

1. Etablissement du devis estimatif et quantitatif des constructions.
2. Etablissement du bordereau descriptif de la construction.

## 2. Présentation du Sujet :

Le bureau d'étude qui nous a accueillis gère comme beaucoup d'autres bureaux d'étude de bâtiment un ensemble de données volumineux et variées qui nécessite la mise en œuvre d'un système évolué qui offre une manipulation fréquente et organisées de toutes ces informations et connaissances.

## 3. Problématique :

L'estimation du coût d'une construction exige des compétences, du savoir, des connaissances et des informations bien détaillées sur le projet à réaliser. Cette estimation est faite par les employés sur la base de leurs expériences personnelles cumulées au fil des ans.

Mais cette façon de faire n'est ni mémorisée, ni sauvegardée dans des documents. De ce fait, les responsables ont mesuré la problématique de notre travail comme suit :

- Une perte financière très élevée qui est due à l'absence d'une idée approximative du projet à réaliser.
  
- Le départ d'un employé expérimenté oblige le responsable à faire apprendre à un nouvel employé la méthode de travail ce qu'il engendre une perte de temps pour le responsable.

## 4. Objectifs :

Notre objectif est la Conception d'un système intelligent en utilisant le raisonnement à base des cas pour **l'estimation des coûts des constructions**, ce système doit permettre :

- Estimer les coûts des constructions.
- Identifier et capitaliser les connaissances tout au long du cycle de développement d'un projet.
- Améliorer le processus d'estimation des coûts des constructions.
- Stocker les connaissances dans la base des cas afin de les réutiliser pour résoudre des cas similaires en faisant référence à un système de RàPC.
- Maintenir la cohérence et l'optimalité de la base des cas en mettant en œuvre une stratégie claire et efficace pour la conception de notre système et son adaptation aux changements qui peuvent survenir au fil du temps.

En résumé ce travail vise à:

Réaliser une *mémoire de projet à base des cas* afin de garder une trace des coûts des constructions, et pouvoir estimer le coût de nouveaux projets en se basant sur les projets précédents.

## **5. Justification des choix :**

### **5.1 Justification de l'utilisation de la Mémoire de Projet :**

Notre travail consiste en la conception d'une mémoire de projet, ce choix a été fixé en fonction des besoins du bureau qui nécessite la sauvegarde de la trace des projets de construction déjà réalisés afin de pouvoir les exploiter pour calculer le coût approximatif (estimatif) des nouveaux projets.

La mémoire de projet répond à tous ces besoins tout en offrant la possibilité de définir le projet, ses activités, son historique et ses résultats... etc.

### **5.2 Justification de l'utilisation du Raisonnement à base des cas :**

Vu que les fiches d'évaluation des projets existent au niveau de notre organisme d'accueil, nous choisissons la base des cas pour la représentation de la mémoire de projet.

Ce choix permettra donc :

- D'éviter la difficulté d'acquisition et de modélisation des connaissances qui peuvent exister en se basant sur l'acquisition des cas.
- Offre une souplesse de mise à jour en cas de changement ou d'intégration de nouveaux cas.

### **5.3 Justification de l'utilisation de l'algorithme des K plus proches voisins :**

Notre choix d'utilisation de l'algorithme des K plus proches voisins revient aux avantages qu'il possède dans :

- La simplicité de son principe.
- La facilité d'implémentation.
- Sa grande réputation dans le domaine d'Intelligence Artificielle.

**Conclusion :**

L'étude de notre organisme d'accueil a donné plus de détails sur le fonctionnement du bureau ce qui nous a permis de bien cerner la problématique et de bien fixer les solutions qui consistent en l'implémentation de la mémoire de projet représentée par une base des cas.

Ces notions vont être mieux expliquées dans le chapitre suivant « Notions Théoriques ».

**Chapitre II :**

# **N**otions Théoriques

## **Chapitre II : Notions Théoriques**

### **Introduction :**

L'objet de ce présent chapitre est de traiter des notions de base du Knowledge Management (KM). Nous essayerons d'explicitier les principales notions connexes au KM pour une meilleure compréhension des enjeux des démarches de gestion des connaissances.

Nous aborderons l'objet du KM qui s'avérera être difficile à circonscrire. Ensuite les différentes notions relatives à la pratique du KM telles que les mémoires de projet, seront abordées.

Nous présenterons ainsi la technique du raisonnement à base des cas en donnant un descriptif de la structure détaillée d'un cas, nous définirons aussi l'algorithme des K-ppv utilisé pour le calcul de la similitude.

Les différentes notions de ce chapitre vont participer dans la conception de notre système d'estimation des coûts.



## 1. La gestion de connaissances :

La **gestion des connaissances** (en anglais *Knowledge Management*) est l'ensemble des initiatives, des méthodes et des techniques permettant de percevoir, d'identifier, d'analyser, d'organiser, de mémoriser, et de partager des connaissances entre les membres des organisations, en particulier les savoirs créés par l'entreprise elle-même (ex : marketing, recherche et développement) ou acquis de l'extérieur (ex : intelligence économique) en vue d'atteindre les objectifs fixés.

Les acteurs de l'organisation ne doivent pas se limiter à la consommation d'informations brutes. Ils doivent veiller aux usages des informations, ce qui signifie interprétation, structuration, capitalisation, et partage des connaissances.

*La gestion des connaissances a émergé dans les années 1980 à la suite de plusieurs constats : [1]*

- ✓ La taille et la complexité des organisations ne facilitent pas l'identification des experts et autres détenteurs du savoir.
- ✓ L'évolution de l'entreprise dans son environnement et ses nouveaux enjeux externes contraignent celle-ci à être beaucoup plus performante que par le passé, à mutualiser et capitaliser les expériences pour ne pas « réinventer la roue » lors de chaque nouveau projet.
- ✓ les connaissances cruciales de l'entreprise ne résident pas essentiellement dans les systèmes d'information automatisés qui exploitent les informations structurées et les règles de gestion explicites associées. Les connaissances cruciales sont de plus en plus tacites.
- ✓ La perte des compétences liée aux départs des experts.

- ✓ La prise de conscience que les organisations sont entrées dans une phase de surinformation : la valeur du capital immatériel de l'entreprise représente aussi bien la connaissance sur leurs clients que les savoir-faire et les compétences de leurs employés.

### 1.1 Définition du Knowledge Management (KM) :

Plusieurs définitions sont données au Knowledge Management :

« La gestion des connaissances est une approche systématique et organisée pour améliorer la capacité de l'organisation à mobiliser la connaissance afin d'améliorer la performance », [2].

Le Knowledge Management peut être défini comme suit :

« Management des activités et des processus destinés à amplifier l'utilisation et la création des connaissances au sein d'une organisation selon deux finalités complémentaires fortement intriquées : une finalité patrimoniale et une finalité d'innovation durable; finalités sous-tendues par leurs dimensions économiques et stratégiques, organisationnelles, socioculturelles et technologiques» <sup>[1]</sup>.

D'une manière générale, la gestion des connaissances peut être définie comme un ensemble de dispositif, procédures et outils technologiques, organisationnels et comportementaux, destinés à faciliter la création et l'échange de connaissances entre individus et groupes à l'intérieur et à l'extérieur de l'organisation.

---

<sup>1</sup> Définition partagée par les membres du Comité de pilotage de l'action « Capitalisation des Connaissances et Redéploiement des Compétences » de l'association ECRIN ([www.ecrin.asso.fr](http://www.ecrin.asso.fr), son objectif est de créer et de faciliter le rapprochement Recherche- Entreprise pour le développement et l'innovation).

**Le KM : un ensemble de processus :**

Le KM est un ensemble de processus : [3]

- un processus de création qui doit permettre à l'entreprise de créer et de maintenir le niveau de création de connaissance de ces membres.
- un processus d'organisation qui doit recueillir et organiser les connaissances des différents individus entre elles.
- un processus de stockage pour ne pas perdre les connaissances acquises.
- un processus de distribution qui doit fournir aux individus les bonnes connaissances quand ils en ont besoin.

**1.2 Le but du KM :**

Le KM doit répondre à deux problèmes : [1]

- la gestion des connaissances présentées dans l'entreprise.
- la gestion de la création de nouvelles connaissances.

**1.3 Types de Connaissances :**

Ikujiro Nonaka et Hirotaka Takeuchi, deux auteurs japonais, distinguent deux types de connaissances, les connaissances explicites et les connaissances tacites : [4]

➤ **Connaissances explicites :**

« Les connaissances explicites se résument à ce qui est chiffrable, intelligible, directement compréhensible et exprimable par chaque individu dans l'organisation ».

Les connaissances explicites sont donc transmissibles dans un langage formel, elles sont capturées dans les bibliothèques, des archives et des bases de données.

➤ **Connaissances tacites :**

« Les connaissances tacites, communément appelées savoir-faire, sont propres à chaque individu; elles sont constituées, d'une part, de son expertise technique informelle et, d'autre part, de ses croyances et aspirations personnelles considérées par les auteurs comme une forme particulière des connaissances ».

Les connaissances tacites ont donc un aspect personnel qui les rend difficiles à formaliser et à communiquer, elles comportent, d'une part, un volet cognitif, à savoir les modèles mentaux que les humains se forment sur le monde et, d'autre part, un volet technique, à savoir le savoir-faire concret, des habiletés s'appliquant dans des contextes spécifiques.

### 1.4 Modes de conversion des connaissances :

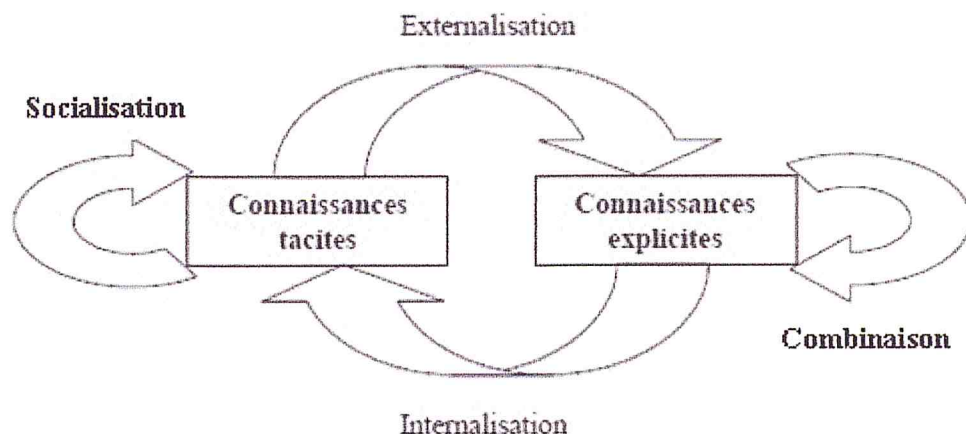
Compte tenu de cette double nature des connaissances, Ikujiro Nonaka et Hirotaka Takeuchi décrivent notamment quatre modes de conversion de la connaissance au sein d'une organisation (Voire la figure 1) : [4]

✓ **Du Tacite au Tacite**, c'est la socialisation (socialization) où les connaissances tacites des uns (notamment celui du maître) sont transmises directement aux autres (notamment à l'apprenti) sous forme de connaissances tacites, par l'observation, l'imitation et la pratique.

✓ *Du Tacite à l'Explicite*, c'est l'extériorisation (externalization), ou l'externalisation, où l'individu essaie d'expliquer son art et de convertir son expérience en connaissances explicites.

✓ *De l'Explicite à l'Explicite*, c'est la combinaison (combination) où l'individu combine divers éléments de connaissances explicites pour constituer de nouvelles connaissances, explicites elles aussi.

✓ *De l'Explicite au Tacite*, c'est l'intériorisation (internalization), ou l'internalisation, où, peu à peu, les connaissances explicites diffusées dans l'organisation sont assimilées par le personnel. Ces nouvelles connaissances viennent compléter la somme des connaissances dont dispose l'individu. Elles sont intériorisées et deviennent partie intégrante de chacun. Les connaissances explicites deviennent tacites.



**Figure 1: Modes de conversion des connaissances**

La capitalisation des connaissances dans une organisation a pour objectifs de favoriser la croissance, la transmission et la conservation des connaissances dans cette organisation. Elle nécessite la gestion des ressources de connaissances de l'entreprise afin de faciliter leur accès et leur réutilisation. D'où la nécessité de créer les *mémoires de projet*.

## 2. Mémoire de projet :

La concurrence actuelle sur le marché amène les concepteurs à tenter d'augmenter la qualité des produits à des coûts toujours plus faibles [5].

L'avènement des technologies de l'information ouvre de nouvelles perspectives de partage d'informations et d'expériences entre les différents acteurs de l'entreprise [6]. Dont le savoir-faire de l'entreprise est un capital très important. La perte de ce type de connaissances a poussé les entreprises à chercher un moyen de capitalisation des expériences antérieures en vue d'une réutilisation ultérieure.

Les caractéristiques d'un projet sont en général définies dans les fournitures (documents de spécification, cahiers des charges, documents techniques,...) [7] produites à chaque étape de son développement. Les problèmes rencontrés lors de la réalisation d'un projet ainsi que leurs solutions sont aussi importante à mémoriser que les caractéristiques d'un projet et son organisation, cela conduit à la notion de *mémoire de projet*.

### 2.1 Définition d'un projet :

L'AFNOR (Association Française de NORmalisation) définit un projet comme « une démarche spécifique qui permet de structurer méthodiquement et progressivement une réalité à venir » et ajoute "un projet est défini est 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 peut être défini aussi comme un ensemble d'activités qui sont prises en charge, dans un délai donné et dans les limites de ressources imparties, par des personnes qui y sont affectées dans le but d'atteindre des objectifs définis.

Un projet est donc un ensemble fini comportant un début et une fin, une aventure mêlant des expériences positives et négatives.

## 2.2 Définition de la mémoire de projet :

Nous définissons une mémoire de projet comme une mémoire des connaissances et des informations acquises et produites au cours de la réalisation des projets.

Notre définition rejoint celles données dans la littérature comme :

"Lessons and experiences from given projects" [8].

"Project definition activities, history and results" [9].

Nous nous focalisons dans ce rapport sur la mémoire de projet dans le domaine de la conception.

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, ce qui permet de dire que la mémoire de projet représente une base des cas où ses informations peuvent être extraites de diverses sources dans l'entreprise.

## 2.3 Sources de connaissances pour la mémoire de projet :

Il existe diverses sources de connaissances tel que :

### ➤ Documents textuels :

Les descriptions textuelles des éléments du projet (objectifs, besoins et résultats) forment une importante source de connaissances pour l'entreprise.

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

➤ **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.

➤ **Eléments physiques :**

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

➤ **Réunions et discussions :**

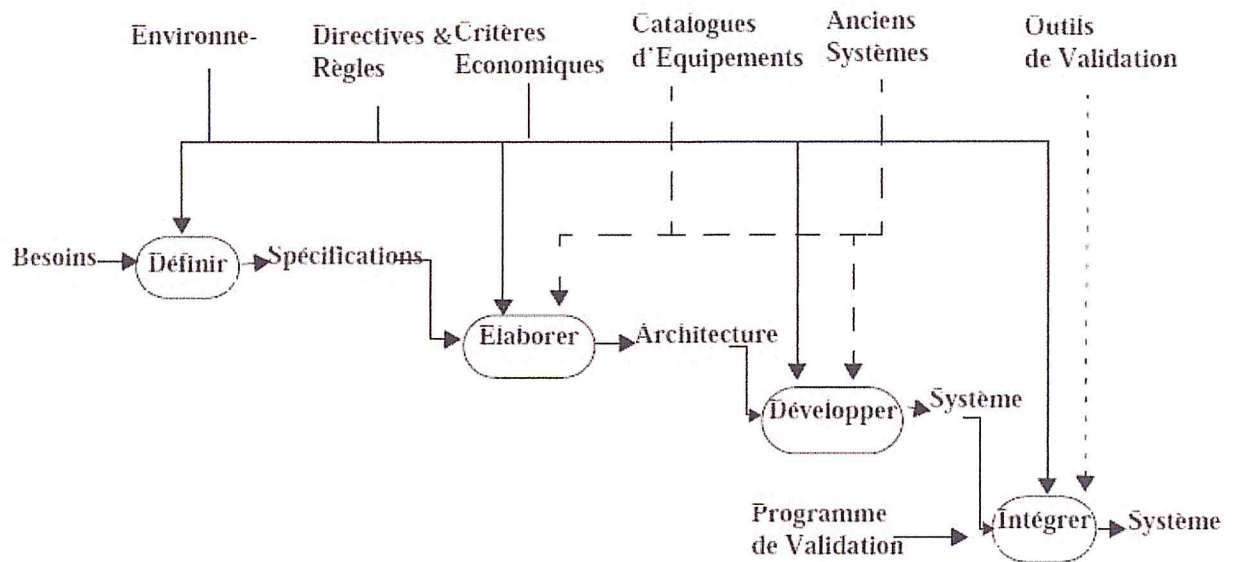
Les réunions et discussions qui se tiennent au cours de la réalisation d'un projet permettent d'évaluer les résultats obtenus à chaque étape, de préparer la progression du projet et de résoudre les problèmes rencontrés. Il est aussi utile de capitaliser les alternatives de solutions proposées par les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

### 2.4 Etapes de conception d'une mémoire de projet :

Nous pouvons noter quatre principales étapes de conception de mémoire de projet [10] qui sont :

- Définition des spécifications
- Elaboration d'un modèle
- Développement du système
- Intégration du système dans son environnement.





*Figure 2 : Modèle de la tâche de conception.*

### ➤ Définition des spécifications de conception :

L'objectif principal de cette tâche est de définir les spécifications du système. Cette tâche peut être décomposée en trois tâches principales:

1. clarification des besoins des utilisateurs pour définir des fonctionnalités requises du système.
2. définition des exigences à respecter lors de la conception du système.
3. évaluation des exigences définies par rapport aux fonctionnalités requises.

### ➤ Elaboration d'une architecture :

La définition d'une architecture qui respecte les exigences définies consiste principalement en : une explicitation des spécifications, une définition d'une architecture et enfin une évaluation de cette architecture par rapport aux exigences données.

➤ **Développement du système :**

Cette tâche consiste à concevoir un système respectant l'architecture définie.  
Elle peut être décomposée en :

- Une spécification des équipements,
- Une conception du système
- Une validation du système conçu.

➤ **Intégration du système :**

L'intégration du système consiste principalement à :

- Spécifier l'installation du système.
- Intégrer le système dans l'environnement.
- Valider son intégration en utilisant des outils et des programmes de validation.

### 3. Raisonnement à base de cas :

Reproduire le raisonnement humain est une préoccupation majeure en Intelligence Artificielle (IA). Avec l'accroissement de la puissance de calcul et de la mémoire des machines modernes, il est devenu clair que ces ressources seules ne suffiraient pas pour conférer l'intelligence à cet assemblage de puces électroniques, l'IA a proposé plusieurs approches de raisonnement pour la résolution de problèmes, le raisonnement à base de cas (RBC, *en anglais : Case-Based Reasoning CBR*) figure parmi ces approches.

Dans ce chapitre, nous allons montrer l'utilité et le fonctionnement général des systèmes de raisonnement basé sur les cas tout en introduisant les différentes composantes d'un système RBC, le cycle RBC, domaines d'applications du RBC et les différentes caractéristiques d'un cas.

#### 3.1 Types de raisonnement :

L'un des objectifs principaux d'IA est de reproduire le raisonnement humain. Pour réaliser cet objectif, plusieurs modes de raisonnement sont proposés, on peut distinguer :

- **Le raisonnement déductif** : qui déduit les nouvelles connaissances à partir de celles déjà acquises.
- **Le raisonnement inductif** : qui génère une idée à partir des observations effectuées.
- **Le raisonnement par analogie**: qui interprète une nouvelle situation par comparaison avec une situation voisine.
- **Le raisonnement à base de cas** : RàPC est dérivé de raisonnement par analogie, Il consiste à raisonner à partir des problèmes déjà résolus pour résoudre de nouveaux problèmes.

### 3.2 Définitions RBC :

Le RÀPC trouve ses origines dans les travaux sur la mémoire dynamique de Schank [11] qui s'intéressaient particulièrement au rôle joué par la remémoration d'expériences passées dans les processus d'apprentissage et de résolution de problèmes.

« Le raisonnement à base de cas résout de nouveaux problèmes par adaptation des solutions qui ont été utilisées pour résoudre des anciens problèmes ». [11]

Autrement dit que :

Le raisonnement à partir de cas est un paradigme de résolution de problèmes qui cherche à résoudre un problème cible en s'appuyant sur une base des cas anciennement résolus.

Il peut être modélisé par un cycle constitué de *cinq étapes - élaboration, remémoration, adaptation, révision et apprentissage* - gravitant autour d'une base de connaissances du domaine d'application. Chacune des étapes du cycle mobilise ces connaissances pour supporter la recherche de la solution du problème cible.

D'une manière générale, le raisonnement à base de cas est une approche de résolution des problèmes basé sur la réutilisation des solutions des problèmes passés pour résoudre des nouveaux problèmes analogues.

### 3.3 Composantes d'un système à base de cas :

Un système RàPC 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 présenté ci-dessous. On y note comme principaux processus la recherche « retrieval », l'adaptation « reuse », la maintenance « retain » et l'authoring et

comme structures de connaissances le vocabulaire d'indexation, la base de cas, les métriques de similarité et les connaissances d'adaptation. [12],

Ce modèle générique met en évidence l'aspect « connaissances ». Il est découpé en deux parties : on-line et off-line. [12]

- La partie *on-line* comporte les phases du cycle de RàPC.
- La partie *off-line* implique les ressources utilisées et la phase d'acquisition et représentation des connaissances ainsi que des *containers de connaissances*.

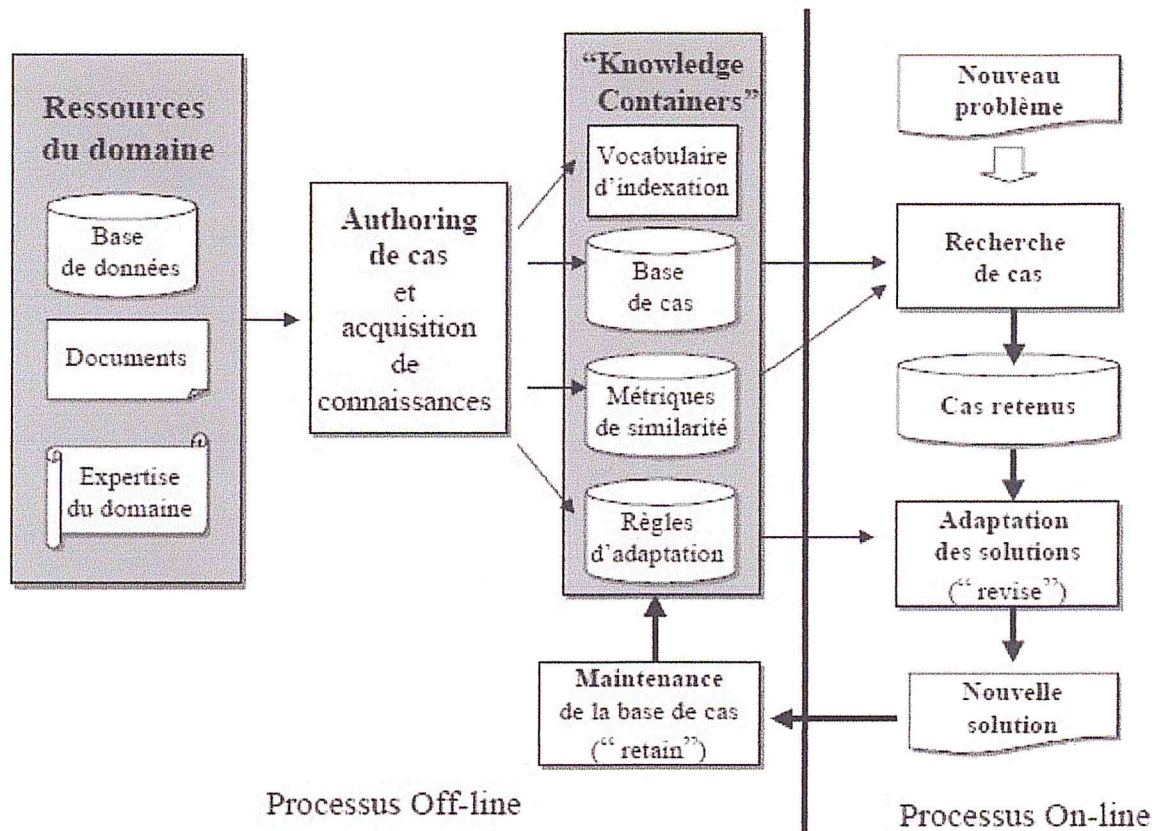


Figure 3 : Modèle générique d'un système CBR

### *Processus :*

#### ➤ *La recherche:*

Cette phase permet de déterminer les cas de la base qui sont les plus similaires au problème à résoudre. La procédure de recherche est habituellement implantée par une sélection des plus proches voisins « k-nearest-neighbors » ou par la construction d'une structure de partitionnement obtenue par induction. L'approche des plus proches voisins utilise des métriques de similarité pour mesurer la correspondance entre chaque cas et le nouveau problème à résoudre. L'approche par induction génère un arbre qui répartit les cas selon différents attributs et qui permet de guider le processus de recherche.

#### ➤ *L'adaptation :*

Suite à la sélection de cas lors de la phase de recherche, le système RBC aide l'utilisateur à modifier et à réutiliser les solutions de ces cas pour résoudre son problème courant. En général, on retrouve deux approches pour l'adaptation de cas :

- ✚ Par *l'adaptation structurelle*, on obtient une nouvelle solution en modifiant des solutions antérieures et en les réorientant afin de satisfaire le nouveau problème.
- ✚ Par *l'adaptation dérivationnelle*, on garde, pour chaque cas passé, une trace des étapes qui ont permis de générer la solution.

Pour un nouveau problème, une nouvelle solution est générée en appliquant l'une de ces suites d'étapes. Peu de systèmes RàPC font de l'adaptation complètement automatique. Pour la plupart des systèmes, une intervention humaine est nécessaire pour générer partiellement ou complètement une solution à partir d'exemples. Le degré d'intervention humaine dépend des bénéfices en termes de qualité de solution que peut apporter l'automatisation de la phase d'adaptation.

➤ **Maintenance :**

Durant le cycle de vie d'un système RàPC, les concepteurs doivent préconiser certaines stratégies pour intégrer de nouvelles solutions dans la base de cas et pour modifier les structures du système RBC pour en optimiser les performances. Une stratégie simple est d'insérer tout nouveau cas dans la base. Mais d'autres stratégies visent à apporter des modifications à la structuration de la base de cas (e.g. indexation) pour en faciliter l'exploitation. On peut également altérer les cas en modifiant leurs attributs et leur importance relative. Cet aspect de recherche est actuellement l'un des plus actifs dans le domaine du RàPC.

➤ **Authoring :**

Ce processus, en amont des activités de résolution de problèmes du système RàPC, supporte la construction initiale de la base de cas et des autres connaissances du système à partir de différentes ressources tels des documents, bases de données ou transcriptions d'interviews avec des praticiens du domaine. Ce processus, souvent effectué manuellement par le concepteur du système, se prête moins bien à l'automatisation car il nécessite une connaissance du cadre applicatif pour guider, entre autre, la sélection du vocabulaire d'indexation et la définition des métriques de similarités.

### **Connaissances :**

Les différentes connaissances utilisées par un système RàPC sont regroupées en quatre catégories :

- **vocabulaire d'indexation:** un ensemble d'attributs qui caractérisent la description de problèmes et de 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:** des fonctions pour évaluer la similarité entre deux ou plusieurs cas. Ces mesures sont définies en fonction des index et sont utilisées pour la recherche dans la base de cas.
- **connaissances d'adaptation:** des heuristiques du domaine, habituellement sous forme de règles, permettant de modifier les solutions et d'évaluer leur applicabilité à de nouvelles situations.

### 3.4 Cycle de raisonnement à base de cas :

Le RàPC peut être composé de trois, quatre ou cinq phases. Fuchs B, Lieber J, Mille A. et Napoli déterminent trois phases à savoir la remémoration, l'adaptation et la mémorisation [13]. Les premiers auteurs à avoir décrit le cycle du RàPC sont Aamodt A. et Plaza E. et le composent en quatre phases : la remémoration (ou recherche du cas similaire), l'adaptation (ou la réutilisation du cas retrouvé), la validation (ou la révision du cas sélectionné) et la mémorisation (ou l'apprentissage) [14]. Quant Mille A., ajoute une phase préliminaire d'élaboration au début du cycle. [15]. La Figure suivante montre le cycle de RàPC avec ces cinq phases.

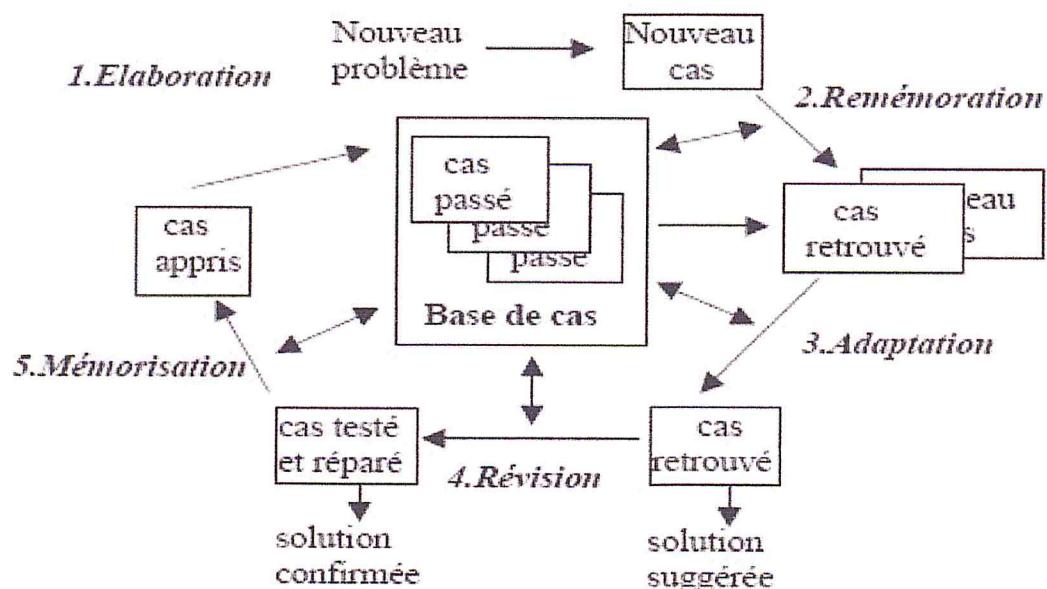


Figure 4 : Cycle de raisonnement à base de cas



- **La phase d'élaboration :** dans laquelle le cas cible est construit en complétant ou filtrant la description d'un problème à partir d'une description éventuellement incomplète.
- **La phase de remémoration :** des cas sources à partir de la base de cas en recherchant des correspondances entre descripteurs des cas sources et du cas à résoudre (cible).
- **La phase d'adaptation :** consiste à construire une solution au problème du cas cible inspirée de la solution du (des) cas source(s) le(s) plus similaire(s).
- **La phase de révision :** de la solution proposée en cas d'une éventuelle solution insatisfaisante, alors il serait possible de la corriger. Dans ce cas, la solution est évaluée dans le monde réel en s'appuyant soit sur l'utilisateur, un expert humain, les connaissances du domaine ou sur un processus automatique.
- **La phase de mémorisation :** consiste à stocker un nouveau cas résolu dans la base de cas si ce stockage est jugé opportun afin d'enrichir la mémoire du système.

*La Figure 4.* Présente bien les principales étapes dans le processus d'un système de raisonnement par cas. De ces étapes se dégagent trois problèmes majeurs :

- ❖ La représentation de la structure des cas.
- ❖ L'organisation des cas dans la mémoire.
- ❖ La création de la fonction d'adaptation.

### 3.5 Définition d'un Cas :

Un cas est une expérience représentée par une connaissance. Cette expérience constitue une leçon permettant au système de RàPC de résoudre des problèmes de différentes natures. Selon le domaine d'application et les objectifs à atteindre, les informations contenues dans le cas varient. Fuchs [2006] définit le cas comme étant la description informatique d'un épisode de résolution de problème. [16]

### 3.6 Structure d'un cas :

Un cas doit être décrit par les points suivants : [16]

- **Problème :**

Le problème peut être décrit par :

- Les objectifs, et ses contraintes, à atteindre lors de la résolution de ce problème.
- Les différents attributs décrivant le problème.

- **Solution :**

Les étapes de résolution suffiraient pour la description de la solution.

- **Résultat :**

Le résultat de la résolution contiendra succès ou échec, on doit montrer la manière d'éviter le cas d'échec.

### 3.7 Indexation des cas dans la mémoire :

L'organisation des cas dans la mémoire doit posséder certaines qualités. Tout d'abord il est nécessaire que l'ajout assure l'accessibilité aux anciens cas. La recherche de cas similaires doit conserver une complexité constante au fur et à mesure que la base de cas se remplit. Et quand un système de RBC n'étant intéressant qu'avec une base importante de cas, il faut évidemment envisager une solution permettant de retrouver rapidement les cas similaires.

Dans la littérature, deux catégories d'organisation des cas dans la mémoire sont distinguées [17] :

#### 3.7.1 La mémoire plate :

C'est la structure la plus simple à imaginer, tous les cas sont mémorisés dans une liste ou fichier. Deux avantages majeurs de cette structure sont : la simplicité de la recherche d'un cas (tous les cas sont visités), et dans la phase d'apprentissage il suffit d'ajouter le nouveau cas à la fin de la liste.

L'inconvénient majeur de cette structure est que le temps de réponse dans une recherche d'un cas incrémente d'une façon linéaire avec le nombre de cas.

#### 3.7.2 La mémoire hiérarchique :

Quand la mémoire des cas est large, il y a nécessité d'organiser les cas hiérarchiquement. Ceci permet de simplifier la recherche. 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 recherche à partir d'une telle structure garantit une recherche 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 recherche.

Néanmoins, cette structure présente certain nombre d'inconvénients [17]:

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

## 4. La similitude :

Le RàPC utilise dans sa phase de remémoration un algorithme de calcul de mesure de similarité afin de résoudre un problème donné pour décider l'adaptation de la solution des cas les plus similaires au nouveau problème. Nous définissons dans cette partie l'algorithme des K plus proches voisins.

### 4.1 Définition des mesures de similarité :

Dans la littérature, la plupart des méthodes présentées sont des méthodes de calcul de similarité. Cependant, des méthodes de calcul de distances sont également proposées.

Une distance mesure l'écart existant entre deux cas. Ainsi, lorsque le résultat d'une distance vaut 0, les deux cas comparés sont, en tous points, identiques.

En revanche, la similarité mesure la ressemblance entre deux cas. Ainsi, plus la valeur de similarité est grande, plus les cas sont identiques. [18]

Deux types de similarité existants :

1. *Similarité numérique*, utilisée par plusieurs types de données (tous ce qui est quantité), facile à calculer la similarité même si les informations traitées sont complexes.

Exemple:   attribut1 = Largeur\_construction  
              attribut2 = Longueur\_construction

2. *Similarité symbolique*, fournir à l'utilisateur des résultats explicites, puisque les similitudes sont caractérisées dans un langage proche de celui qui est utilisé pour exprimer les données initiales.

Exemple :   attribut1 = Type\_construction

## 4.2 K Plus Proche Voisin :

L'algorithme des k-plus-proches-voisins est l'un des algorithmes les plus simples d'apprentissage automatique supervisé. En supposant qu'une base d'apprentissage correctement étiquetée soit à disposition, cette méthode permet d'obtenir de très bons résultats de similarité et de classification. [18]

L'algorithme des K plus proches voisins permet de sélectionner un cas **Y** ou **Z** contenus dans la base et qui a la plus grande mesure de similitude par rapport au nouvel cas **X**, cette sélection est effectuée en exécutant les étapes suivantes :

1. Affecter des poids aux attributs en fonction de leurs importances (cette étape nécessite un expert du domaine).
2. Calculer la mesure de similarité entre le nouvel cas **X** et tous les cas (**Y**, **Z**...) contenus dans la base en utilisant la fonction suivante :

$$\mathbf{sim}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = [\sum_{i=1}^n \mathbf{w}_i \mathbf{sim}(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i)] / \sum_{i=1}^n \mathbf{w}_i$$

**sim (x, y)** : reflète la similitude entre le cas **X** et le cas **Y**.

**w<sub>i</sub>** : reflète le poids de chaque attribut.

**sim(x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>)** : reflète la similitude entre la valeur de l'*i* ème attribut dans le cas **X** avec la valeur de l'*i* ème attribut dans le cas **Y**.

**n** : reflète le nombre des attributs, et donc le nombre des poids.

3. Sélectionner les **K** cas les plus proches en fonction de leurs mesures de similarité calculée.

**Remarque :**

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

$$\text{Sim} (x_i, y_i) = 1 - [(|x_i - y_i|) / (|x_i| + |y_i|)]$$

***Exemple :***

Soient :  $x_i = 4$  et  $y_i = 6$  alors  $\text{Sim} (x_i, y_i) = 0.8$

Pour les attributs symboliques :

- Pour les valeurs nominales Les mesures peuvent être calculées en utilisant l'équation suivante :

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

***Exemple :***

Soit un ensemble de valeurs  $V = \{\text{Rouge, Vert, Bleu, Noire, Jaune}\}$

Et soient  $x$  et  $y$  deux valeurs spécifiques, avec  $x_i = \text{Rouge}$  et  $y_i = \text{Bleu}$

La mesure de similarité est :  $\text{Sim} (x_i, y_i) = 0$

- Pour les valeurs ordinales, ordonnées selon une échelle, les mesures peuvent être calculées en utilisant l'équation suivante :

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

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

$d$  : représente le nombre de valeurs séparant les valeurs  $x$  et  $y + 1$ .

**Exemple :**

Soit 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  
 $b = \text{Haut}$  alors :

La mesure de similarité entre  $a$  et  $b$  donne :

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

### 4.3 Avantages et inconvénients du K-ppv:

➤ **Avantages: [18]**

L'algorithme des K plus proches voisins présente les avantages suivants:

- ✓ Algorithme standard.
- ✓ Facile à comprendre son principe
- ✓ Simple à implémenter.
- ✓ Très utilisé en Intelligence Artificielle

➤ **Inconvénients: [18]**

L'inconvénient majeur que le K plus proche voisin présente est le suivant:

- ➡ Plus que les bases de données sont grandes plus que :  
Temps d'exécution de l'algorithme K-ppv et plus long.



## **Conclusion :**

A ce niveau nous avons présenté les notions théoriques des différentes méthodes qu'on va adopter pour la réalisation de notre système.

Nous présentons dans les chapitres suivants notre mémoire de projet qui est représentée par une base des cas.

Cette base des cas nécessite la mise en œuvre d'une stratégie robuste pour sa mise en œuvre. Nous présentons dans le chapitre suivant la méthode de maintenance de la base des cas.

**Chapitre III :**

**M**ise en Œuvre d'une méthode de  
**Maintenance de la base des cas**

## Chapitre III :

### Mise en Œuvre d'une méthode de Maintenance de la base des cas

#### Introduction :

Plusieurs travaux sont réalisés pour évoluer les systèmes de RàPC et les maintenir dans un état opérationnel et optimal.

Nous consacrons notre étude dans ce chapitre sur la présentation de la méthode de maintenance de la base des cas, dont l'optimalité de la base des cas devient notre sujet central qui a comme objectif de garantir la qualité du système qui dépend de plusieurs critères (compétence, performance,... etc.).

Nous abordons dans ce qui suit le principe de la stratégie d'optimisation de la base des cas en utilisant des algorithmes inspirés de la logique qui est mise en œuvre par Haouchine en 2009 et qui consiste le calcul de la mesure de compétence basée sur la valeur de recouvrement et d'atteignabilité pour le bon fonctionnement de la procédure d' **incrémentation** de la base lors de l'intégration des nouveaux cas ainsi que la procédure de **restructuration** de la base après une opération de modifications des cas enregistrés dans la base des cas afin de préserver sa bonne qualité et optimalité.

## 1. Mise en Œuvre de la méthode de maintenance :

La phase de maintenance de la base de cas est une étape importante pour son bon fonctionnement tout au long du cycle de vie du système d'estimation par RàPC. En effet, la base de cas s'enrichit au fur et à mesure par l'ajout successif de cas par l'expert du domaine, ce qui amène d'une part, à une explosion du nombre de cas dans la base et d'autre part, à avoir des solutions qui peuvent être contradictoires [16]

En effet, l'explosion du nombre de cas se répercute sur le temps de réponse du système dans sa phase de recherche et d'adaptation. De plus, si nous introduisons n'importe quel cas dans cette base de cas nous pouvons obtenir des mauvaises solutions données au problème rencontré d'où la nécessité de la mise en œuvre d'une procédure *d'incrémentation* qui permet un élargissement contrôlé et bien vérifié de la base lors de l'intégration des nouveaux cas dans la base.

En outre, la base des cas doit garder son optimalité devant les modifications qui peuvent être effectuées sur les cas constituant la base, d'où le besoin de la mise en œuvre d'une procédure de *restructuration* pour préserver sa cohérence.

Nous détaillons dans ce qui suit la méthode de maintenance de la base des cas tout en commençant par la présentation de la procédure d'incrémentation de la base.

## 2. Incrémentation de la base des cas :

Vu que l'enrichissement de la base des cas est fait par l'expert, ce qui implique une intégration manuelle de nouveaux cas dans la base. De ce fait la maintenance de la base des cas n'est efficace que si elle est remise à jour selon une fréquence prédéfinie. Cette mise à jour devient indispensable pour garantir l'optimalité de la base.

Pour cela nous exploitons une méthode d'incrémentation pour la phase d'apprentissage inspirée depuis les travaux de Haouchine, 2009. Dont il a travaillé sur une base historique des pannes pour générer une base des cas optimale on appliquant

un algorithme permettant la catégorisation des cas en fonction de la valeur de recouvrement et d'atteignabilité plus la mesure de compétence en suite la sélection des cas pivot qui sont considérés les plus importants pour la construction de la base [16]. Mais comme notre organisme d'accueil ne dispose pas d'une base historique des projets réalisés nous allons adapter sa logique (algorithme) on fonction de nos besoins et de notre problème qui consiste à travailler directement sur la base des cas sans faire recoure à une base historique.

Et pour se faire la base des cas ne doit accepter que les cas pivots. La stratégie d'incrémentation est définie par l'algorithme qui permet d'attribuer à un cas de la base une valeur de recouvrement « Vr » et d'atteignabilité « Va », ainsi qu'une mesure de compétence « MC » calculée comme suit : [16]

$$MesureCompétence(c) = \frac{Vr(c)}{Va(c)}$$

Où :

Vr(c) = cardinal de l'ensemble de cas cibles associé au cas source c.

Va(c) = cardinal de l'ensemble de cas sources associé au cas cible c.

Une base de cas optimale est celle qui a pour valeur de Compétence Globale(BC)=1.  
[16]

$$CompétenceGlobale(BC) = \frac{\sum_{i=1}^n MC(c_i)}{n}$$

**Les valeurs de recouvrement (Vr) et d'atteignabilité (Va) se calculent selon les deux algorithmes suivants :**

## 2.1 L'algorithme de calcul de la valeur de recouvrement « Vr » :

---

### Algorithme de calcul de « Vr »

---

**Pour** tout  $cas_i \in BC$  ( $i=1..n$ ) **faire** // BC : Base de cas

// n : nombre de cas de la base de cas

**Pour** tout  $cas_j$  ( $j=1..n$ )  $\in BC$  **faire**

**Si** *Similarité* ( $cas_i, cas_j$ ) > *Seuil* **alors** //  $cas_i$  recouvre  $cas_j$

$Vr_i = Vr_i + 1$  // la valeur du recouvrement s'incrémente

Mémoriser l'index du cas  $cas_j$

**FinSi**

**FinPour**

$cas_i \leftarrow (Vr_i, \text{index } cas_j)$

**Fin Pour**

---

L'algorithme de calcul de Vr consiste à :

1. Pour chaque «  $cas_i$  » de la base de cas, l'algorithme balaye l'ensemble de cas cible «  $cas_j$  » et si la similarité entre un  $cas_i$  et un  $cas_j$  est supérieur à un seuil prédéfini, alors le  $cas_i$  recouvre le  $cas_j$ .
2. L'algorithme incrémente un compteur dédié à la valeur de recouvrement du  $cas_i$  «  $Vr_i$  » et mémorise par la même occasion l'index du  $cas_j$ .
3. À la fin du balayage de la base cible pour le premier  $cas_i$ , on obtient un couple contenant sa valeur de recouvrement ainsi qu'un ensemble d'index des  $cas_j$  qui sont recouverts par le  $cas_i$ .
4. L'algorithme répète cette opération « n » fois correspondant au nombre de cas dans la base de cas.

## 2.2 L'algorithme de calcul de la valeur d'atteignabilité « Va » :

---

### Algorithme de calcul de « Va »

---

**Pour** tout cas<sub>j</sub> (j=1..n) ∈ BC **faire** // BC : Base de cas  
// n : nombre de cas de la base de cas

**Pour** tout cas<sub>i</sub> (i=1..n) ∈ BC **faire** // cas<sub>i</sub> = (V<sub>r<sub>i</sub></sub>, ∑<sub>k=0</sub><sup>L</sup> index cas<sub>k</sub>), L : nombre  
de cas recouvert par cas<sub>i</sub>

**Si** index<sub>cas<sub>j</sub></sub> = index<sub>cas<sub>k</sub></sub> **alors** // signifie que cas<sub>j</sub> est *atteignable* par cas<sub>i</sub>

V<sub>a<sub>j</sub></sub> = V<sub>a<sub>j</sub></sub> + 1 // la valeur de l'atteignabilité s'incrémente

Mémoriser l'index du cas cas<sub>i</sub>

**FinSi**

**FinPour**

cas<sub>j</sub> ← (V<sub>a<sub>j</sub></sub>, index cas<sub>i</sub>)

**Fin Pour**

---

Cet algorithme part du fait qu'il y a déjà les valeurs de recouvrement des différents cas<sub>i</sub> de la base de cas ainsi que les ensembles des index des cas recouverts. Comme dans l'algorithme V<sub>r</sub>, deux groupes de cas sont exploités : un groupe de cas de la base de cas et un groupe de cas cible contenant exactement les mêmes cas source. Ensuite, pour chaque cas cible, l'algorithme compare son index avec l'ensemble des index du premier cas<sub>i</sub> de la base de cas. S'il y a égalité, alors le cas<sub>j</sub> est atteignable par le cas<sub>i</sub>. Ainsi de suite pour l'ensemble des cas de la base de cas. Nous obtenons à la fin du premier balayage des cas<sub>i</sub> la valeur d'atteignabilité du cas<sub>j</sub> ainsi que les index des cas<sub>i</sub> qui lui sont atteignable. L'algorithme répète cette opération « n » fois [16]

En calculant les valeurs de  $Vr$  et de  $Va$ , nous pouvons calculer ainsi la valeur de  $MC$ .

### 2.3 Catégorisation des cas :

Toutes ces valeurs calculées de  $Vr$  et  $Va$  ainsi que  $MC$ , permettent de déterminer les différentes catégories des cas. Le tableau suivant illustre les propriétés de la catégorisation des cas [19]

Type de cas	$Vr$ (ci)	$Va$ (ci)	$MC$ (ci)
Cas auxiliaire	$> 1$	$= Vr(ci)$	1
Groupe de cas de support	$> 1$	$> 1$	Mêmes valeurs
Cas de couverture	$\geq 1$	$> 1$	$\leq 1$
Cas pivot	1	1	1

Tableau 1 : Propriétés des catégories des cas

A partir de cette catégorisation, quatre types de cas ont été créés:

➤ **Cas pivot (pivotal case) :**

Un cas est considéré comme pivot si seulement si son ensemble d'atteignabilité est réduit à un singleton (le cas lui-même). Son espace de recouvrement n'est atteignable par aucun autre cas. Sa suppression réduit directement la compétence du système.

➤ **Cas de support (support case) :**

Un cas est considéré comme un cas de support s'il existe dans son ensemble d'atteignabilité des cas qui ont le même recouvrement.

Ces cas existent en plusieurs groupes. La suppression d'un sous ensemble de cas propre à ce groupe n'affecte pas la compétence. Par contre la suppression de tout le groupe réduit considérablement la compétence de la base de cas (comme si nous supprimions un cas pivot). Cependant, lorsque nous laissons



un seul cas (celui qui possède le plus grande MC) dans le groupe des cas de support, nous obtenons un cas pivot.

➤ **Cas de couverture (spanning case) :**

Un cas est considéré de couverture si son espace de recouvrement se trouve à l'intersection des régions dans les espaces de recouvrement des cas au sein de son ensemble d'atteignabilité. Ce cas n'affecte pas directement la compétence du système.

➤ **Cas auxiliaire (auxiliary case) :**

Un cas est considéré comme auxiliaire si son espace de recouvrement est subsumé par l'espace de recouvrement d'un autre cas.

Cette catégorie de cas n'affecte pas du tout la compétence du système. De ce fait, leur suppression totale est possible.

*La valeur de la mesure MC* est déterminante dans le choix des cas pivots. Les cas pivots doivent être impérativement gardés car leur suppression réduit considérablement et directement la compétence de la base de cas, tandis que les autres peuvent être ignorés. Les cas auxiliaires et les cas de couverture sont moins importants car ils ne contribuent pas directement à la compétence de la base des cas.

## 2.4 Algorithme d'incrémentation de la base des cas :

---

### *Algorithme d'incrémentation de la base de cas*

---

1. Calculer  $V_r$  et  $V_a$  (recouvrement et atteignabilité du cas).
2. Associer à l'index du cas son ensemble de recouvrement et d'atteignabilité ( $\text{index\_cas} \leftarrow (V_r, V_a)$ ).
3. Catégorisation de cas.

**Si cas de Support alors**

Ne pas intégrer le cas

**Sinon Si cas Auxiliaire alors**

Ne pas intégrer le cas

**Sinon Si cas de couverture alors**

Ne pas intégrer le cas

**Sinon Si cas Pivot alors**

Intégrer le cas

---

De ce fait, les étapes d'incrémentations de la base des cas sont les suivantes :

- ✓ Prototypage (catégorisation) de cas suivant la valeur de recouvrements, d'atteignabilité et de la mesure de compétence.
- ✓ Retenir le nouvel cas s'il est pivot sinon intégration annulée.

### 3. Restructuration de la base des cas :

La base des cas doit préserver sa cohérence et homogénéité devant les modifications qui peuvent être effectuées sur l'ensemble des cas stockés, de ce fait l'utilisation d'une technique permettant de gérer ces changements est importante pour la structuration de la base afin de maintenir sa qualité et optimalité.

La même stratégie est appliquée sur un cas modifié pour préserver l'optimalité de la base :

---

#### *Algorithme de Restructuration de la base de cas*

---

1. Calculer  $V_r$  et  $V_a$  (recouvrement et atteignabilité du cas).
2. Associer à l'index du cas son ensemble de recouvrement et d'atteignabilité ( $\text{index\_cas} \leftarrow (V_r, V_a)$ ).
3. Catégorisation de cas.

**Si cas de Support alors**

Ne pas enregistrer les modifications

**Sinon Si cas Auxiliaire alors**

Ne pas enregistrer les modifications

**Sinon Si cas de couverture alors**

Ne pas enregistrer les modifications

**Sinon Si cas Pivot alors**

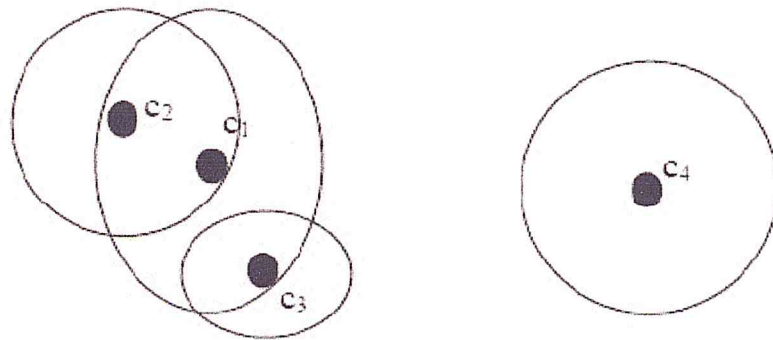
Enregistrer les modifications

---

De cette manière on ne permet à la base des cas de retenir que les cas qui sont jugés vraiment importants pour la représentation des différents problèmes qui peuvent s'imposer dans la réalité, et donc une base de cas optimale avec un minimum de cas et un maximum de qualité et de résultat satisfaisant la recherche de la résolution d'un problème donné à partir des cas retenus dans la base.

#### 4. Exemple :

Ci-dessous, un exemple d'une base de cas quelconque contenant quatre cas, illustrant l'espace de recouvrement et d'atteignabilité de ces cas.  $BC = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}$  (cf. Figure 7.).



**Figure1 : Exemple de quatre cas  $\{c_1, c_2, c_3, c_4\}$  avec leur espace de recouvrement et d'atteignabilité.**

Après modification du  $c_4$  on calcule les valeurs de  $V_r$  et de  $V_a$ , nous obtenons les résultats suivants:

$$\begin{array}{ll} \text{Recouvrement } (c_1) = \{c_1, c_2, c_3\} \rightarrow V_r(c_1) = 3, & \text{Atteignabilité}(c_1) = \{c_1, c_2\} \rightarrow V_a(c_1) = 2 \\ \text{Recouvrement } (c_2) = \{c_1, c_2\} \rightarrow V_r(c_2) = 2, & \text{Atteignabilité}(c_2) = \{c_1, c_2\} \rightarrow V_a(c_2) = 2 \\ \text{Recouvrement } (c_3) = \{c_3\} \rightarrow V_r(c_3) = 1, & \text{Atteignabilité}(c_3) = \{c_1, c_3\} \rightarrow V_a(c_3) = 2 \\ \text{Recouvrement } (c_4) = \{c_4\} \rightarrow V_r(c_4) = 1, & \text{Atteignabilité}(c_4) = \{c_4\} \rightarrow V_a(c_4) = 1 \end{array}$$

Maintenant, nous allons calculer pour chaque cas la valeur MC selon les valeurs Vr et Va, les résultats des calculs sont les suivants :

$$MC(c_1) = 1.5, MC(c_2) = 1, MC(c_3) = 0.5, MC(c_4) = 1.$$

La détermination des catégories des cas est la suivante :

- $Vr(c_4) = Va(c_4) = MC(c_4) = 1$ . Donc, le cas  $c_4$  est un cas pivot.

Donc modification de  $c_4$  gardée.

**NB :**

Notre base des cas est constituée uniquement des cas pivots.

Cette partie de structuration de la base de cas permet de catégoriser les cas selon leur recouvrement et leur atteignabilité. L'objectif est de retenir uniquement les cas qui contribuent vraiment dans la construction de la base en préservant sa qualité et optimalité. Nous réalisons cela afin d'avoir une compétence maximal de la base des cas. Par conséquent, nous favorisons les cas pivots. Ceci est dans le but de ne garder que le minimum de cas avec un maximum de possibilité de résolution de problèmes.

## Conclusion :

Nous nous sommes intéressés dans ce chapitre aux travaux concernant la maintenance des systèmes de RàPC en mettant en œuvre une méthode qui vise à réduire la taille de la base des cas tout en conservant une compétence maximale avec une meilleure optimalité.

La procédure de maintenance de la base des cas regroupe les étapes suivantes :

- *L'Incrémentation de la base* en catégorisant les cas en 4 types grâce au calcul de la mesure de compétence qui est basée sur le degré de recouvrement et d'atteignabilité dont le but est de retenir que les cas pivots.
- *Restructuration de la base des cas* en appliquant la même stratégie pour valider les modifications

Nous présentons dans le chapitre suivant l'intégration de cette technique de maintenance dans la conception du système intelligent pour l'estimation des coûts des constructions.

**Chapitre IV :**

# **C**onception du système d'estimation des coûts des constructions

## **Chapitre IV :**

### **Conception du Système d'estimation des coûts des constructions**

#### **Introduction :**

Notre objectif est la conception d'un système intelligent pour l'estimation des coûts des constructions qui sont dédiées à l'habitation (logement) catégorisées en trois groupes « Collective, individuelle, Semi-Collective). Ce système doit être capable de fournir une estimation du coût d'une construction donnée en un temps réduit tout en s'adaptant avec les changements des prix des matériaux .

Pour se faire nous avons opté vers l'une des techniques de l'intelligence artificielle qui est bien le RàPC présentée dans le chapitre II, cette technique dispose d'un cycle de raisonnement qui nécessite la mise en œuvre de certains mécanismes pour son bon fonctionnement.

Dans notre étude nous nous sommes focalisés sur la réalisation des tâches suivantes :

- 1. Elaboration du cas*
- 2. La phase de remémoration* afin de trouver les cas similaires à un cas cible en appliquant l'algorithme des Kppv
- 3. La Maintenance de la base des cas* et qui consiste la mise en œuvre d'une méthode de maintenance pour maintenir la bonne qualité de la base des cas malgré les changements effectués au fil du temps



La phase d'adaptation n'a pas été prise en charge dans notre travail vue que l'objectif du système est juste d'avoir une idée sur le prix approximatif d'une construction sans faire recourir à une phase d'adaptation du coût estimé dont généralement est préféré précis pour l'enregistrer dans la base et le réutiliser afin de résoudre d'autres problèmes.

Nous définissons dans ce qui suit la source de notre base des cas qui est l'expertise du domaine, ainsi que la structure du cas et son ensemble de paramètres permettant de sélectionner la partie problématique et la partie solution qui sera adoptée par la base des cas.

Nous mettons en œuvre une procédure de maintenance qui prend en considération le processus Off-line et le processus On-line.

## **1. Définition de la Construction :**

Nous présentons dans ce qui suit la ressource des paramètres permettant de définir un cas et donc de construire la base des cas en donnant des exemples fonctionnels sur des projets réalisés. Dans ce cadre nous présentons l'ensemble des informations qui définissent une construction dédiée à l'habitation (logement), en suite nous présentons la mémoire des projets qui est notre base des cas pour toutes les catégories.

Une construction représente un projet d'habitation réalisé par le bureau d'étude SARL ATRIUM et qui dispose d'une fiche descriptive et un devis quantitatif et estimatif.

La description de la construction peut être divisée en quatre parties comme suit :

➤ **Description générale :**

Consiste la description des données générales de la construction tel que sa date de réalisation, type du sol, régularité en plan,... etc.

➤ **Description géométrique :**

Consiste la description géométrique de la surface globale, surface bâtie,...etc.

➤ **Accessoires (Martiaux et texture) :**

Consiste la description du design et équipement de réalisation tel que le type de menuiserie, type de plomberie, type de revêtement extérieur et intérieur,.....etc.

➤ **Description des ouvrages :**

Cette partie est réservée pour la description des ouvrages par corps d'état tel que les dimensions des poteaux, fouilles, semelles,..... etc.

Afin de mettre à jours le coût de la construction qui dépend du prix unitaire des matériaux de construction et qui sont en changement continu sur le marché durant le temps, nous devons faire recourir à la définition du devis quantitatif et estimatif qui met en valeur la liste des matériaux de la construction avec leur prix unitaire, l'unité de mesure ainsi que la quantité nécessaire pour la réalisation du projet

D'après le bureau d'étude SARL ATRIUM le coût de la construction est calculé en fonction de la somme des prix unitaires de chaque produit (\*) sa quantité précise, nous donnons dans ce qui suit un exemple de devis quantitatif d'un projet concret réalisé par SARL ATRIUM. Le coût global de la construction est défini par la somme des lots suivants :

<b>Lot</b>	<b>Désignation</b>	<b>Montant (DA)</b>
01	Gros œuvre	34 682 600,00
02	Maçonnerie	19 568 250,00
03	Menuiserie	3 968 400,00
04	Peinture Vitrierie	3 399 895,00
05	Plomberie Sanitaire	167 350,00
06	Electricité	2 278 630,00
	Total H.T	64 065 125,00
	T.V.A 17%	10 891 071,25
	Total T.T.C	74 956 196,00

**NB : Il faut noter que les prix unitaires changent avec le temps**

### 1.1 Les Paramètres descriptifs de la construction :

Il existe plusieurs paramètres permettant de définir une construction mais le tableau suivant montre ceux qui sont les plus utilisés et les plus importants pour la réalisation de notre Système d'estimation :

Description générale	Description géométrique	Accessoires	Description des ouvrages
<b>Paramètres communs entre les trois catégories</b>			
1.Date de réalisation	1. Surface terrain	1. Nombre de cheminés	<b>I.Gros œuvres :</b> ➤ <b>Terrassement :</b> 1.Epaisseur de décapage des terres végétales 2.Type de fouille 3.Nombre de fouille 4.Largeur de fouille 5.Longueur de fouille 6.Hauteur de fouille 7.Type de Renforcement de fouille ➤ <b>Infrastructure :</b> 8. Dosage du béton armé 9. Type de constitution d'Armatures ➤ <b>Superstructure :</b> 10. Nombre de poteaux 11. Type de remplissage 12. Nombre de poteaux métallique 13.Nombre de poutres 14.Qualité d'acier 15.Type de dallage 16.Type de plancher ➤ <b>L'Etanchéité Terrasse :</b> 17. Type de terrasse 18. Disposition de la couche de
2.Wilaya	2. Surface bâtie	2. Présence de conduit de fumé	
3.commune	3. Surface sous sol	3. Type de menuiserie	
4.Régularité en Plan	4. Capacité de la bache d'eau	4. Qualité de la vitrerie	
5.Type de la structure	5. Surface du terrain Sport	5. Type de volet	
6.Type du sol	6. Type de piscine	6. Nombre de portes d'entrée	
7.Implantation de l'ouvrage	7. Profondeur piscine	7. Nombre de portes chambres	
8.Zone sismique	8. Surface piscine	8. Nombre de fenêtres	
9.Nombre de niveaux		9. Nombre de portes fenêtres	
		10. Nombre de portails	
		11. Type de portails	
		12. Type de revêtement Sol	
		13. Type de revêtement Extérieur	
		14. Type de revêtement Intérieur	
		15. Type du revêtement terrain sport	
		16. Type de peinture	
		17. Type de plomberie	
		18. Nombre baignoire	
		19. Nombre de lave main	

		20. Nombre d'éviers 21. Nombre de lavabos 22. Energie utilisée 23. Présence de système d'incendie 24. Présence de système de surveillance 25. Réseau d'eau froide 26. Evacuation 27. Distribution GAZ 28. Distribution électricité 29. Présence d'ascenseur	pare-vapeur 19. Type d'isolation <b>II. Maçonnerie &amp; revêtement :</b> ➤ <i>Maçonnerie</i> 20. Type de murs extérieures 21. Type de murs intérieures ➤ <i>Enduits</i> 22. Surface d'enduit ciment extérieur 23. Surface d'enduit ciment intérieur 24. Surface d'enduit plâtre ➤ <i>Revêtement</i> 25. Surface de revêtement ciment (extérieur & intérieur) 26. Surface revêtement Sol 27. Longueur de plinthes <b>III. Peinture &amp; Vitrierie :</b> 28. Surface peinture Plafond 29. Surface peinture Mures
<b>Paramètres spécifiques pour la catégorie Individuelle</b>			
10. Nombre de pièces 11. Nombre de balcons	9. Surface jardin 10. Surface Terrasse 11. Surface de garage	Les mêmes paramètres	Les mêmes paramètres
<b>Paramètres spécifiques pour la catégorie Collective</b>			
11. Nombre de pièces 12. Nombre de Balcon 13. Nombre de cuisines collectives. 12. Nombre de salles de bain collectives 13. Nombre WC collectives	10. Surface jardin collectif 11. Surface Terrasse collective 12. Surface du parking	Les mêmes paramètres	Les mêmes paramètres

Paramètres spécifiques pour la catégorie Semi-Collective			
11. Nombre d'Appartement	11. Surface jardin individuel		
12.Type Appartement	12. Surface Terrasse individuelle		
13. Nombre max de Balcon par appartement	13. Surface Terrasse collective		
14. Nombre min de Balcon par appartement	14. Surface garage collectif	Les mêmes paramètres	Les mêmes paramètres
14. Nombre de garage individuel	15. Surface garage individuel		
10. Nombre Terrasses individuelles			
15. Escaliers individuels			

*Tableau 1 : Tableau descriptif des constructions en fonction de leurs catégories*

*(Individuelle, Collective, Semi-Collective)*

## 1.2 Le devis Estimatif et quantitatif :

Afin de mettre à jours le coût de la construction qui dépend du prix unitaire des matériaux de construction et qui sont en changement continu sur le marché durant le temps, nous devons faire recourir à la définition du devis quantitatif et estimatif qui met en valeur la liste des matériaux de la construction avec leurs prix unitaires, l'unité de mesure ainsi que la quantité nécessaire pour la réalisation du projet

L'établissement du devis estimatif et quantitatif est fait selon les paramètres suivants :

<b>Lot</b>	<b>Désignation des Ouvrages</b>	<b>Matériel</b>	<b>Unité</b>	<b>Prix Unitaire (DA)</b>	<b>Quantité</b>	<b>Mentant (DA)</b>
01	<i>Gros œuvre</i>	Liste des matériaux	Unités de mesure du matériel	Prix unitaire de chaque matériel	Quantité de chaque matériel	34 682 600,00
02	<i>Maçonnerie</i>	Liste des matériaux	Unités de mesure du matériel	Prix unitaire de chaque matériel	Quantité de chaque matériel	19 568 250,00
03	<i>Menuiserie</i>	Liste des matériaux	Unités de mesure du matériel	Prix unitaire de chaque matériel	Quantité de chaque matériel	3 968 400,00
04	<i>Peinture Vitrerie</i>	Liste des matériaux	Unités de mesure du matériel	Prix unitaire de chaque matériel	Quantité de chaque matériel	3 399 895,00
05	<i>Plomberie Sanitaire</i>	Liste des matériaux	Unités de mesure du matériel	Prix unitaire de chaque matériel	Quantité de chaque matériel	167 350,00
06	<i>Electricité</i>	Liste des matériaux	Unités de mesure du matériel	Prix unitaire de chaque matériel	Quantité de chaque matériel	2 278 630,00
<b>Total H.T</b>						64 065 125,00
<b>T.V.A 17%</b>						10 891 071,25
<b>Total T.T.C</b>						74 956 196,00

*Tableau 2 : Structure du Devis estimatif et quantitatif*

*Le coût global* de la construction est calculé par l'établissement d'un devis quantitatif et estimatif. Ce dernier contient la liste des matériaux utilisés en fonction du type de l'ouvrage pour la réalisation du projet, et comme le coût global de la construction est lié aux prix unitaires des matériaux ce qu'il nous a obligé de penser à un stockage des noms des matériaux avec leur quantité ainsi que le prix unitaire afin d'avoir une estimation de coût qui s'adapte avec les changements des prix sur le

marché et donc un coût estimé plus proche de la réalité et valable durant le temps. La conception de cette base est expliquée en détaille dans le *chapitre V*.

## **2. Définition de la base des Cas :**

Notre objectif est la conception d'un système d'estimation des coûts de constructions dont le but principal est d'arriver à avoir une idée approximative sur le coût global d'une construction donnée avant de décider sa réalisation. Et pour se faire nous devons disposer d'un mécanisme de recherche efficace et rapide afin d'aboutir à un résultat satisfait en un temps réduit.

### **2.1 La structure du cas dans la base :**

Dans notre travail, un cas inspire sa structure complète depuis la définition de la construction dont l'existence de tous les descripteurs regroupés en fonction de leurs objectifs en quatre parties.

Un cas possède tous les attributs caractérisant un projet comme présenté dans la (Tableau1). Le cas est composé de deux parties :

- ✓ **Partie Problème :** contient tous les paramètres descripteurs de la construction (Tableau1).
- ✓ **Partie Solution :** contient le coût réel de la construction qui est établi pour sa réalisation, et le coût actualisé qui est mis a jour en fonction des prix unitaires de la liste des matériaux que dispose la construction (le coût actualisé est utilisé pour mettre a jour le coût réel lors du changement des prix unitaires des matériaux sur le marché).

La figure suivante présente la structure générale d'un cas pour chaque catégorie (individuelle, collective, semi-collective) dans notre système.

Problème												Solution	
Description générale			Description géométrique			Accessoires			Description des ouvrages			Coût réel	Coût Actualisé
P <sub>1</sub>	...	P <sub>n</sub>	P <sub>1</sub>	...	P <sub>m</sub>	P <sub>1</sub>	...	P <sub>29</sub>	P <sub>1</sub>	...	P <sub>29</sub>		

*Tableau 3 : Structure d'un Cas*

P : paramètre descripteur pour chaque partie (générale, géométrique, accessoires, ouvrage par corps d'état).

## 2.2 Indexation des cas dans la mémoire :

Pour l'organisation des cas dans la base on a opté vers la *mémoire plate* définie dans le chapitre II, où l'indexation des cas est faite d'une manière simple et pratique. Ce qui permet au système d'attribuer automatiquement un numéro séquentiel comme étant un identificateur de cas lors de son ajout à la fin de la liste.

## 3. Le système d'estimation des coûts:

Notre système d'estimation des coûts fait référence à plusieurs outils pour son bon fonctionnement, tel que :

- ✓ L'expertise du domaine et les documents qui présentent le processus Off-Line pour l'enrichissement de la base des cas.
- ✓ Cycle de raisonnement à base des cas qui présente le processus On-Line.



Le schéma suivant montre la démarche de réalisation du Système de RàPC pour l'estimation des coûts :

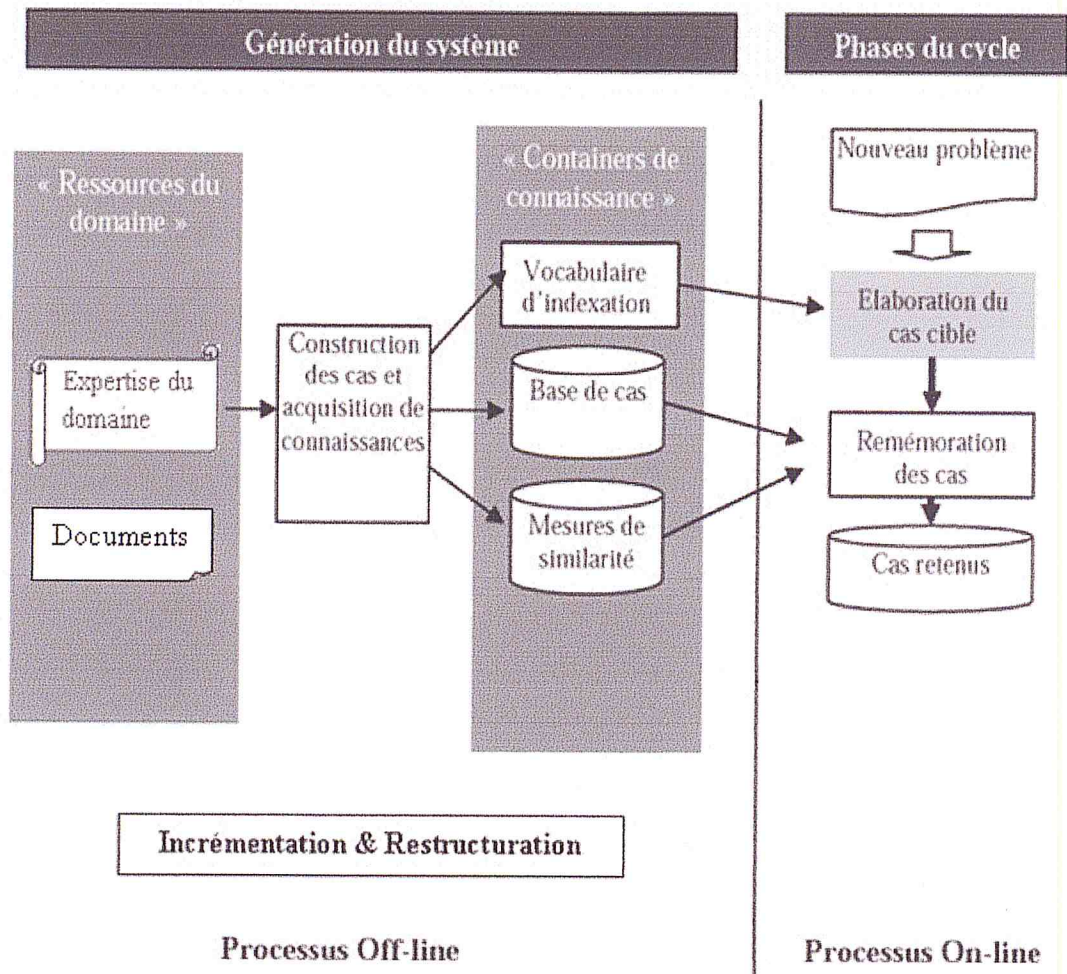


Figure 1 : Le Modèle du système de RàPC pour l'estimation des coûts

### **3.1 Processus Off-Line :**

A ce niveau nous définissons les sources d'extractions des données pour l'enrichissement de la base des cas.

Ces sources sont représentées par *l'expertise du domaine mise sous forme de documents* pour la génération de la base des cas modèles pour chaque catégorie de construction soit individuelle, collective, ou semi-collective. Cette phase présente le processus Off-Line où la procédure de maintenance intervient pour la bonne structuration de la mémoire lors de l'exécution des opérations de mise à jour :

#### **➤ Opération D'Incrémentation :**

La base des cas est enrichie par l'ajout continu des nouveaux cas par l'expert ce qui emmène à l'exploitation d'un mécanisme d'incrémentation de la base pour maintenir les cas importants et qui peuvent recouvrir les divers exemples de la réalité et de servir comme des échantillons des constructions pour la tâche d'estimation des coûts.

La procédure d'incrémentation est appliquée comme mentionné dans le chapitre III où le cas à introduire dans la base possède une partie problème contenant les attributs de la construction, et une partie solution qui identifie le coût réel de la construction. Le coût actualisé de la construction est calculé par le système lors de la mise à jour des prix unitaires des matériaux afin de garder la validité du coût estimé de la construction au fil du temps est donc avoir des estimations plus proche de la réalité. Le nouvel cas est intégré dans la base s'il est de catégorie pivot sinon son intégration dans la base est rejetée puisque il ne contribue pas nécessairement dans son enrichissement. La procédure d'incrémentation de la base consiste en les étapes définies dans le chapitre III comme suit :

1. le calcul de la *Mesure de Compétence (MC)* de cas et qui est définie par la mesure de recouvrement (*Vr*) et d'atteignabilité (*Va*) pour la catégorisation des cas.
2. Catégorisation du cas comme illustré dans le (tableau1) du Chapitre III.
3. Intégrer le nouveau cas s'il est de catégorie pivots.
4. Rejeter l'intégration du nouveau cas s'il est d'une autre catégorie.

➤ ***Opération de Restructuration :***

La modification des valeurs des descripteurs d'un cas pour n'importe quelle catégorie de construction (individuelle, collective, semi-collective) peut réduire considérablement l'optimalité et la bon qualité de la base ce qui nécessite la mise en œuvre d'une procédure de restructuration qui permet la validation des modifications et la mise à jour de la base des cas tout en réservant sa performance. La procédure de restructuration de la base consiste en les étapes définies dans le chapitre III comme suit :

1. le calcul de la *Mesure de Compétence (MC)* de cas et qui est définie par la mesure de recouvrement (*Vr*) et d'atteignabilité (*Va*) pour la catégorisation des cas.
2. Catégorisation de cas comme illustré dans le (tableau1) du Chapitre III.
3. Retenir la modification du cas s'il est un cas pivots.
4. Rejeter la modification si le cas est d'une autre catégorie.

Ces étapes permettent l'obtention d'une base de cas très bien structurée avec un minimum de cas qui peuvent jouer le rôle des échantillons sans avoir à perdre la qualité et la performance de la base, ce qui offre une base de cas optimisée et une opération de recherche du cas similaire rapide et simple.

### **3.2 Processus On-Line :**

*Le processus de raisonnement à base des cas* est défini par un cycle de raisonnement commençant par l'étape d'élaboration en suite la remémoration et l'adaptation et ce termine par une phase de mémorisation. Le cycle du RàPC se place dans le processus on-line et il est déclenché dès l'apparition d'un nouveau problème. Ce nouveau problème est mis sous forme de cas grâce à l'étape d'élaboration du cas cible.

#### **➤ Elaboration :**

Cette phase met à disposition un formulaire composé de questions. Ce formulaire est proposé aux utilisateurs et permet de cerner la description du nouveau projet à estimer. Ceci implique la définition des quatre parties qui sont respectivement (description générale, description géométrique, accessoires, description des ouvrages par corps d'état, coût réel) comme montré dans le (Tableau1). De ce fait, nous aurons le cas cible élaboré qui nous permet de passer à la phase de remémoration des cas sources les plus similaires à ce cas cible.

#### **➤ Remémoration :**

Cette phase utilise l'algorithme des k plus proches voisins pour la recherche des cas similaires. Pour ce type de système, nous utilisons une mesure de similarité qui tient compte de la présence des valeurs des attributs, et de leurs types. La mesure de similarité appliquée est donnée comme suit :

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

**sim (x, y)** : reflète la similitude entre le cas X et le cas Y.

**w<sub>i</sub>** : reflète le poids de chaque attribut.

**sim(x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>)** : reflète la similitude entre la valeur de l'i ème attribut dans le cas X avec la valeur de l'i ème attribut dans le cas Y.

**n** : reflète le nombre des attributs, et donc le nombre des poids.

Le type des valeurs est traité de la manière expliquée dans le chapitre II (La Similitude).

Ce système n'utilise pas une phase d'adaptation. Nous affectons tout simplement la solution du cas source le plus proche au cas cible sans avoir recours à une phase d'adaptation.

**Remarque :**

Si l'ajout d'un nouvel cas est validé, l'utilisateur doit préciser les matériaux de construction pour pouvoir mettre à jour le coût réel du projet lors du changement des prix unitaires.

#### **4. Pondération des descripteurs :**

La phase de remémoration permet d'effectuer l'opération de calcul de la mesure de similarité où l'algorithme des K-ppv attribue des poids pour tous les descripteurs (attributs de la construction) qui reflètent leurs degrés d'importance.

Le tableau suivant donne la liste des descripteurs avec la valeur du poids associée :

Attribut	Poids
<i>Description générale</i>	
Wilaya	4
commune	4
Régularité en Plan	4
Type de la structure	5
Type du sol	5
Implantation de l'ouvrage	5
Zone sismique	5
Nombre de niveaux	4
Nombre de pièces	4
Nombre de Balcons	3
Nombre d'Appartement	4
Type Appartement	3
Nombre max de Balcon par appartement	3
Nombre min de Balcon par appartement	3
Nombre de cuisines collectives	2
Nombre de salles de bain collectives	2
Nombre de WC collectives	2
Nombre de terrasses individuelles	3
Nombre de garage individuel	2
Escaliers individuel	3
<i>Description géométrique</i>	
Surface terrain	5
Surface bâtie	5
Surface sous sol	5
Capacité de la bêche d'eau	4
Surface du terrain Sport	3
Type de piscine	4
Profondeur piscine	4
Surface piscine	4
Surface jardin	3
Surface Terrasse	3
Surface de garage	2
Surface jardin collectif	2

Surface Terrasse collective	3
Surface du parking	4
Surface jardin individuel	2
Surface Terrasse individuelle	2
Surface Terrasse collective	2
Surface garage collectif	2
Surface garage individuel	2
<i>Description accessoires</i>	
Nombre de cheminés	1
Présence de conduit de fumé	2
Type de menuiserie	3
Qualité de la vitrerie	2
Type de volet	1
Nombre de portes d'entrée	2
Nombre de portes chambres	2
Nombre de fenêtres	2
Nombre de portes fenêtres	2
Nombre de portails	3
Type de portails	2
Type de revêtement Sol	3
Type de revêtement Extérieur	3
Type de revêtement Intérieur	3
Type du revêtement terrain sport	3
Type de peinture	3
Type de plomberie	3
Nombre baignoire	2
Nombre de lave main	2
Nombre d'éviers	2
Nombre de lavabos	2
Energie utilisée	4
Présence de système d'incendie	5
Présence de système de surveillance	5
Réseau d'eau froide	5
Evacuation	5
Distribution GAZ	5

Distribution électricité	5
Présence d'ascenseur	4
<i>Description des ouvrages par corps d'état</i>	
Epaisseur de décapage des terres végétales	4
Type de fouille	5
Nombre de fouille	5
Largeur de fouille	5
Longueur de fouille	5
Hauteur de fouille	5
Type de Renforcement de fouille	5
Dosage du béton armé	5
Type de constitution d'Armatures	5
Nombre de poteaux	5
Type de remplissage	5
Nombre de poteaux métallique	5
Nombre de poutres	5
Qualité d'acier	5
Type de dallage	5
Type de plancher	5
Type de terrasse	5
Disposition de la couche de pare-vapeur	5
Type d'isolation	5
Type de murs extérieures	5
Type de murs intérieures	5
Surface d'enduit ciment extérieur	4
Surface d'enduit ciment intérieur	4
Surface d'enduit plâtre	4
Surface de revêtement ciment extérieur	4
Surface de revêtement ciment intérieur	4
Surface revêtement Sol	4
Langueur de plinthes	3
Surface peinture Plafond	4
Surface peinture Mures	4

Tableau 4 : Tableau de Pondération



## **Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis de bien étudier notre système d'estimation des coûts et de cerner les périmètres du futur système à concevoir en se basant sur les points suivants :

1. Conception de la Mémoire des projets qui présente la base des cas pour le système d'estimation.
2. La mise en œuvre de la procédure de calcul de la similitude pour la phase de remémoration.
3. La mise en œuvre de la procédure de Maintenance qui comprend l'incrémentation et la restructuration de la base des cas.

Le chapitre suivant permet de présenter d'une manière détaillée les étapes de conception du futur système pour estimer les coûts des constructions tout en respectant la démarche du processus RUP avec le langage UML pour la modélisation des différents diagrammes.

**Chapitre V:**

# **D**émarche de développement

## Chapitre IV:

### Démarche de développement

#### Introduction :

La réalisation de tout logiciel nécessite l'adoption d'une démarche bien identifiée et structurée. Cette démarche doit répondre aux exigences du développeur tout en optimisant le coût et le temps.

Pour la réalisation de notre système, nous avons opté pour l'utilisation du processus unifié RUP, avec un langage de modélisation UML.

Ce choix de processus nous a orienté à partager le travail en trois étapes de développements suivantes :

*La phase d'analyse* : qui permet d'établir les diagrammes métiers dont le but est de discuter les tâches qui seront effectuées par le nouveau système et de garantir que les utilisateurs finaux et les développeurs partagent une vision commune de l'organisation.

*La phase de conception* : qui est le cœur du processus du développement, cette phase permet la modélisation détaillée et finale des besoins des utilisateurs finaux en utilisant les diagrammes UML.

*La phase d'implémentation* : consiste en la mise en place des composants physique, et le développement des différentes interfaces (cette phase est bien expliquée dans le *chapitre VI*).

## 1. Justification du choix de la démarche :

Notre choix du processus RUP comme démarche de développement était adopté en fonction du :

- Volume de notre travail qui consiste en un objectif clair et bien présenté (Réalisation d'une mémoire de projet pour estimer les coûts des constructions).
- Du temps court qui est réservé pour sa réalisation.

Ces deux points nous ont conduits à penser à une méthode de travail bien structurée avec un délai limité ne dépassant pas 150 jours. Ce qui nous oriente à opter pour l'une des méthodes agiles représentées par le processus unifié RUP qui est identifié par sa durée 150 jours de réalisation, en utilisant systématiquement le langage de modélisation UML.

### 1.1 Présentation du processus RUP :

#### 1.1.1 Historique :

**RUP : Rational Unified Process** est un processus de conception et de développement de logiciel. Il résulte de l'unification des travaux de Booch, Rumbaugh, et Jacobson. Il est étroitement lié à la technologie Unified Modeling Language (UML). Ce modèle propose de gérer les développements informatiques en utilisant un modèle d'activités réparties en 4 phases [20].

Le schéma suivant illustre les quatre phases du RUP en fonction du temps :

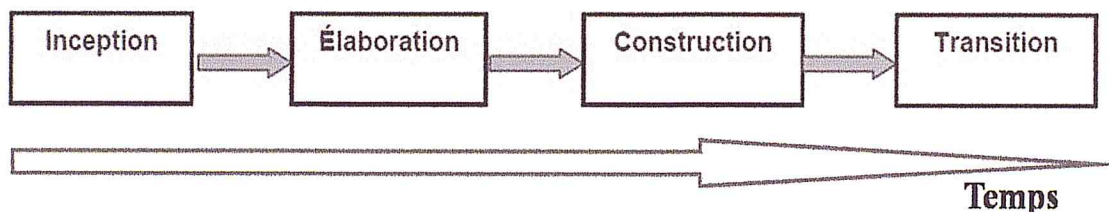


Figure 1 : Les quatre phases du processus RUP

**a. Inception (Analyse) :**

Cette phase commence avec l'identification du problème et se termine avec une décision de le traiter. Elle porte essentiellement sur les bénéfices attendus, la faisabilité, les risques, les échéances les priorités et les budgets.

Elle répond aux questions suivantes :

- ❖ Que va faire le système ?
- ❖ Quelle va être l'architecture générale?
- ❖ Les délais? Les coûts? Les ressources? Les moyens à déployer?

**b. Elaboration (Conception) :**

L'élaboration reprend les éléments de la phase d'analyse des besoins et les précise pour arriver à une spécification détaillée de la solution à mettre en œuvre.

Elle permet de :

- Préciser la plupart des cas d'utilisation.
- De concevoir l'architecture du système.
- De déterminer l'architecture de référence.

**c. Construction (Implémentation) :**

Pendant la phase de construction, tous les composants et dispositifs de l'application sont développés et intégrés dans le produit, et tous les dispositifs sont complètement examinés. La phase de construction est, dans un sens, un processus de fabrication, là où l'accent est mis sur les ressources et les opérations de service de gestion pour optimiser des coûts, des programmes, et la qualité. Cette phase consiste a :

- Construire la 1ère version opérationnelle du produit.
- Intégrer le logiciel sur les plateformes appropriées.
- Etablir Le manuels d'utilisation.

**d. Transition :**

Cette phase commence avec la livraison du système à l'exploitant et se termine avec sa mise en exploitation régulière. Elle consiste les objectifs suivants :

- Construire la version finale du produit et la livrer au client.
- Former les utilisateurs.
- Exécuter des tests.
- Préparer le lancement du produit.

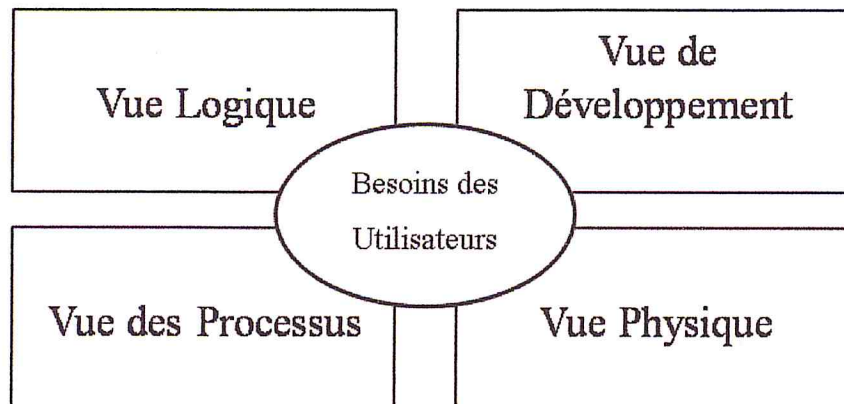
**1.1.2 Caractéristiques du processus RUP :**

Le processus RUP est comme tout autre processus unifié caractérisé par les quatre points suivants [20]:

- a. Itératif et incrémental.
- b. Centré sur l'architecture.
- c. Conduit par les cas d'utilisation.
- d. Pilotés par les risques.

**1.1.3 Les (4+1) vues de RUP :**

Ph. Kruchten propose différentes perspectives, indépendantes et complémentaires, qui permettent de définir un modèle d'architecture :



*Figure 2 : Les (4+1) vues de RUP*

➤ **Besoins des utilisateurs :**

Cette vue forme l'axe autour duquel s'organisent les quatre autres vues. Les cas d'usage sont utilisés pour spécifier les besoins, définir l'architecture, gérer les spécifications, organiser les développements, organiser les tests et recettes.

➤ **Vue Logique :**

Cette vue est consacrée aux spécifications externes. Elle représente la modélisation des besoins tels que les expriment les utilisateurs.

➤ **Vue des processus :**

Cette vue traite les aspects opérationnels, interactions physiques des composants du système.

➤ **Vue de développement :**

Cette vue traite les aspects statiques: organisation des objets logiques qui composent le système, aussi bien au niveau du développement (paquetages) que de l'exploitation (composant).

➤ **Vue physique (déploiement):**

Cette vue traite des ressources physiques nécessaire à la mise en œuvre des objets logiques définis au niveau de l'implémentation ainsi que leurs disposition au niveau des différents nœuds (machines, serveur).

## 1.2 Présentation du langage de modélisation UML :

UML (Unified Modeling Language) est un langage de modélisation objet graphique et textuel est non pas une méthode.

UML est né de la consolidation de trois méthodes objets : OMT(Rumbaugh), Booch, et OOSE (Jacobson) [21].

### 1.2.1 Les Diagrammes UML:

Comme UML est un langage de modélisation graphique et textuel et non pas une méthode, il comporte donc un certain nombre de diagrammes permettant la modélisation de l'architecture du système à réaliser ainsi que son état dynamique [21] :

➤ **Diagramme de cas d'utilisation :**

Le diagramme de cas d'utilisation représente la structure des grandes fonctionnalités nécessaires aux utilisateurs du système. C'est le premier diagramme du modèle UML, celui où s'assure la relation entre l'utilisateur et les objets que le système met en œuvre. [21]

➤ **Diagramme de classes :**

Le diagramme de classes est généralement considéré comme le plus important dans un développement orienté objet. Il représente l'architecture conceptuelle du système : il décrit les classes que le système utilise, ainsi que leurs liens, que ceux-ci représentent un emboîtement conceptuel (héritage) ou une relation organique (agrégation). [21]

➤ **Diagramme d'états-transitions :**

Le diagramme d'états-transitions représente la façon dont évoluent (*i.e.* cycle de vie) les objets appartenant à une même classe. La modélisation du cycle de vie est essentielle pour représenter et mettre en forme la dynamique du système. [21]



➤ **Diagramme d'activités :**

Le diagramme d'activités n'est autre que la transcription dans UML de la représentation du processus telle qu'elle a été élaborée lors du travail qui a préparé la modélisation ; il montre l'enchaînement des activités qui concourent au processus.

➤ **Diagramme de séquence et de communication :**

Le diagramme de séquence représente la succession chronologique des opérations réalisées par un acteur. Il indique les objets que l'acteur va manipuler et les opérations qui font passer d'un objet à l'autre. On peut représenter les mêmes opérations par un *diagramme de communication*, graphe dont les nœuds sont des objets et les arcs (numérotés selon la chronologie) les échanges entre objets. En fait, diagramme de séquence et diagramme de communication sont deux vues différentes mais logiquement équivalentes (on peut construire l'une à partir de l'autre) d'une même chronologie. Ce sont des diagrammes d'interaction. [21]

➤ **Diagramme de composant :**

*Composant* : élément physique qui représente une partie implémentée d'un système .il peut être du code, un script, un fichier de commande, etc....Les composant présentent un ensemble d'interfaces.

Les diagrammes de composants permettent de décrire l'architecture physique et statique d'une application en termes de modules : fichiers sources, librairie, exécutable etc....Ils décrivent les éléments physiques et leurs relations dans l'environnement de réalisation, ils montrent les choix de réalisation. [21]

➤ **Diagramme de déploiement :**

Les **diagrammes de déploiement** montrent la disposition physique des matériels qui composent le système et la répartition des composants sur ces matériels. Il est fait généralement pour les systèmes complexes. [21]

### 1.2.2 Les Phases de développement RUP avec des diagrammes UML :

Dans notre démarche de développement nous respecterons les quatre phases du processus RUP en utilisant les différents diagrammes UML comme suit [20] :

➤ **La phase d'analyse :**

Contient les diagrammes métiers suivants :

- Diagramme de cas d'utilisation métier.
- Diagramme de classe métier.
- Diagramme d'états de transition métier.

➤ **La phase de conception :**

Contient les diagrammes détaillés suivants :

- Diagrammes des cas d'utilisations.
- Diagramme des classes.
- Diagramme d'activités.
- Diagramme d'état de transition.
- Diagramme de composants.
- Diagramme de déploiement.

## 2. Phase d'Analyse :

La phase d'analyse consiste en la description des diagrammes métiers. A ce niveau de l'étude nous avons élaboré les diagrammes suivants :

### 2.1 Diagrammes des cas d'utilisations métiers:

#### 2.1.1 Diagramme de cas d'utilisation métier pour l'élaboration d'une construction :

Liste des acteurs :

**Expert** : peut être le directeur de SARL ATRIUM, le sous directeur, ou bien les personnes les plus expérimentées du domaine.

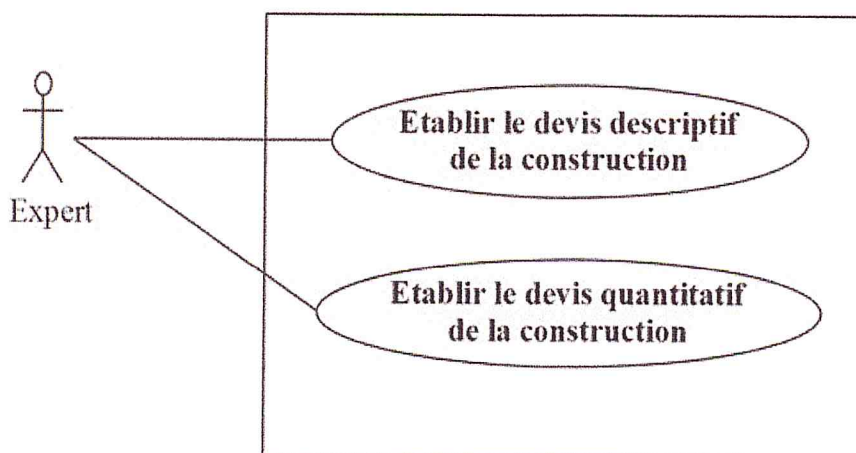


Figure 3 : Diagramme des Cas d'utilisations métier pour l'élaboration d'une construction

Description du diagramme:

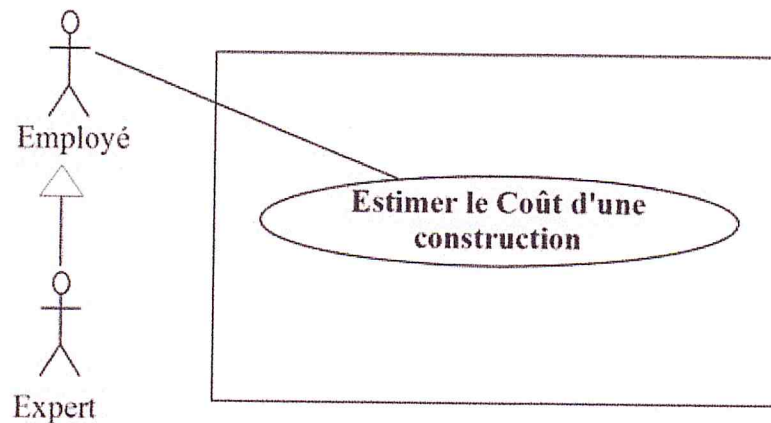
Cas Utilisation	Description
Etablir le devis descriptif	permet la description de la construction (plomberie, menuiserie, gros œuvres... etc.)
Etablir le devis quantitatif	Permet la description de la liste des matériaux consommés pour la réalisation de la construction

Tableau 1 : Description du cas d'utilisation métier pour l'élaboration d'une construction

Liste des acteurs :

**Employé :** toute personne qui travaille à SARL ATRIUM et qui n'est pas expérimentée dans le domaine.

**Expert :** peut être le directeur de SARL ATRIUM, le sous directeur, ou bien les personnes les plus expérimentées du domaine.



*Figure 4 : Diagramme de cas d'utilisation métier pour l'estimation du Coût*

**Description du diagramme:**

Cas Utilisation	Description
Estimer le coût d'une construction	permet le calcul du montant global de la construction en fonction de la liste des matériaux consommés

*Tableau 2 : Description du cas d'utilisation métier pour l'estimation du Coût*

## 2.2 Diagramme de classes métier :

Après avoir présenté les diagrammes des cas d'utilisation métiers. Nous allons utiliser un diagramme de classes métiers pour montrer les différentes classes principales et qui existent au niveau de SARL ATRIUM :

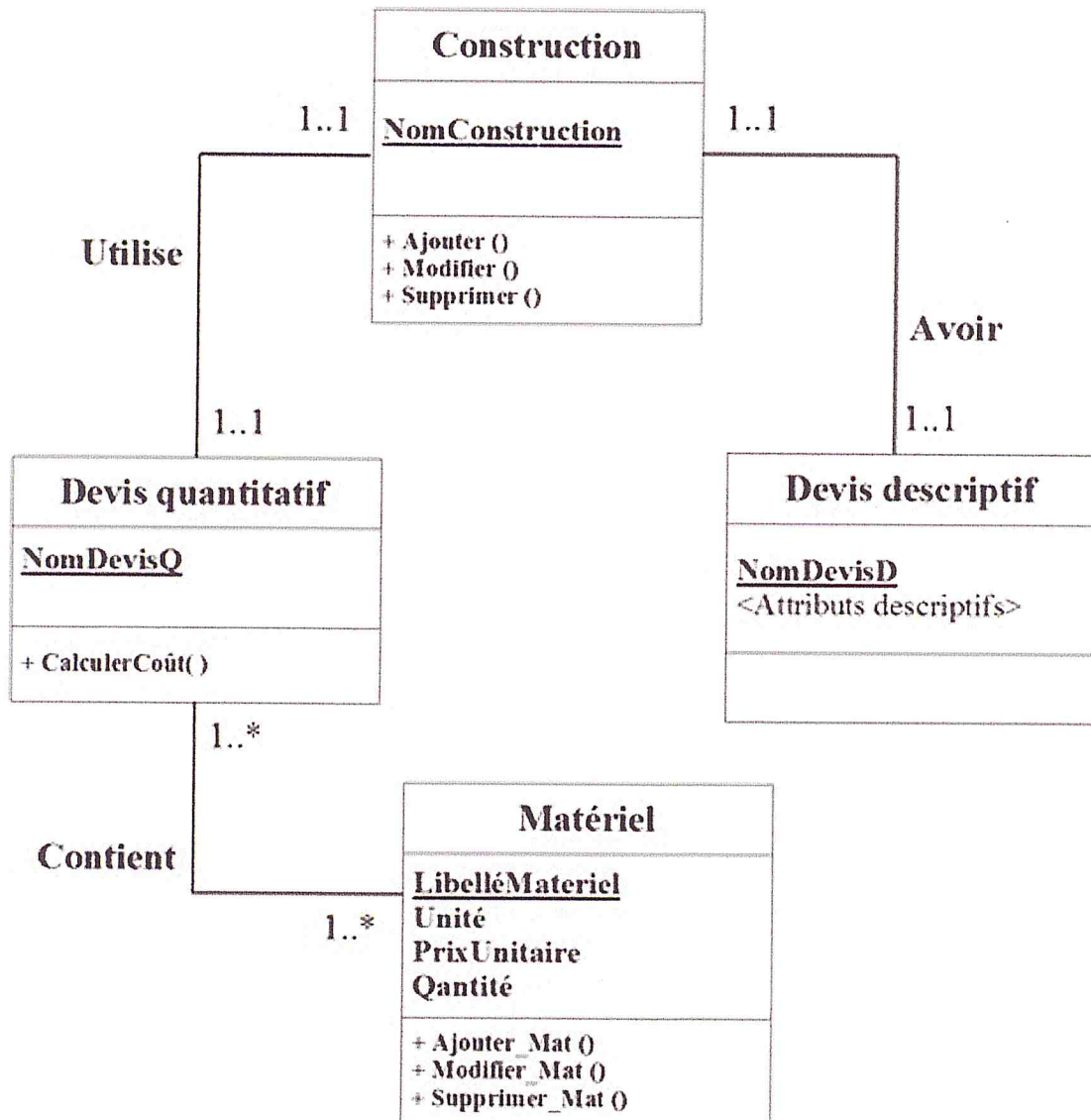
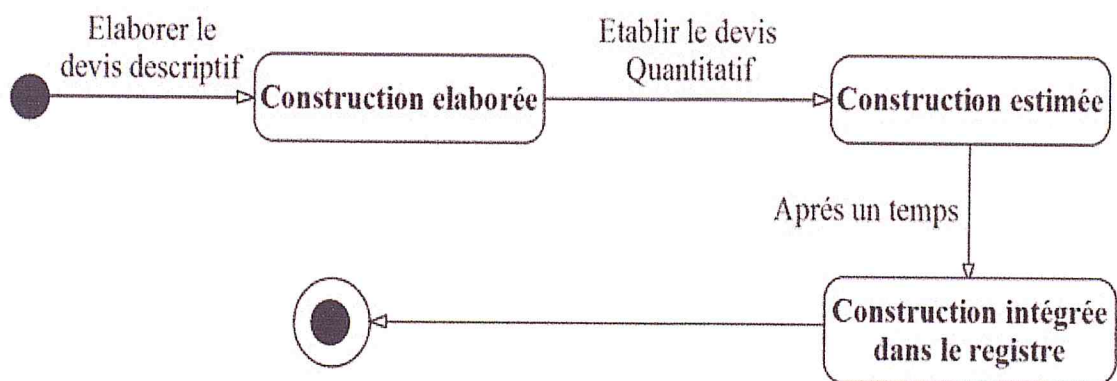


Figure 5 : Diagramme des classes métier

NB : `<Attributs descriptifs>` : sont tous les paramètres représentés dans le Tableau 1 du chapitre IV

### 2.3 Diagramme d'états de transition métier de la construction :

Le diagramme d'état de transition permet de décrire les changements d'état de la construction depuis le point de départ qui est sa description jusqu' a son enregistrement dans le registre des constructions.



*Figure 6 : Diagramme d'états de transition métier de la construction*

La phase d'analyse nous a permis de bien cerner l'objectif du système afin d'aborder à la conception en mettant en place les diagrammes détaillés pour la représentation de l'architecture du futur système d'estimation des coûts tout en respectant les phases du raisonnement à base des cas.

### 3. Phase de Conception :

Cette phase permet de présenter l'architecture détaillée du futur système, en définissant l'ensemble des cas d'utilisations, le diagramme des classes, et diagramme d'activité et d'états de transition, plus le diagramme de composant et de déploiement.

La conception du système est divisée en deux parties :

- ❖ Processus Off-Line
- ❖ Processus On-Line

➤ **Processus Off-Line :**

Consiste en la maintenance de la base des cas, il englobe le processus d'incrémentation de la base des cas par l'ajout des nouveaux cas, plus l'opération de modification. Ces opérations ne sont utilisées que par l'expert du domaine.

➤ **Processus On-Line :**

Consiste en le cycle du raisonnement à base des cas. Ce processus traite la phase de remémoration pour estimer le coût de la construction en se basant sur des expériences enregistrées dans la base des cas.

Remarque :

- La consultation de la base des cas est une tâche partagée sur l'ensemble des employés du bureau d'étude.
- L'élaboration du cas est une opération essentielle pour les deux processus Off-Line et On-Line.

### 3.1 Modèles de cas d'utilisation et de séquence :

#### 3.1.1 Diagramme des cas d'utilisation global :

##### Définition des acteurs :

Les acteurs qui seront en interaction avec notre système sont :

**Employé** : toute personne qui travaille à SARL ATRIUM et qui n'est pas expérimentée dans le domaine.

**Expert** : peut être le directeur de SARL ATRIUM, le sous directeur, ou bien les personnes les plus expérimentées du domaine.

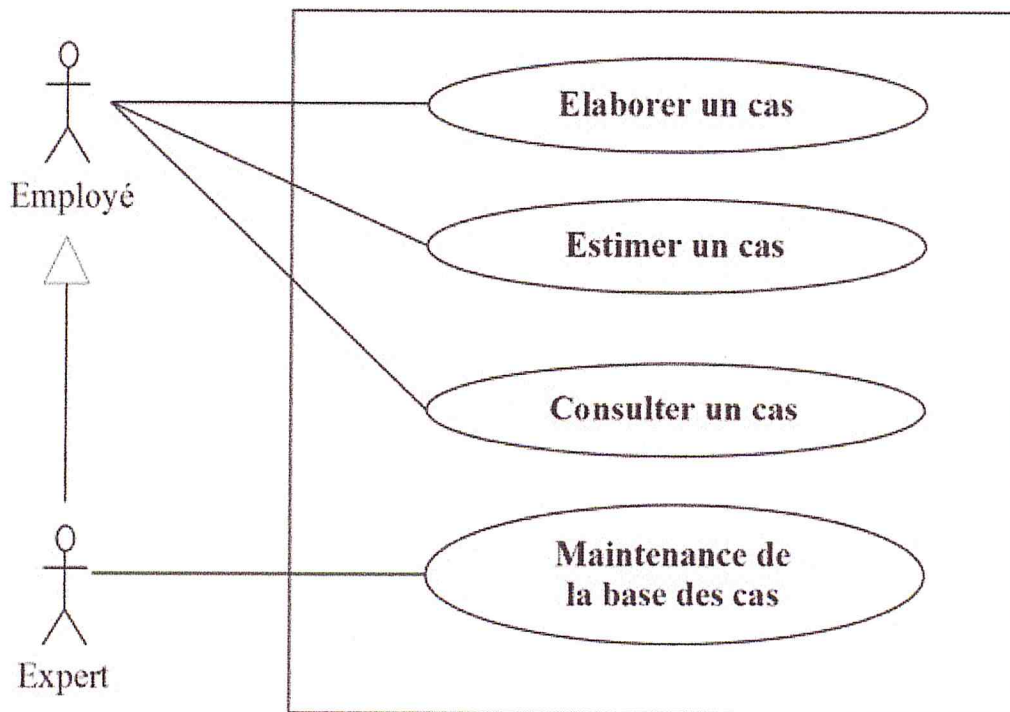


Figure 7 : Diagramme des cas d'utilisations global



**Résumé :**

Le diagramme de cas d'utilisation global permet de donner une idée sur l'objectif de notre système à réaliser.

**Acteur :**

Employé, Expert sont les acteurs qui vont réagir avec le système à mettre en œuvre.

**Description du diagramme:**

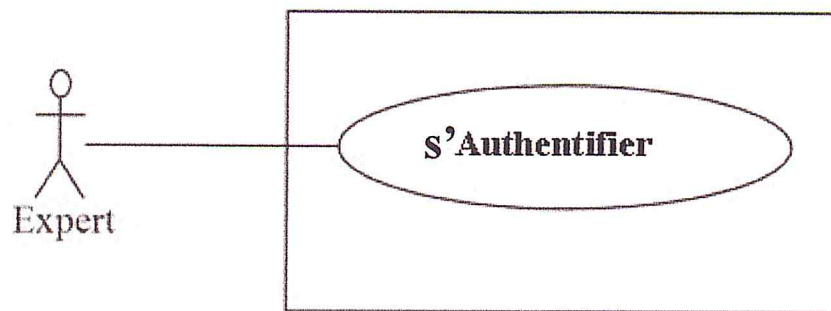
Cas Utilisation	Description
Elaborer un cas	Permet la définition d'un cas en décrivant l'ensemble des paramètres de la partie générale, géométrique, accessoires, et les ouvrages (technique).
Estimer un cas	Permet l'exécution de la procédure d'estimation pour sélectionner les cas enregistrés dans la base et qui sont les plus proches à un cas cible donné.
Consulter un cas	Permet la consultation des informations d'un cas enregistré dans la base des cas.
Maintenance de la base des cas	Ce cas d'utilisation est dédié à la maintenance de la base des cas lors de son incrémentation par l'ajout de nouveaux cas ainsi que la modification dans la description des cas enregistrés.

*Tableau 3 : Description des cas d'utilisation global*

### 3.1.2 Processus Off-Line :

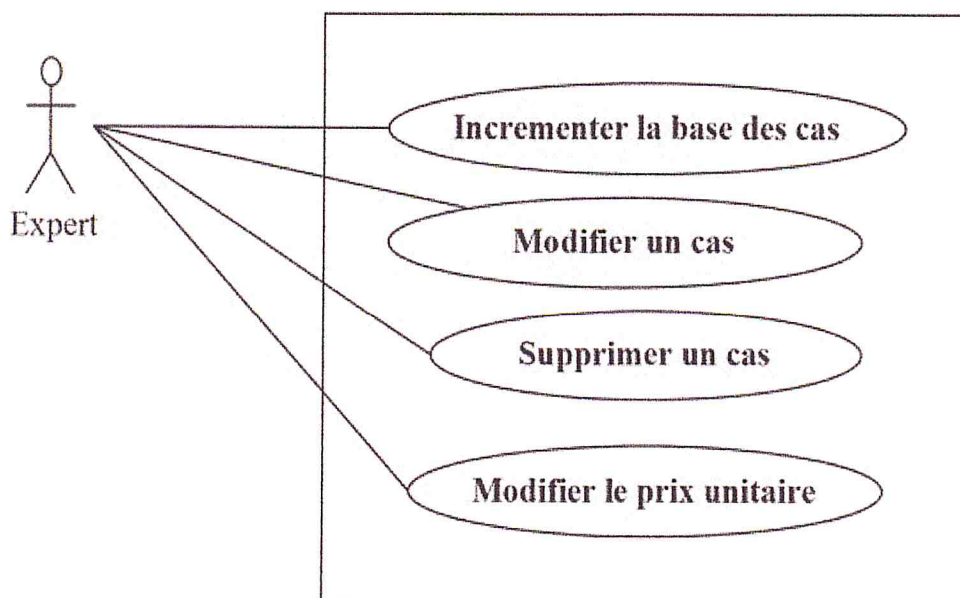
#### 3.1.2.1 Diagramme des cas d'utilisation pour la maintenance de la base des cas :

Cette tâche nécessite une authentification de l'expert pour pouvoir effectuer des opérations de mise à jour sur la base des cas.



*Figure 8 : Cas d'utilisation pour l'authentification*

#### 3.1.2.2 Diagramme des cas d'utilisation pour la maintenance de la base des cas :



*Figure 9 : Diagramme des cas d'utilisation pour la maintenance de la base des cas*

**Résumé :**

Le diagramme de cas d'utilisation pour la maintenance de la base permet de donner une idée sur l'ensemble des tâches qui sont effectuées à ce niveau telle que l'incrémentation de la base par l'ajout des nouveaux cas, la modification d'un cas existant dans la base, modification du prix unitaire, et la suppression d'un cas.

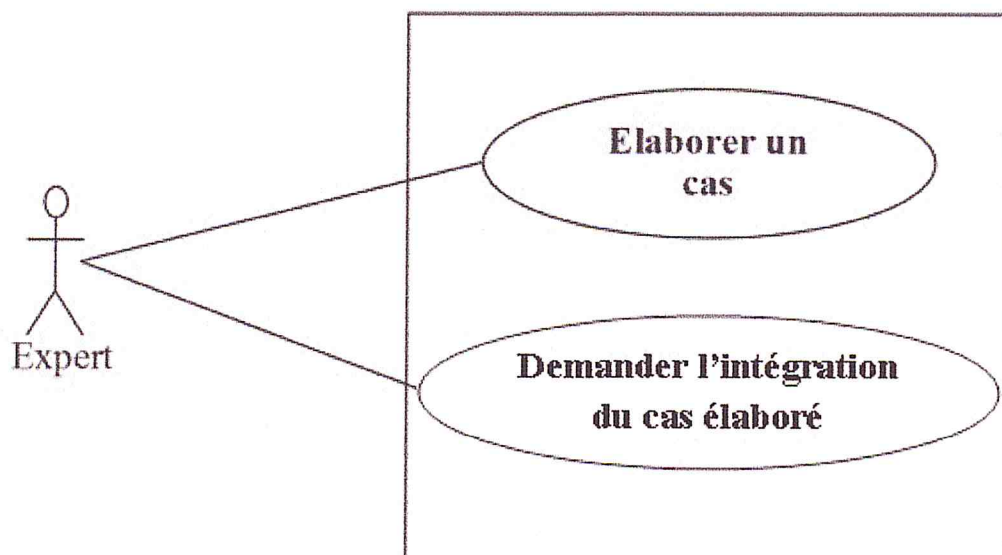
**Acteur :** Expert.

**Description du diagramme:**

Cas Utilisation	Description
Incrémenter la base des cas	Permet l'ajout d'un nouveau cas dans la base des cas
Modifier un cas	Permet de modifier la description d'un cas
Supprimer un cas	Permet de supprimer un cas existant dans la base
Modifier le prix unitaire	Permet la modification du prix unitaire du matériel

*Tableau 4 : Description des cas d'utilisation pour la maintenance de la base des cas*

### 3.1.2.3 Diagramme des cas d'utilisation pour L'incrémentation de la base des cas :



*Figure 10 : Diagramme des cas d'utilisation pour L'incrémentation de la base des cas*

### 3.1.2.4 Diagramme de séquence pour L'incrémentation de la base des cas :

#### Résumé :

Le diagramme de cas d'utilisation pour l'incrémentation de la base des cas est composé d'un cas d'utilisation pour l'élaboration d'un nouveau cas destiné à être ajouté dans la base, et un cas d'utilisation pour l'intégration du cas élaboré dans la base (à ce niveau intervient la procédure d'incrémentation). ces tâches ne sont effectuées que par l'expert.

**Acteur :** Expert.

#### Le scénario :

1. L'expert demande l'ajout d'un nouveau cas dans la base.
2. Le système affiche l'assistant contient l'ensemble les descripteurs d'un cas pour définir la partie générale, géométrique, accessoires, ouvrages et le coût réel.
3. L'expert remplit les champs et demande l'intégration du cas élaboré.
4. Le système exécute la procédure d'incrémentation pour décider l'ajout ou le refus du cas élaboré.
5. Le système informe l'expert de sa décision.

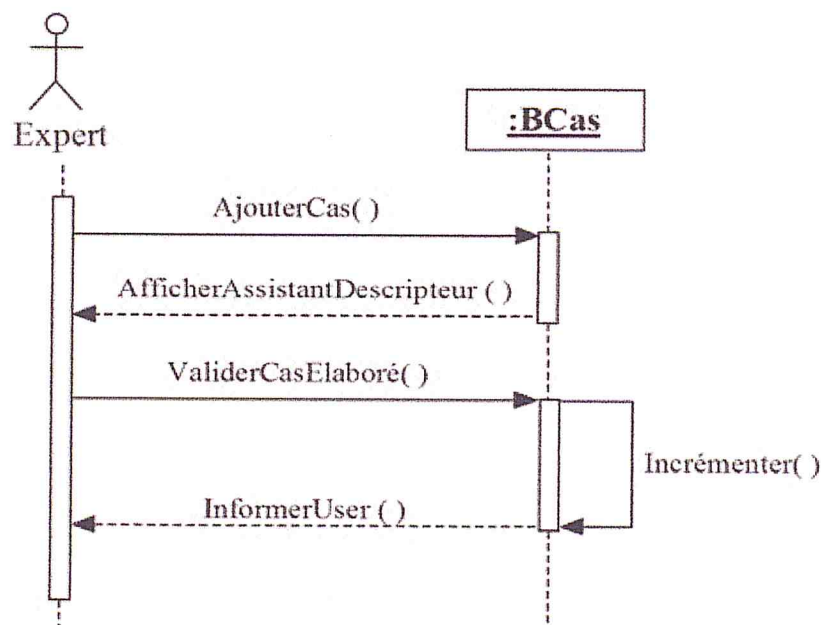


Figure 11 : Diagramme de séquence pour L'incrémentation de la base des cas

### 3.1.2.5 Diagramme des cas d'utilisation pour l'élaboration d'un cas :

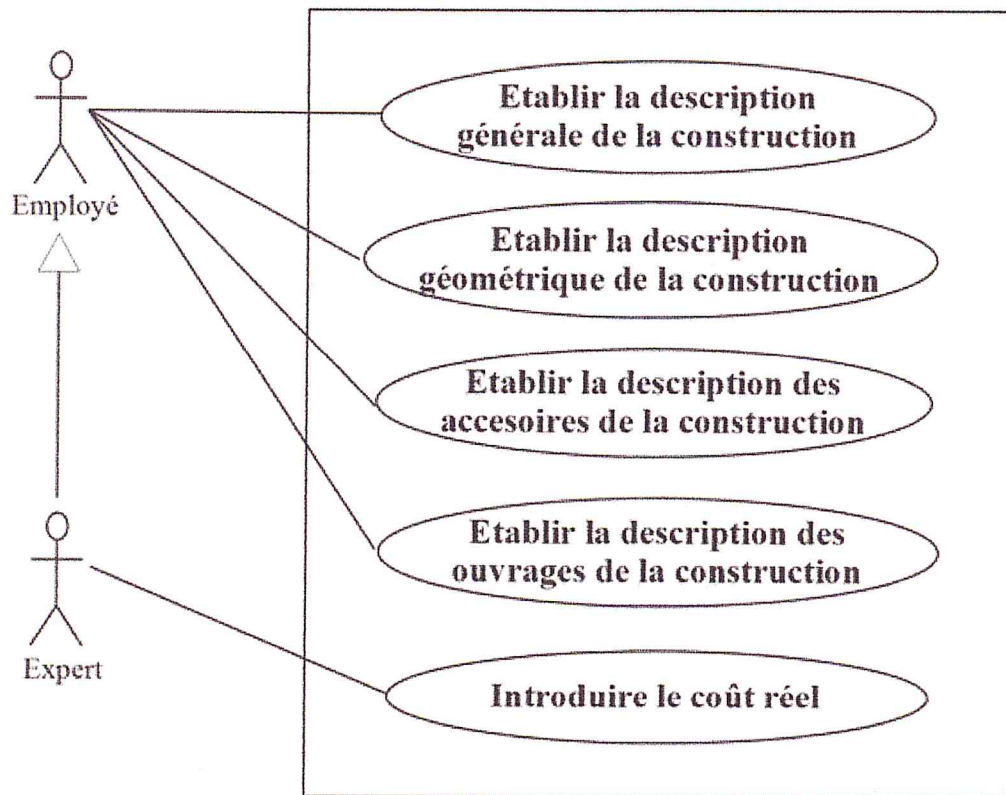


Figure 12 : Diagramme des cas d'utilisation pour l'élaboration d'un cas

### 3.1.2.6 Diagramme de séquence pour l'élaboration d'un cas :

#### Résumé :

Le diagramme de cas d'utilisation pour l'élaboration d'un cas permet de montrer les parties qui sont importantes pour la description d'un cas avant son ajout dans la base ou bien avant de lancer une tâche d'estimation.

**Acteur :** Employé, Expert.

#### Le scénario :

1. L'employé demande l'élaboration d'un cas.
2. Le système affiche l'assistant contient l'ensemble des descripteurs d'un cas pour définir la partie générale, géométrique, accessoires, ouvrages et le coût réel.
3. L'expert remplit les champs et envoie le cas élaboré.

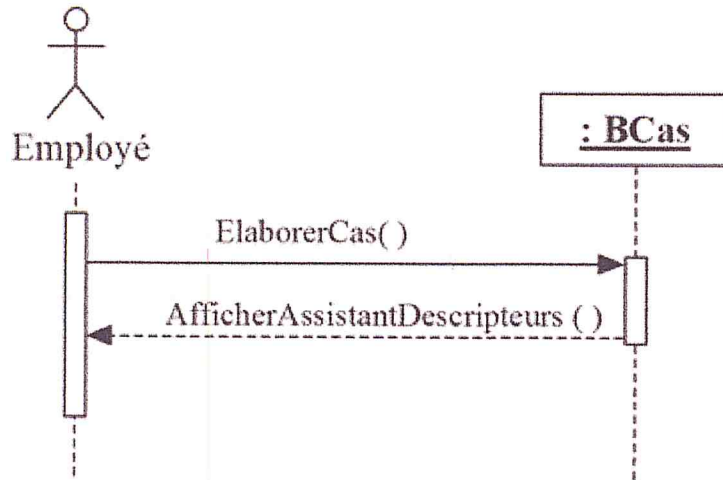


Figure 13 : Diagramme de séquence pour l'élaboration d'un cas

3.1.2.7 Diagramme des cas d'utilisation pour l'intégration d'un cas dans la base:

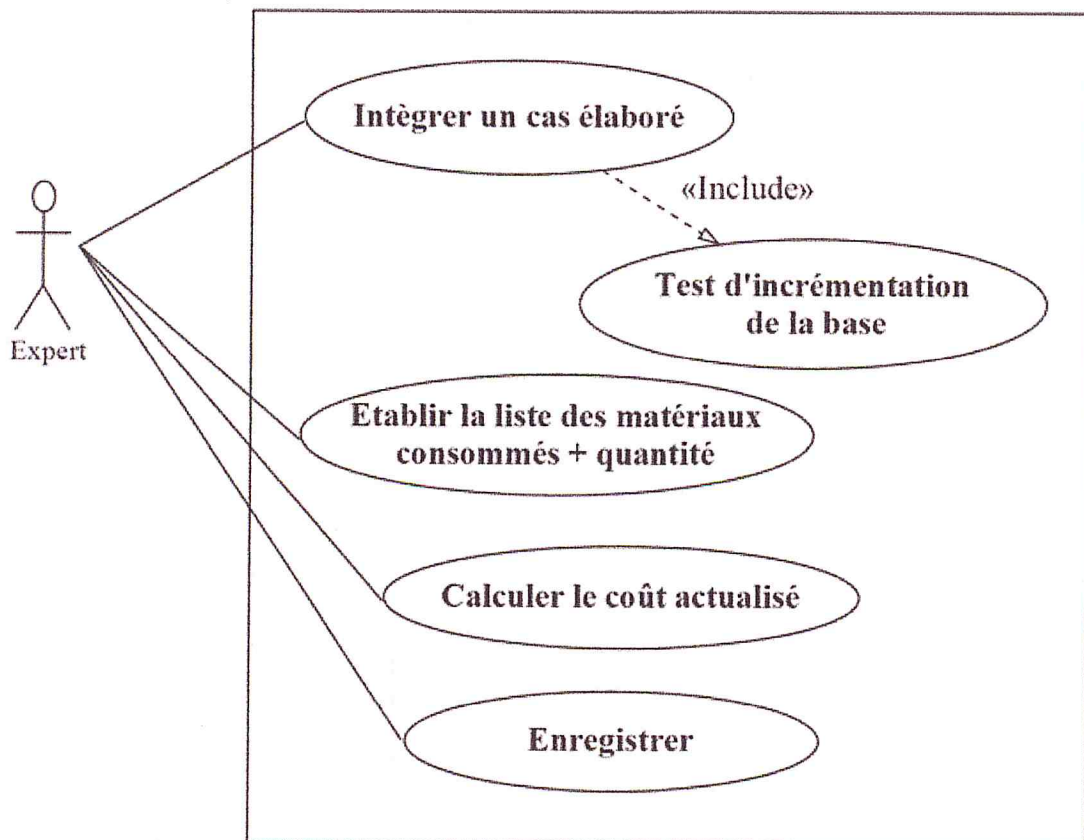


Figure 14. Diagramme des cas d'utilisation pour l'intégration d'un cas dans la base

### 3.1.2.8 Diagramme de séquence pour l'intégration d'un cas dans la base :

#### Résumé :

Le diagramme de cas d'utilisation pour l'intégration d'un cas dans la base montre que la procédure d'incrémentation de la base est déclenchée automatiquement lors de la réception d'un cas élaboré

**Acteur :** Expert.

#### Le scénario :

1. L'expert demande l'intégration d'un cas élaboré dans la base.
2. Le système consulte la base des cas et exécute la procédure d'incrémentation pour décider l'ajout ou le refus du nouveau cas.
3. Le système Informe l'utilisateur de sa décision et si l'intégration du cas est autorisée il demande la liste des matériaux consommés.
4. L'expert établit la liste des matériaux consommés et demande le calcul du coût actualisé de la construction.
5. Le système récupère les prix unitaires et calcule le coût en multipliant le prix unitaire du matériel par sa quantité.
6. Le système affiche le résultat du calcul.
7. L'employé demande l'enregistrement du cas.
8. Le système ajoute la description du cas et son coût actualisé dans la base des cas et enregistre la liste des matériaux consommés.

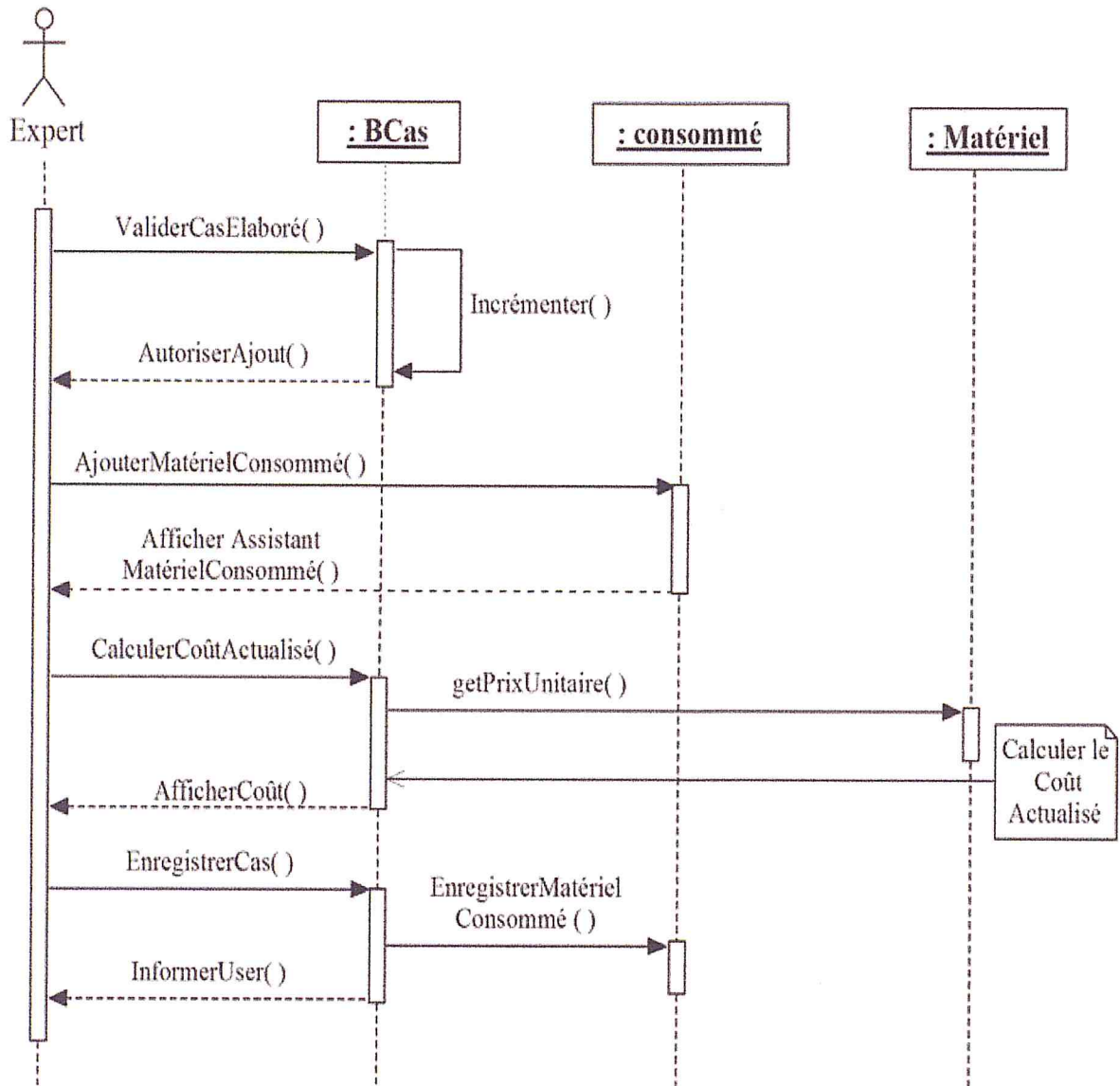


Figure 15 : Diagramme de séquence pour l'intégration d'un cas dans la base



## 3.1.2.9 Diagramme des cas d'utilisation pour la modification d'un cas :

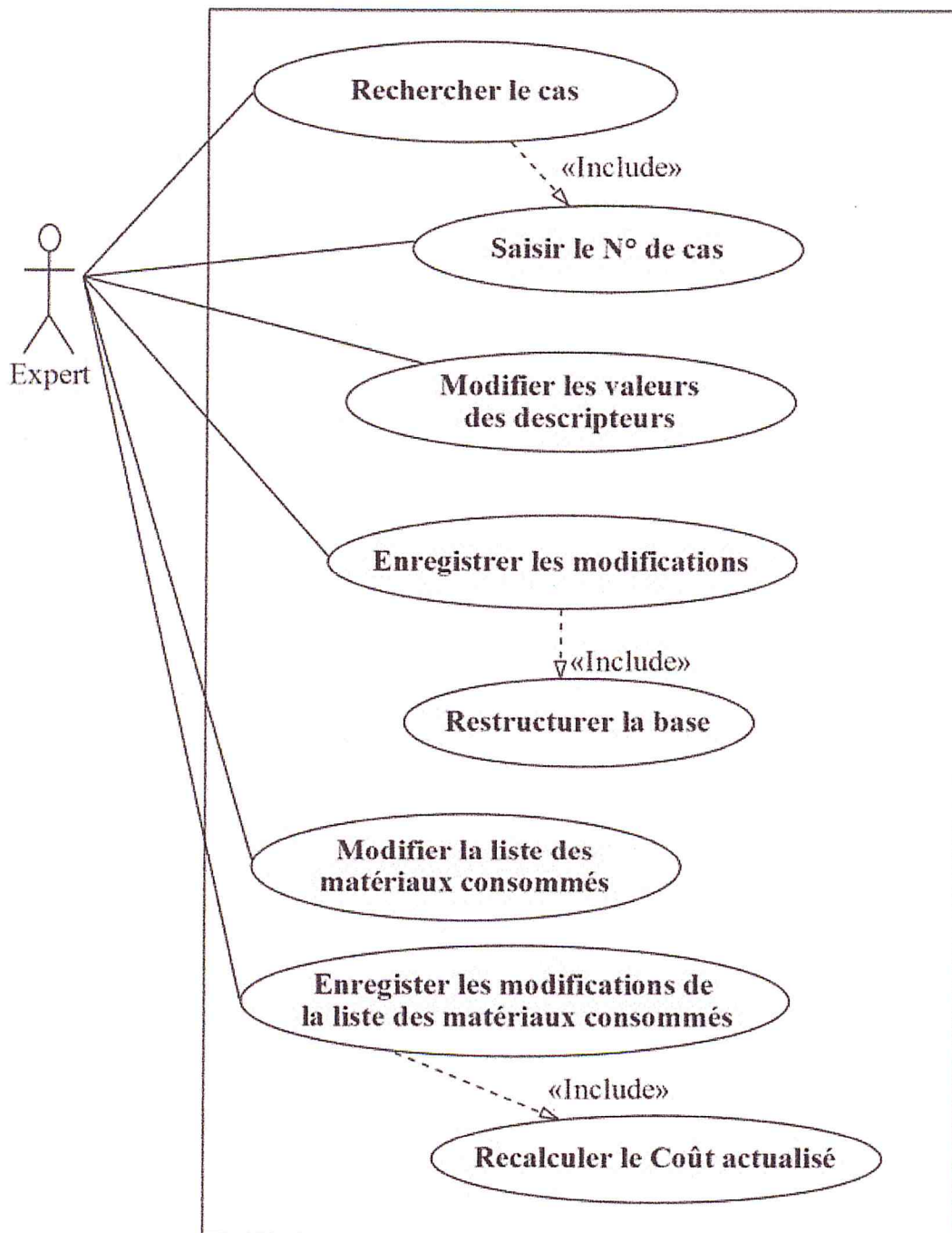


Figure 16 : Diagramme des cas d'utilisation pour la modification d'un cas

### 3.1.2.10 Diagramme de séquence pour la modification d'un cas :

#### Résumé :

Le diagramme de cas d'utilisation pour la modification d'un cas dans la base montre que la procédure de restructuration de la base est déclenchée lors de l'enregistrement d'un cas modifié qui peut ressembler à un cas enregistré.

**Acteur :** Expert.

#### Le scénario :

1. L'expert demande la modification d'un cas existant dans la base.
2. Le système demande le N° du cas à modifier.
3. L'expert saisie le N° du cas.
4. Le système recherche le cas et affiche sa description.
5. L'expert modifie dans les champs des descripteurs et demande l'enregistrement des modifications.
6. Le système lance la procédure de restructuration.
7. Le système enregistre les modifications si la catégorie du cas modifié est pivot sinon il rejette les modifications.
8. Le système informe le user.
9. L'expert demande la modification de la liste des matériaux consommés.
10. Le système récupère et affiche la liste.
11. L'expert effectue les modifications et demande l'enregistrement.
12. Le système recalcule le coût actualisé et informe le user.

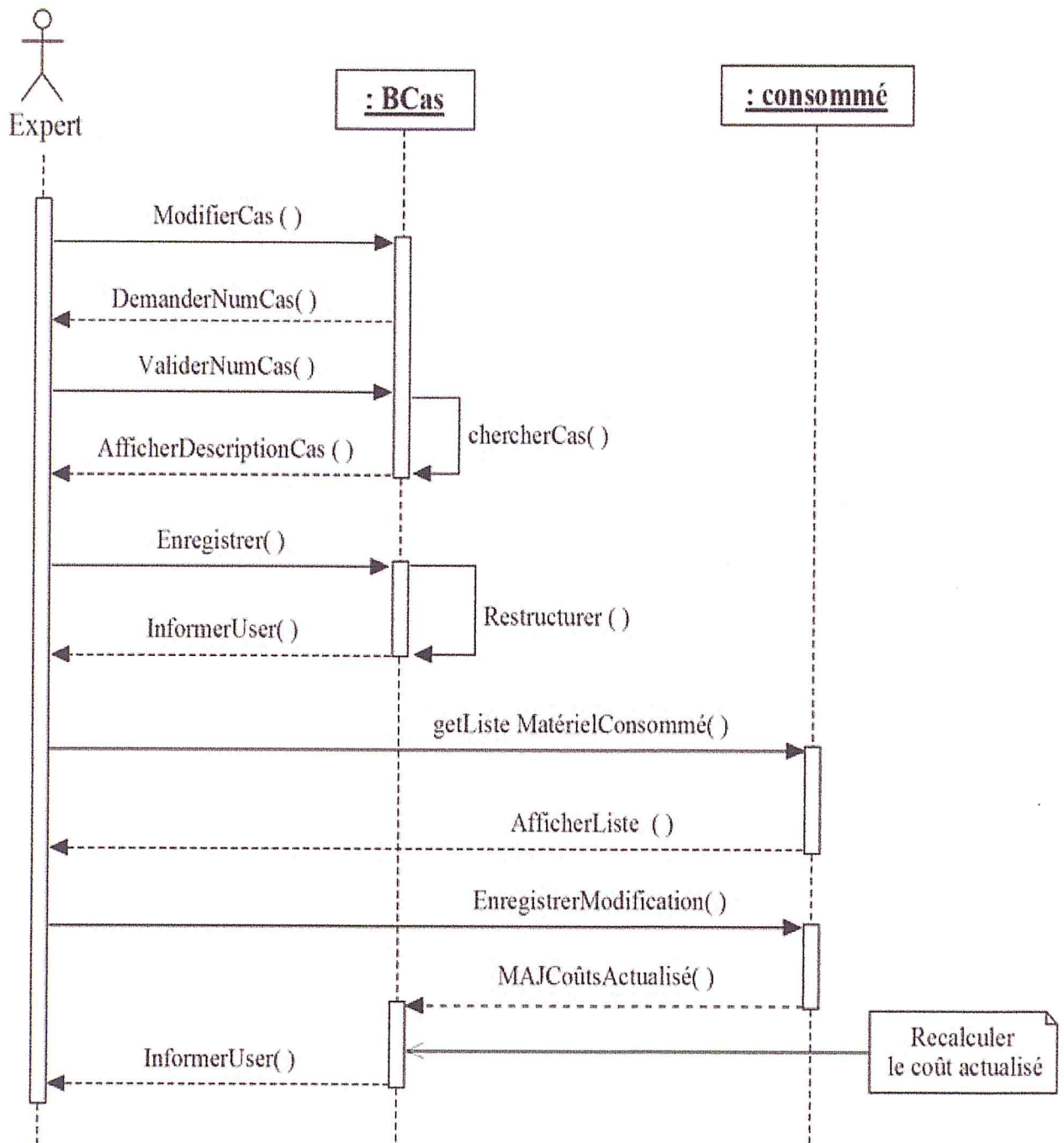


Figure 17 : Diagramme de séquence pour la modification d'un cas

### 3.1.2.11 Diagramme des cas d'utilisation pour la modification des prix unitaires :

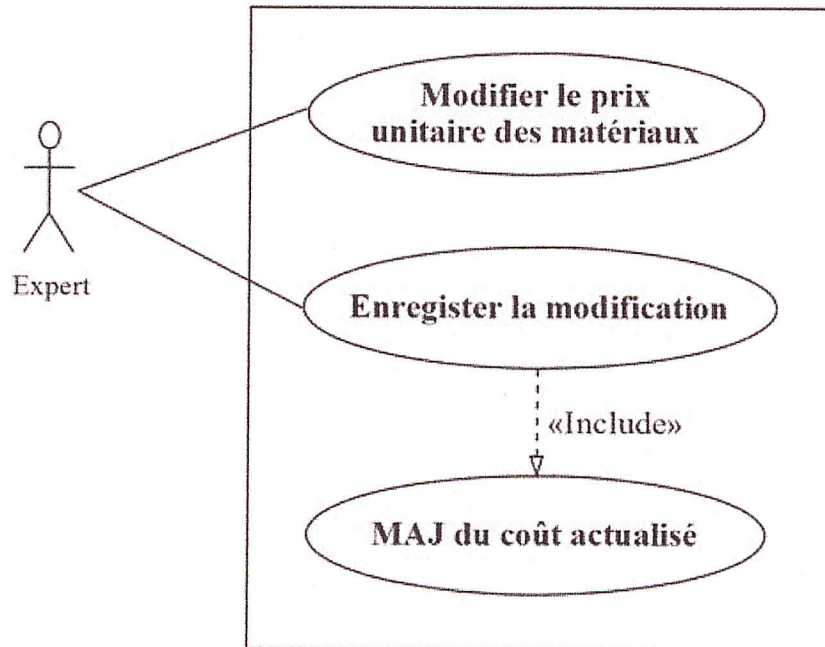


Figure 18. Diagramme des cas d'utilisation pour la modification des prix unitaires

### 3.1.2.12 Diagramme de séquence pour la modification des prix unitaires :

#### Résumé :

Le diagramme de cas d'utilisation pour la modification des prix unitaires montre que la mise à jour du coût actualisé est déclenchée automatiquement après l'enregistrement des modifications.

Acteur : Expert.

#### Le scénario :

1. L'expert demande la modification des prix unitaires.
2. Le système récupère et affiche la liste.
3. L'expert effectue les modifications et demande l'enregistrement
4. Le système recalcule le coût actualisé et informe le user.

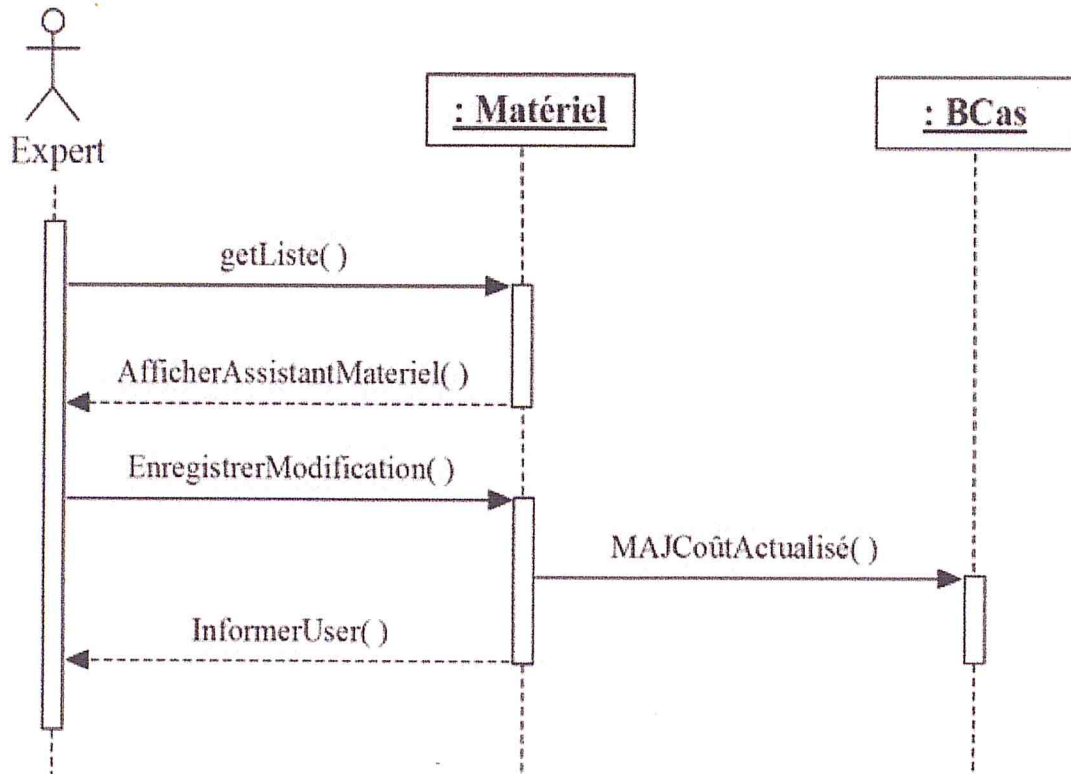


Figure 19 : Diagramme de séquence pour la modification des prix unitaires

3.1.2.13 Diagramme des cas d'utilisation pour la suppression d'un cas :

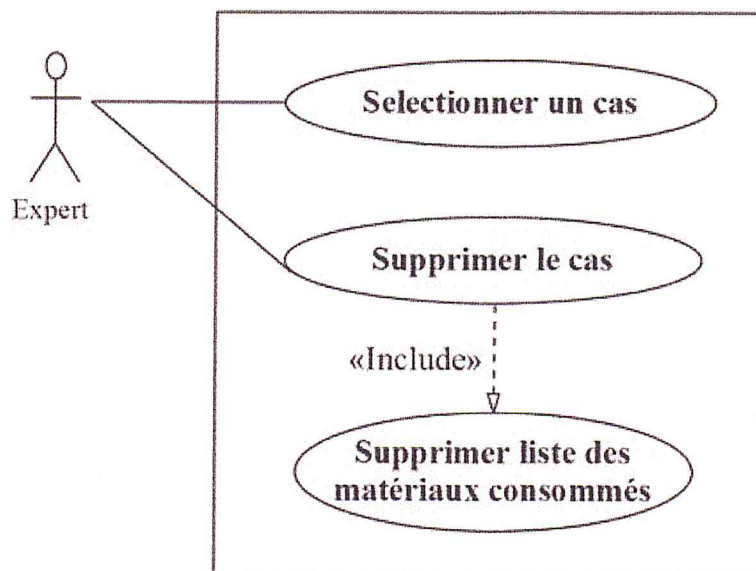


Figure 20 : Diagramme des cas d'utilisation pour la suppression d'un cas

### 3.1.2.14 Diagramme de séquence pour la suppression d'un cas :

#### Résumé :

Le diagramme de cas d'utilisation pour la suppression d'un cas existant dans la base montre que la suppression d'un cas déclenche automatiquement la suppression de la liste des matériaux consommés.

**Acteur :** Expert.

#### Le scénario :

1. L'expert demande la suppression d'un cas.
2. Le système demande le N° cas.
3. L'expert saisie le numéro.
4. Le système sélectionne le cas.
5. Le système demande la confirmation de la suppression.
6. L'expert confirme la suppression.
7. Le système supprime la description du cas et sa liste des matériaux consommés et informe le user.

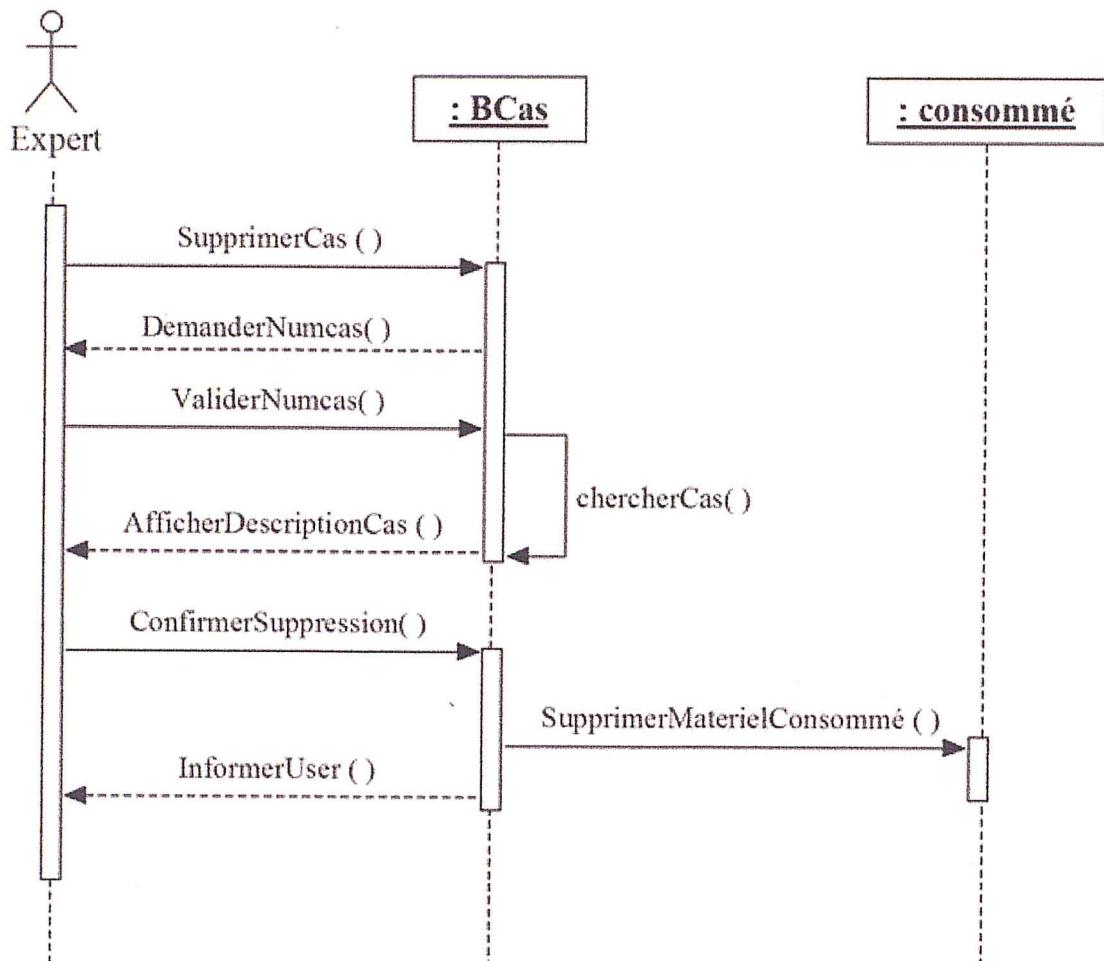


Figure 21 : Diagramme de séquence pour la suppression d'un cas

### 3.1.2.15 Diagramme des cas d'utilisation pour la consultation d'un cas :

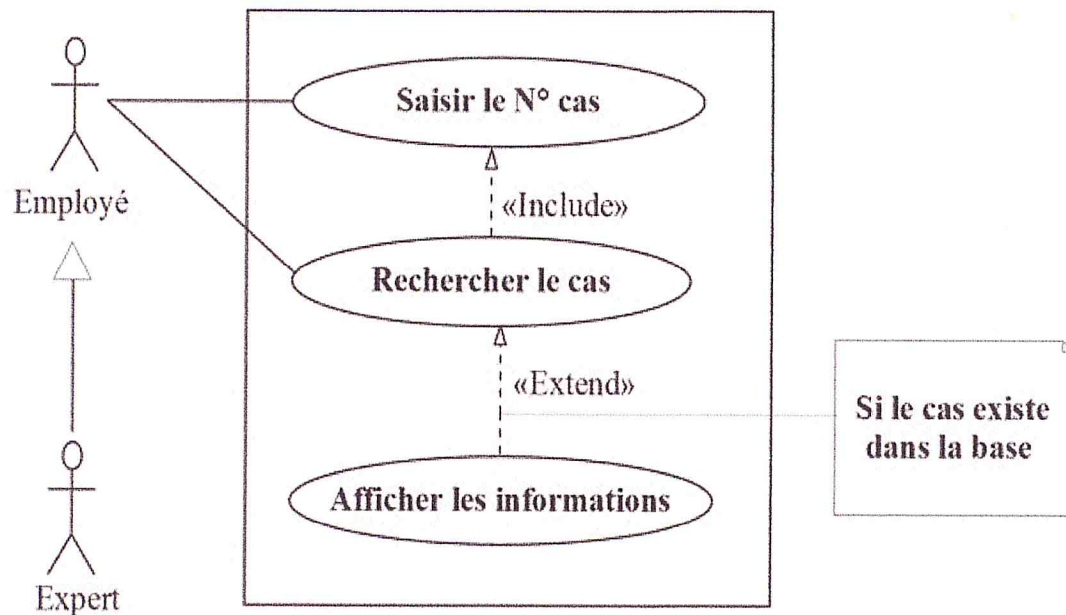


Figure 22 : Diagramme des cas d'utilisation pour la consultation d'un cas

### 3.1.2.16 Diagrammes de séquence pour la consultation d'un cas :

#### Résumé :

Le diagramme de cas d'utilisation pour la consultation d'un cas existant dans la base.

Acteur : Employé, Expert.

#### Le scénario :

1. L'employé demande la consultation d'un cas.
2. Le système demande le N° cas.
3. L'employé saisie le numéro.
4. Le système sélectionne le cas s'il existe et affiche ses informations.



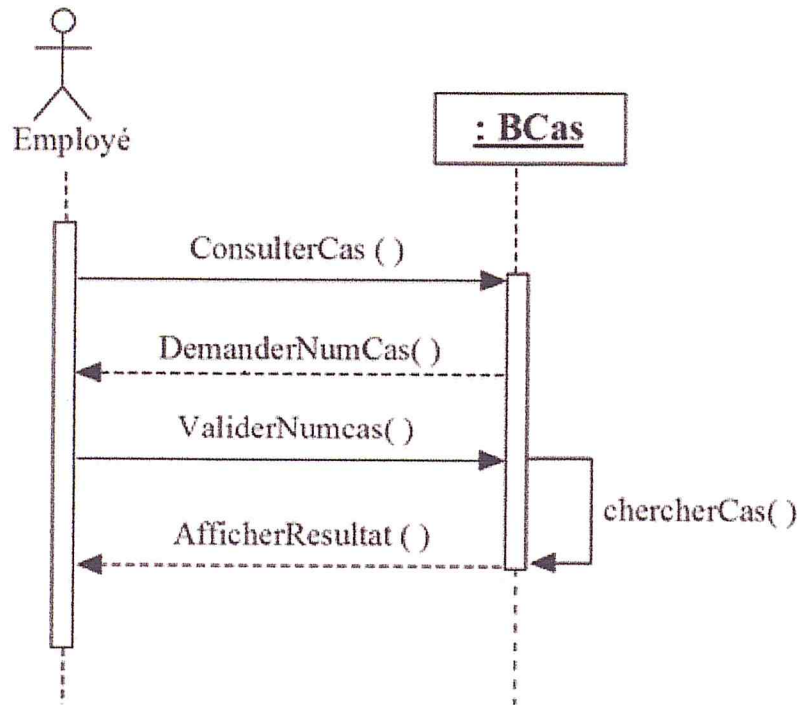


Figure 23. Diagramme de séquence pour la consultation d'un cas

### 3.1.3 Processus On-Line :

#### 3.1.3.1 Diagramme des cas d'utilisation pour l'estimation d'un cas :

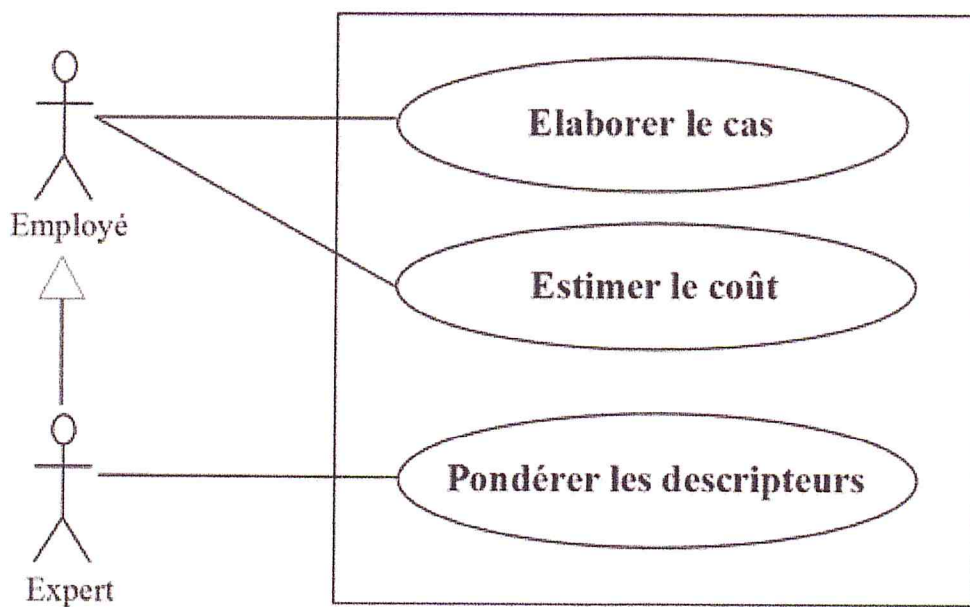


Figure 24. Diagramme des cas d'utilisation pour l'estimation d'un cas

### 3.1.3.2 Diagrammes de séquence pour l'estimation d'un cas :

#### Résumé :

Le diagramme de cas d'utilisation pour estimer un cas met à la disposition de l'utilisateur la tâche d'élaboration et de possibilité de pondération des attributs.

**Acteur :** Employé, Expert.

#### Le scénario :

1. L'employé demande d'estimer un cas.
2. Le système affiche l'assistant contient l'ensemble des descripteurs d'un cas pour définir la partie générale, géométrique, accessoires, et ouvrages.
3. L'employé remplit les champs (la pondération est autorisée que pour l'expert)
4. L'employé lance l'estimation du cas.
5. Le système consulte la base des cas et exécute la procédure d'estimation (K-ppv) pour sélectionner les cas similaires.
6. Le système affiche la liste des cas avec le degré de similarité.

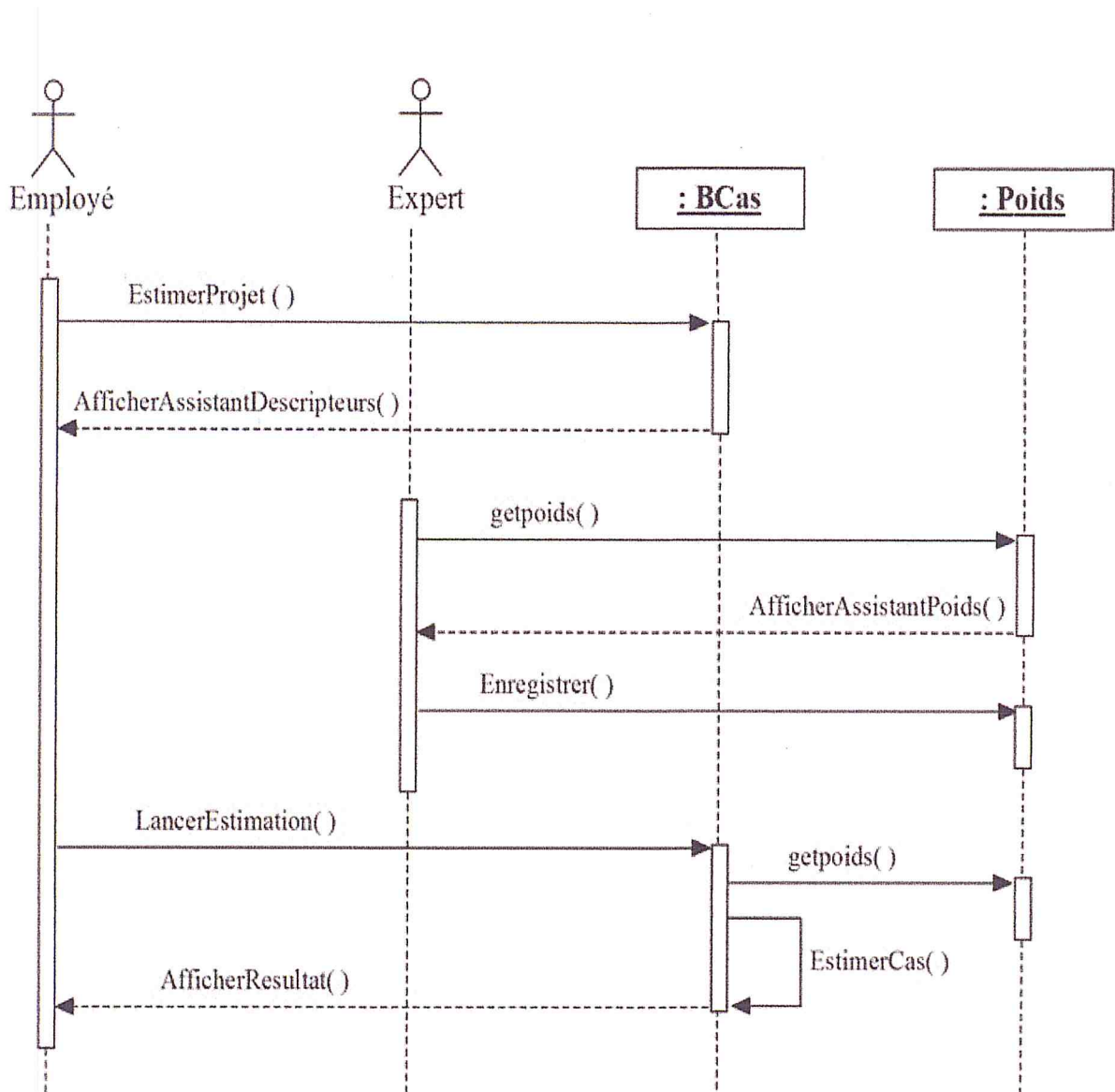


Figure 25 : Diagramme de séquence pour l'estimation d'un cas

### 3.2 Modèle de conception :

#### 3.2.1 Vue logique :

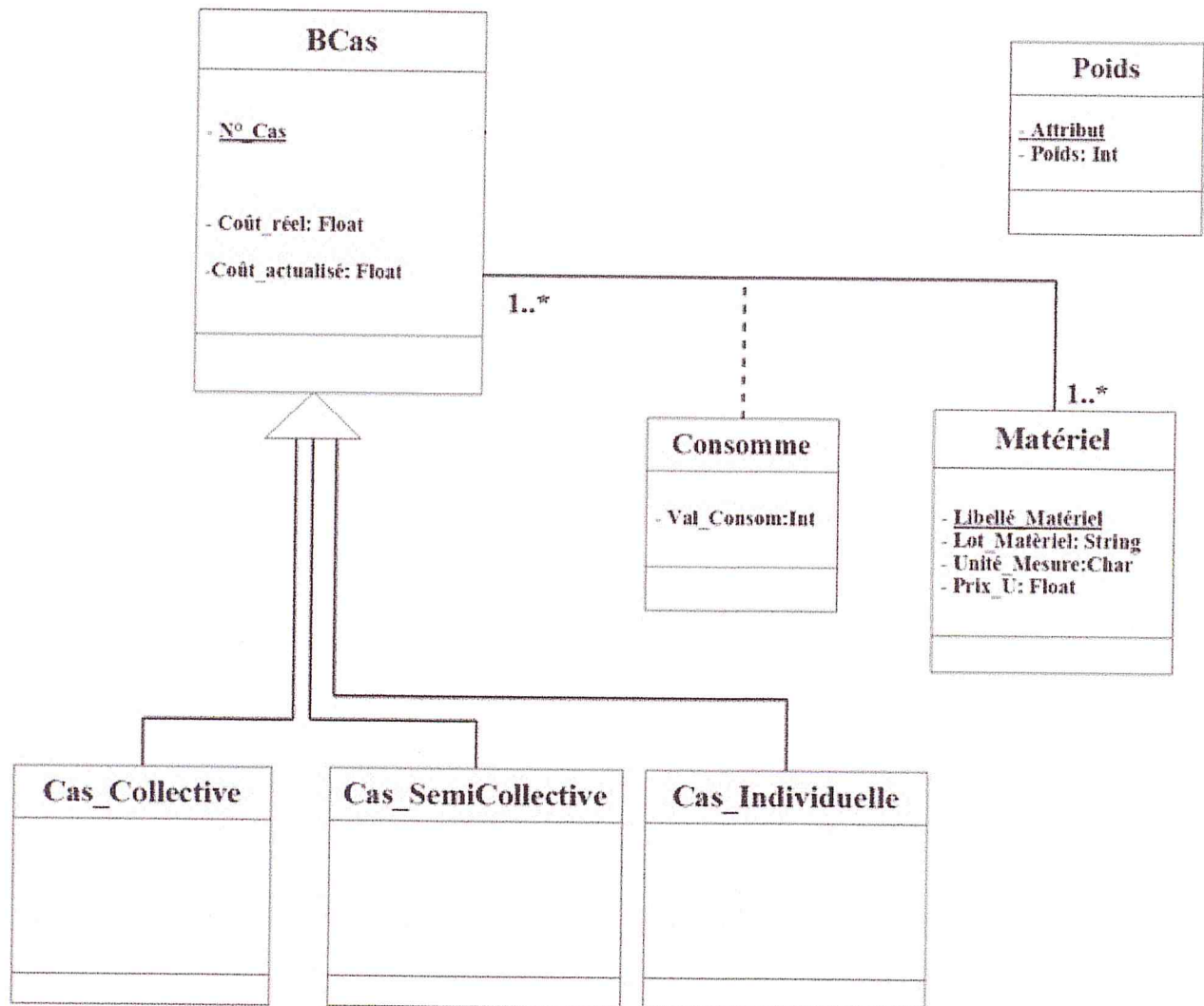


Figure 26 : Diagramme des Classes

## Description des attributs et des opérations :

Classes	Description des attributs et des opérations			
Consomme	<b>Attribut</b>		<b>Type</b>	<b>Valeur</b>
	Valeur Consommée		N	Variable
	<b>Opération</b>		<b>Description</b>	
	+AjouterMatérielConsommé()		Ajout des matériaux consommés	
	+EnregistrerModification()		Enregistrer les modifications	
	+getListMatérielConsommé()		Récupérer liste du matériel consommé	
	+SupprimerMatérielConsommé()		Supprimer les matériaux consommés	
Poids	<b>Attribut</b>		<b>Type</b>	<b>Valeur</b>
	Attribut		A	Variable
	Poids		N	Variable
	<b>Opération</b>		<b>Description</b>	
	+ModifierPoids()		Modification de la valeur du poids	
	+EnregistrerPoids()		Enregistrer les modifications du poids	
	+AttribuerPoids()		Attribuer un poids	
+getPoids()		Récupérer la table des poids		
Matériel	<b>Attribut</b>		<b>Type</b>	<b>Valeur</b>
	Libellé Matériel		A	Variable
	Lot Matériel		A	Gros œuvre, Maçonnerie, Menuiserie, Peinture vitrerie, Plomberie sanitaire.
	Unité Mesure		N	Variable
	Prix Unitaire		N	Variable
	<b>Opération</b>		<b>Description</b>	
	+ModifierMat()		Modification d'un matériel	
	+AjouterMat()		Ajouter un matériel	
	+SupprimerMat()		Suppression d'un matériel	
	+getPrixUnitaire()		Récupérer la table des prix unitaires	
	+getListe()		Récupérer la liste	
	+EnregistrerModification()		Enregistrer les modifications	
	BCas	<b>Attribut</b>		<b>Type</b>
N° Cas		N	Variable	
Date de réalisation		D	Variable	
Wilaya commune adresse		AN	Variable	
commune		A	Variable	
Régularité en Plan		A	Régulière, Faible Régularité, Irrégulière	
Type de la structure		A	Mure porteur, Ossature, Spatiale	
Type du sol		A	Rocheux, Ferme, Meuble, Très Meuble, Inconnue	
Implantation de l'ouvrage		A	terrain instable, Abords d'une Falaise, en Haut ou en Bas d'une Colline, Au bord d'une rivière ou d'un oued, sur un terrain accidenté	

<b>BCas</b>	Zone sismique	A	OUI/NON
	Nombre de niveaux	N	Variable
	Surface terrain	N	Variable
	Surface bâtie	N	Variable
	Surface sous sol	N	Variable
	Capacité de la bache d'eau	N	Variable
	Surface du terrain Sport	N	Variable
	Type de piscine	A	Bassin Adulte, Bassin Intermédiaire, Pataugeoire
	Profondeur piscine	N	Variable
	Surface piscine	N	Variable
	Nombre de cheminés	N	Variable
	Présence de conduit de fumé	A	OUI/NON
	Type de menuiserie	A	Luxe, Moyenne, Simple, Mixte
	Qualité de la vitrerie	A	Luxe, Moyenne, Simple, Mixte
	Type de volet	A	Battant, Roulant encastré
	Nombre de portes d'entrée	N	Variable
	Nombre de portes chambres	N	Variable
	Nombre de fenêtres	N	Variable
	Nombre de portes fenêtres	N	Variable
	Nombre de portails	N	Variable
	Type de portails	A	portail à ouverture battante, coulissante, à relevage en pente, a deux Vantaux
	Type de revêtement Sol	A	Luxe, Moyenne, Simple, Mixte
	Type de revêtement Extérieur	A	Luxe, Moyenne, Simple, Mixte
	Type de revêtement Intérieur	A	Luxe, Moyenne, Simple, Mixte
	Type du revêtement terrain sport	A	Luxe, Moyenne, Simple, Mixte
	Type de peinture	A	Luxe, Moyenne, Simple, Mixte
	Type de plomberie	A	Luxe, Moyenne, Simple, Mixte
	Nombre baignoire	N	Variable
	Nombre de lave main	N	Variable
	Nombre d'éviers	N	Variable
Nombre de lavabos	N	Variable	
Energie utilisée	A	gaz, mazout, propane, électricité, bois, énergie solaire, énergie éolienne.	

<b>BCas</b>	Présence de système d'incendie	A	OUI/NON
	Présence de système de surveillance	A	OUI/NON
	Réseau d'eau froide	A	OUI/NON
	Evacuation	A	OUI/NON
	Distribution GAZ	A	OUI/NON
	Distribution électricité	A	OUI/NON
	Présence d'ascenseur	A	OUI/NON
	Epaisseur de décapage des terres végétales	N	Variable
	Type de fouille	A	Rigole, Tranchée, Puits en excavation
	Nombre de fouille	N	Variable
	Largeur de fouille	N	Variable
	Longueur de fouille	N	Variable
	Hauteur de fouille	N	Variable
	Type de Renforcement de fouille	A	Blindage / Talus
	Dosage du béton armé	N	Variable
	Type de constitution d'Armatures	A	aciers, autres
	Nombre de poteaux	N	Variable
	Type de remplissage	A	Béton armé...
	Nombre de poteaux métallique	N	Variable
	Nombre de poutres	N	Variable
	Qualité d'acier	N	12,...
	Type de dallage	A	ciment, pierre, brique
	Type de plancher	A	Béton armé, Bois, métallique,
	Type de terrasse	A	Accessible, Non Accessible, Tuile
	Disposition de la couche de pare-vapeur	A	OUI/NON
	Type d'isolation	A	liège, polystyrène
	Type de murs extérieures	A	double paroi, simple paroi
	Type de murs intérieures	A	double paroi, simple paroi
	Surface d'enduit ciment extérieur	N	Variable
	Surface d'enduit ciment intérieur	N	Variable
Surface d'enduit plâtre	N	Variable	
Surface de revêtement ciment extérieur	N	Variable	
Surface de revêtement ciment intérieur	N	Variable	
Surface revêtement Sol	N	Variable	

<b>BCas</b>	Langueur de plinthes	N	Variable	
	Surface peinture Plafond	N	Variable	
	Surface peinture Mures	N	Variable	
	<b>Opération</b>		<b>Description</b>	
	+ModifierCas ( )		Modification d'un cas	
	+AjouterCas ( )		Ajouter d'un cas	
	+SupprimerCas ( )		Suppression d'un cas	
	+CalculerCoûtActualisé ( )		Calculer le coût global de la construction	
	+MAJCoûtActualisé ( )		MAJ du coût actualisé	
	+ChercherCas ( )		Rechercher cas	
	+EnregistrerCas ( )		Enregistrer un cas	
	+AutoriserAjout ( )		Autoriser l'ajout d'un cas	
	+AfficherCoût ( )		Afficher le coût	
	+DemanderNumCas ( )		Demander le numéro du cas	
	+AfficherResultat ( )		Afficher le résultat	
	+Restructurer ( )		La restructuration de la base des cas	
	+Incrémenter ( )		L'ajout de nouveau cas	
	+Estimer ( )		Calcule de la valeur de similarité	
	+ValiderCasElaboré( )		Valider un cas élaboré	
+ElaborerCas( )		Elaborer un cas		
<b>Cas_Individuel</b>	<b>Attribut</b>	<b>Type</b>	<b>Valeur</b>	
	Nombre de pièces	N	Variable	
	Nombre de balcons	N	Variable	
	Surface jardin	N	Variable	
	Surface Terrasse	N	Variable	
	Surface de garage	N	Variable	
<b>Cas_Collectif</b>	<b>Attribut</b>	<b>Type</b>	<b>Valeur</b>	
	Nombre de pièces	N	Variable	
	Nombre de Balcons	N	Variable	
	Nombre de cuisines collectives	N	Variable	
	Nombre de salles de bain collectives	N	Variable	
	Nombre de WC collectives	N	Variable	
	Surface jardin collectif	N	Variable	
	Surface Terrasse collective	N	Variable	
Surface du parking	N	Variable		
<b>Cas Semi_Collectif</b>	<b>Attribut</b>	<b>Type</b>	<b>Valeur</b>	
	Nombre d'Appartements	N	Variable	
	Type Appartement	N	Variable	
	Nombre de terrasses individuelles	N	Variable	
	Nombre de garage individuel	N	Variable	
	Escaliers individuels	N	Oui /Non	

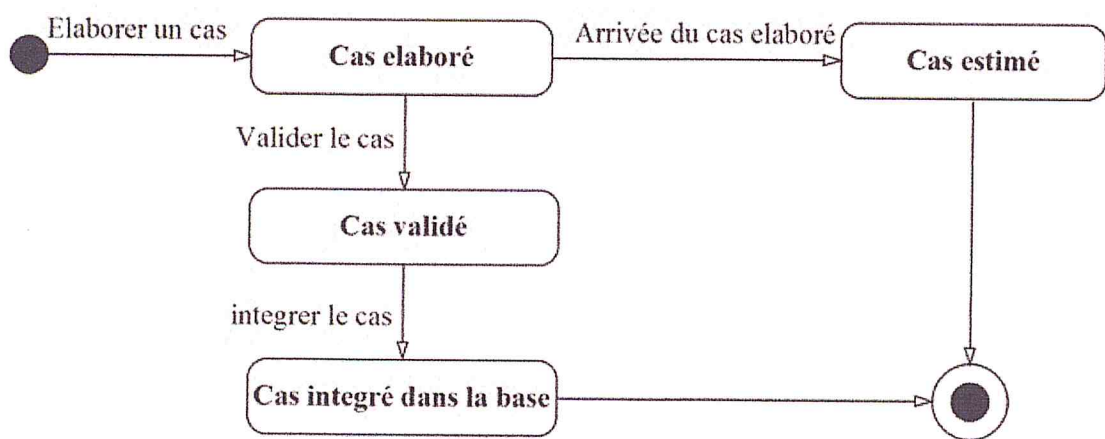


<b>Cas Semi_Collectif</b>	Nombre max de Balcon par appartement	N	Variable
	Nombre min de Balcon par appartement	N	Variable
	Surface jardin individuel	N	Variable
	Surface Terrasse individuelle	N	Variable
	Surface Terrasse collective	N	Variable
	Surface garage collectif	N	Variable
	Surface garage individuel	N	Variable

*Tableau 5 : Description des classes (Attributs et Opérations)*

### 3.2.2 Vue processus :

#### 3.2.2.1 Diagramme d'états de transition :



*Figure 27 : Diagramme d'état de transition de la classe Construction*

### 3.2.2.2 Diagrammes d'activités :

#### Diagramme d'activité de l'estimation d'une construction:

Ce diagramme d'activité représente la phase d'Elaboration d'un cas et la phase de Remémoration d'un cas dans le cycle de raisonnement à base de cas.

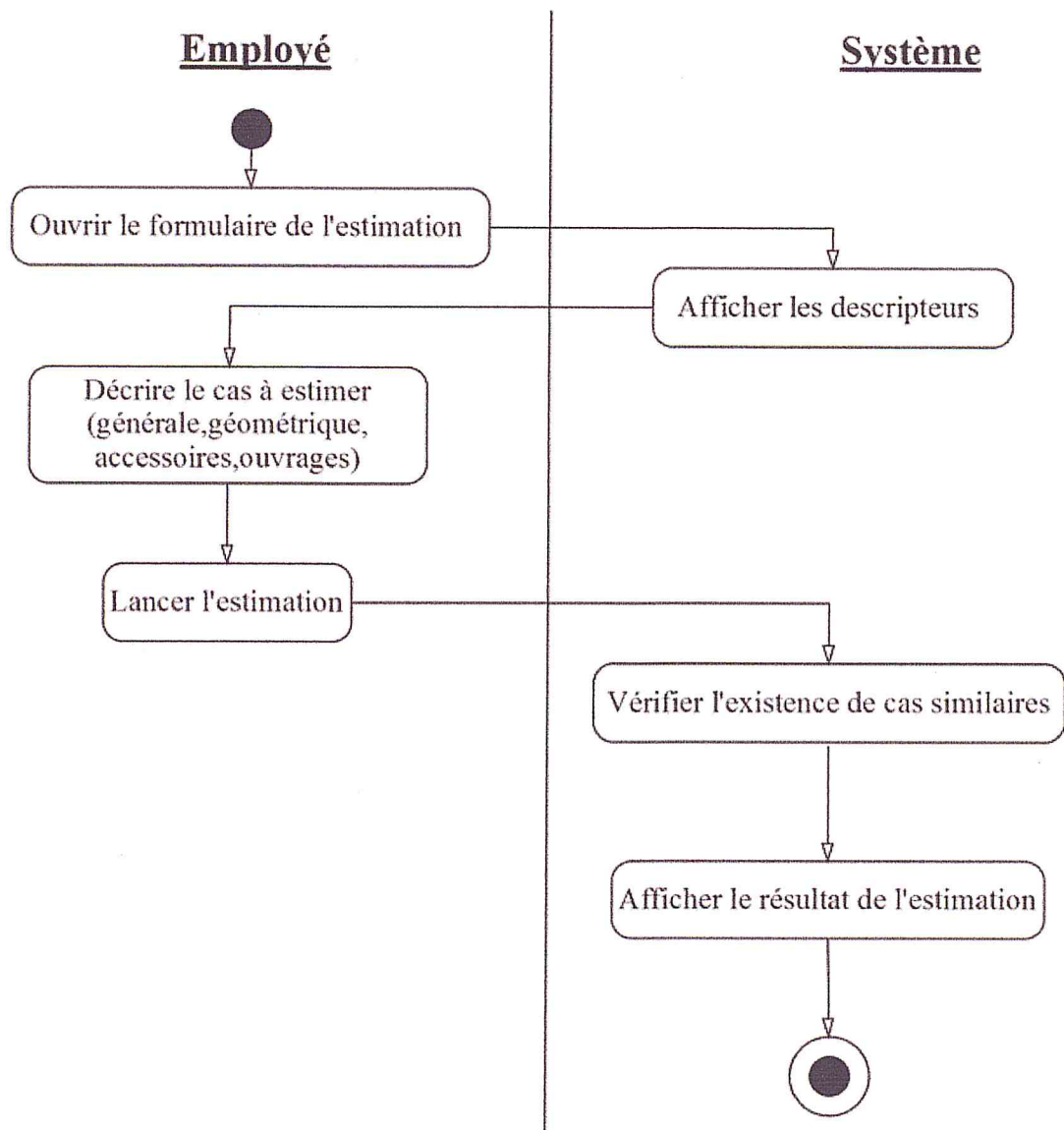


Figure 28 : Diagramme d'activité de l'estimation d'une construction

**Diagramme d'activité de l'ajout d'un cas:**

Ce diagramme d'activité représente la phase d'Apprentissage est illustrée par l'activité : *incrémenter la BC*.

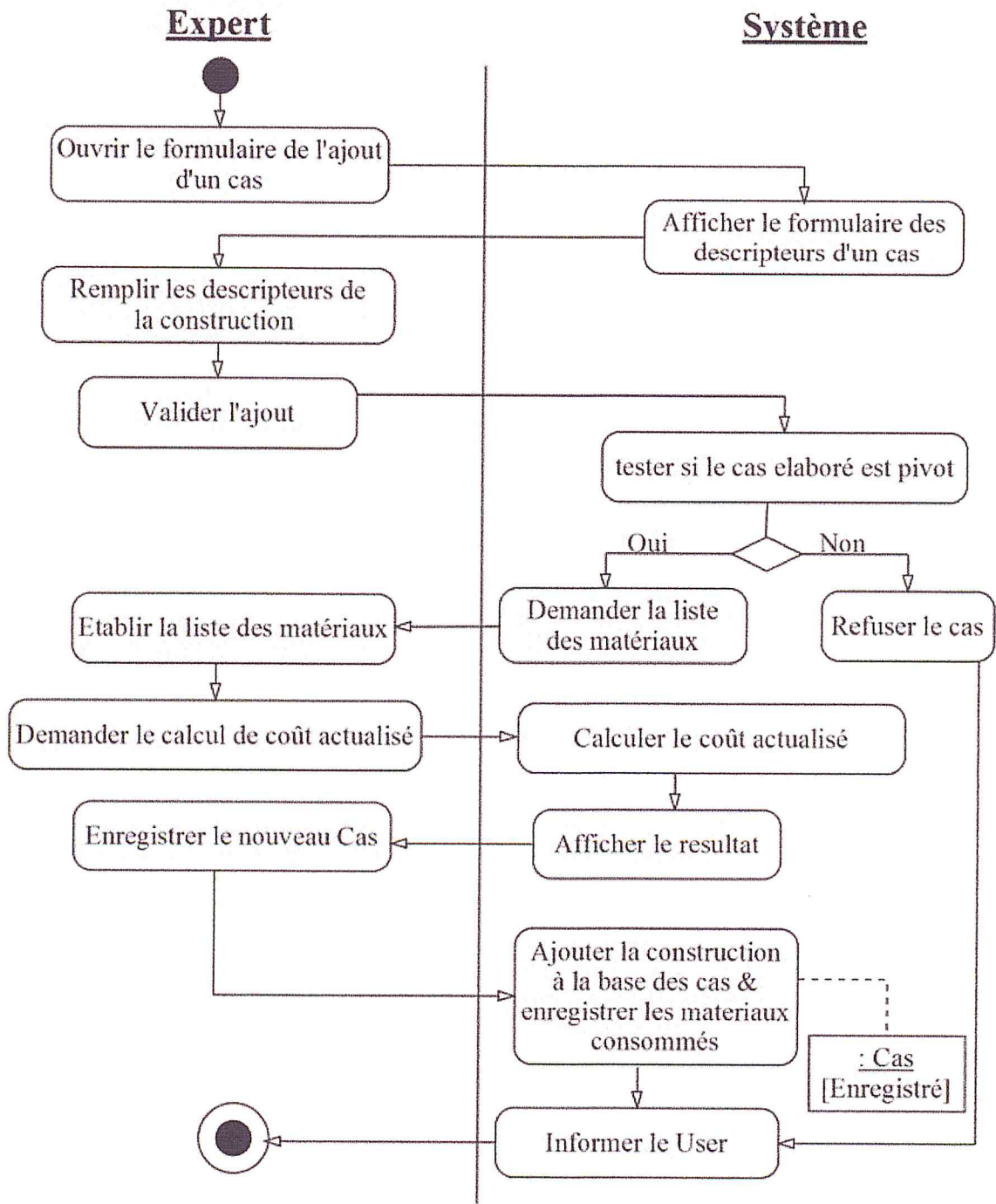
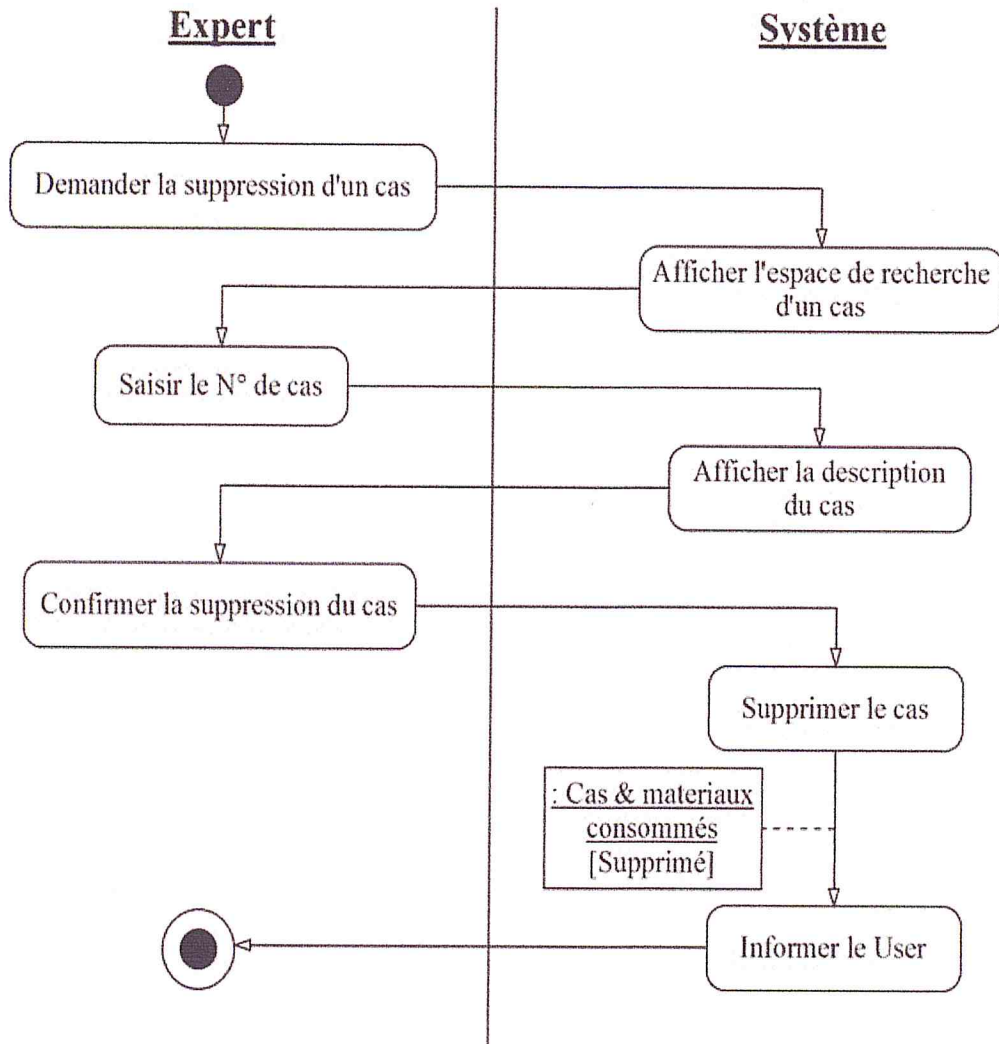


Figure 29 : Diagramme d'activité de l'ajout d'un cas

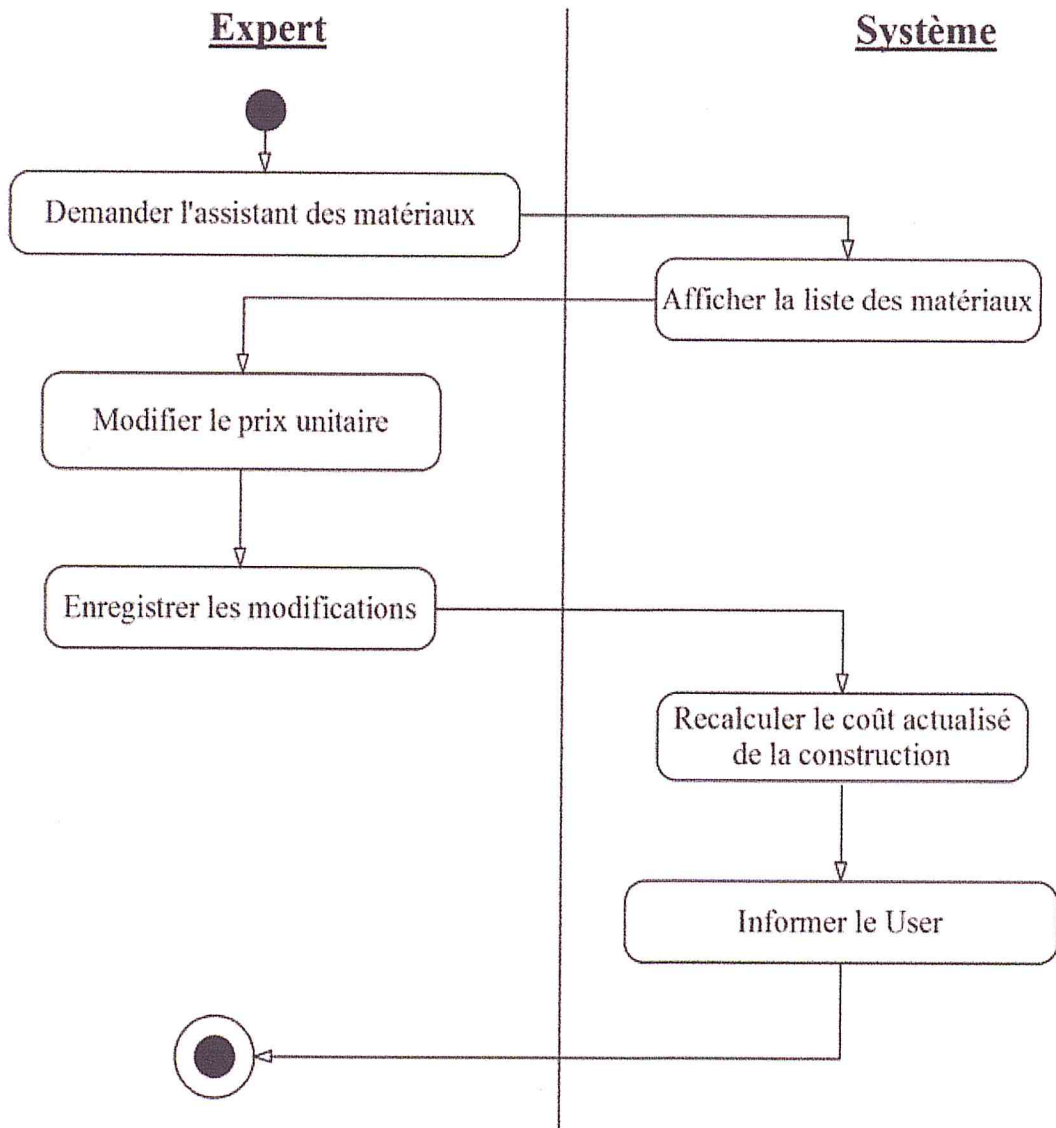


**Diagramme d'activité de la suppression d'un cas :**



*Figure 31 : Diagramme d'activité de la suppression d'une construction*

**Diagramme d'activité modifier prix unitaire des matériaux :**



*Figure 32 : Diagramme d'activité modifier prix unitaire des matériaux*

### 3.3 Modèle d'implémentation :

#### 3.3.1 Architecture physique :

Pour que notre application dure dans le temps et reste utile devant les changements que peuvent arriver dans notre organisme d'accueil nous proposons le diagramme de composant et de déploiement suivants qui montre l'architecture physique de notre application en adoptant l'architecture 3-tiers définie par les trois couches suivantes :

1. **Niveau présentation** : responsable de l'affichage des interfaces graphiques qui permettent l'interaction entre l'utilisateur et la machine. Dans notre cas nous définissons les interfaces suivantes :
  - *Authentication* : pour vérifier l'autorisation d'accès à la base de données pour effectuer des opérations de mise à jour.
  - *Interface de consultation et d'estimations* : qui sont utilisées par tous les employés
2. **Niveau d'application métier** : s'occupe de la gestion des requêtes des utilisateurs.
3. **Niveau de données** : pour le stockage permanent des données de l'application.

#### 3.3.2 Diagramme de composant :

Le diagramme de classe suivant est établi en tenant en compte l'outil de réalisation PHP.

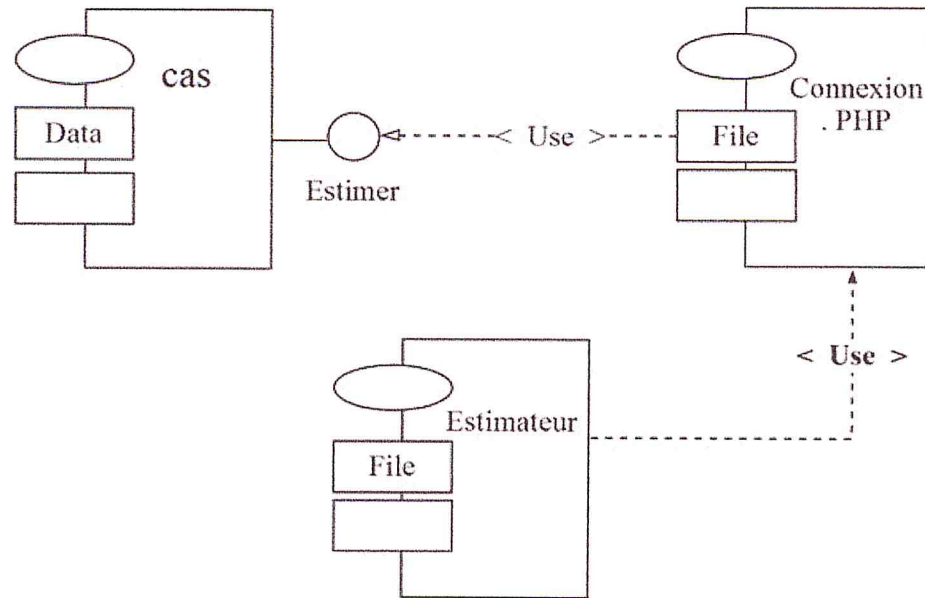


Figure 33 : Diagramme de composant pour l'interface Employé

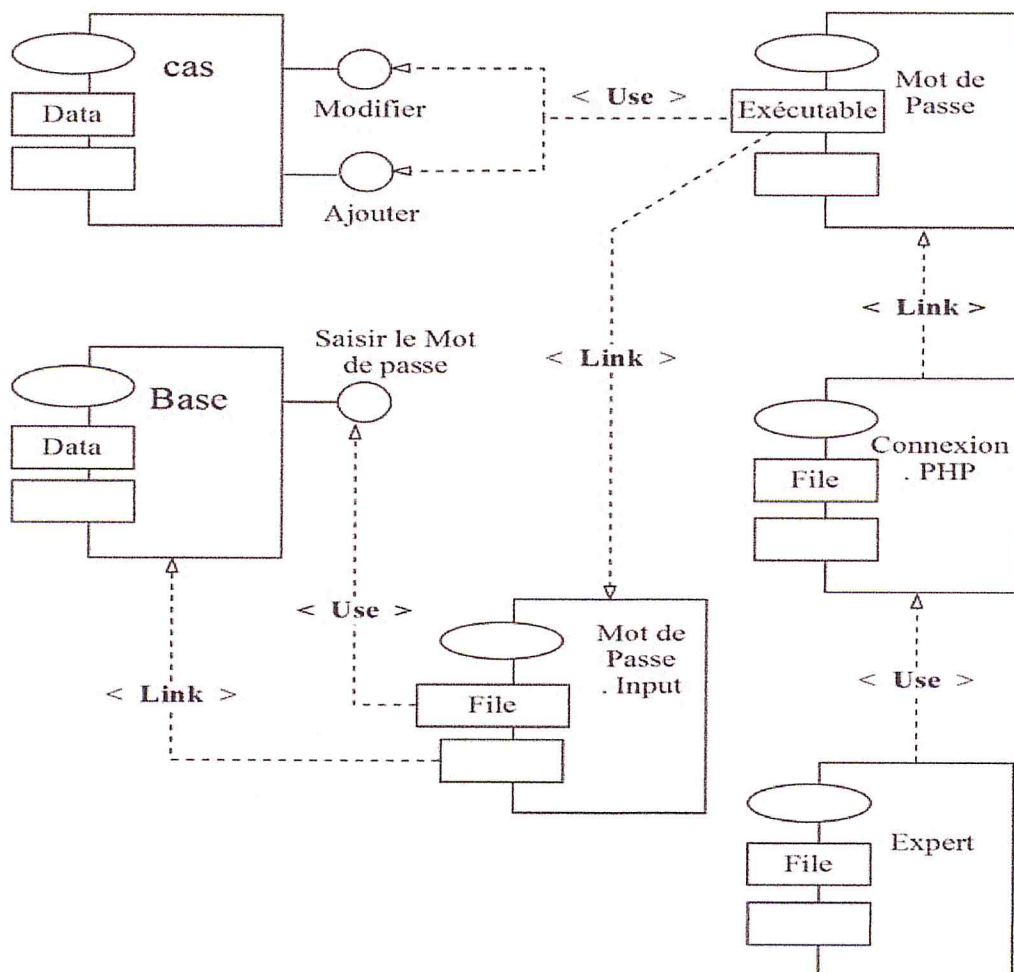
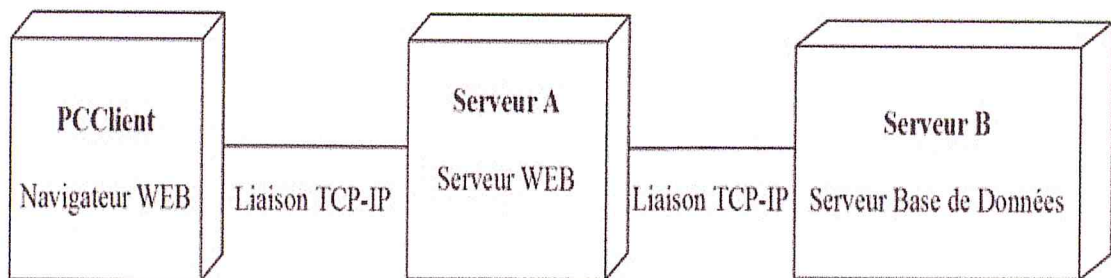


Figure 34 : Diagramme de composant pour l'interface Expert



### 3.3.3 Diagramme de déploiement :

Le diagramme de déploiement suivant montre l'architecture matérielle du système, ainsi que le lien de communication entre les différentes entités pour son déploiement :



*Figure 35 : Diagramme de déploiement*

### 3.4 Modèle Relationnel :

#### 3.4.1 Les règles de passage :

Nous présentons dans ce qui suit les règles de passage du modèle objet au modèle relationnel.

##### Regle1 :

Le schéma suivant montre le passage d'une classe à une table dans la base de données. L'identifiant de la classe devient une clé primaire dans la table [22].

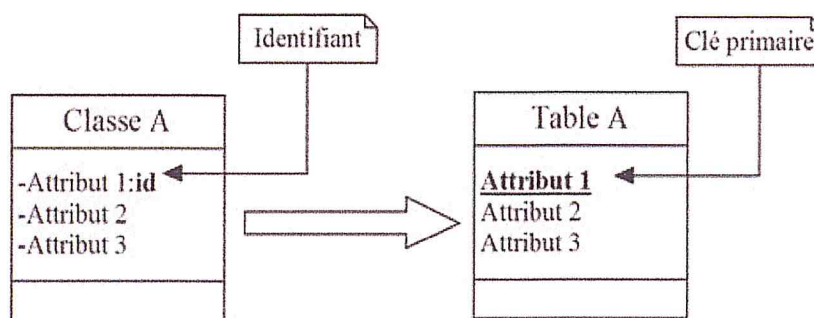


Figure 36: Transformation d'une classe

##### Regle2 :

Cette règle de passage s'applique à toutes les relations comportant (x, 1) dans une extrémité de la relation (avec x appartenant à {0,1}). dans cette situation, on applique la règle de passage précédente. En plus, la clé primaire de la table B migre vers la table A et devient une clé étrangère [22].

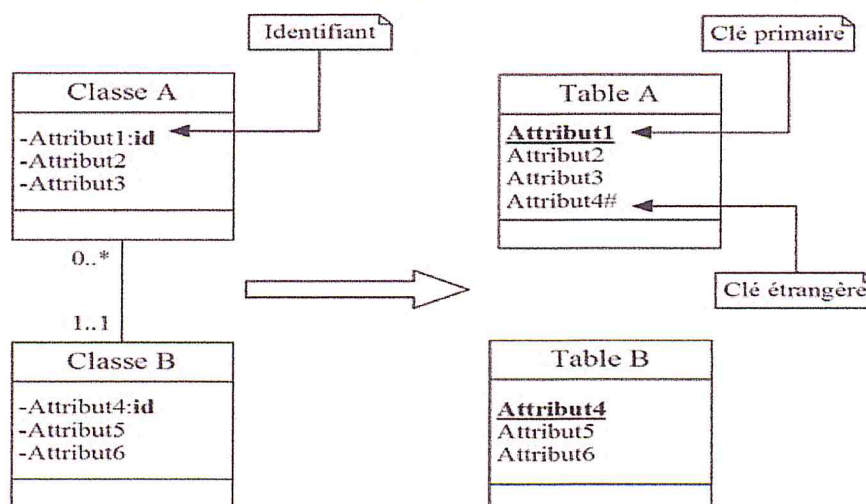


Figure 37 : Transformation d'une relation un à plusieurs

**Règle3:**

Dans le cas d'une relation plusieurs, on appliquant la première règle de passage. En plus, la relation entre les deux classes devient une table et les clés primaires des deux classes migrent vers cette table et forment ensemble la clé primaire [22].

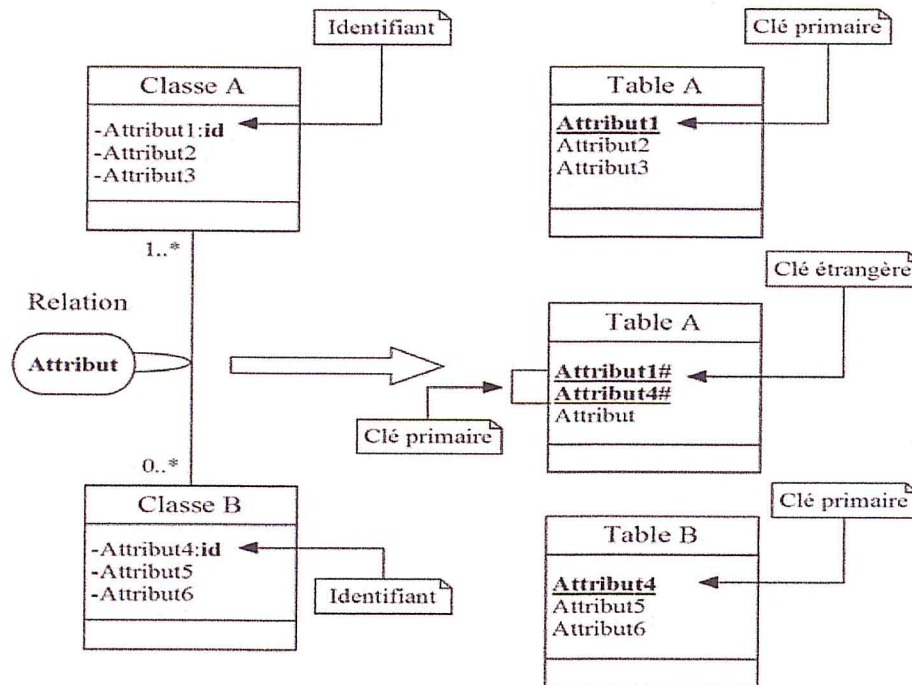


Figure 38 : Transformation d'une relation plusieurs à plusieurs

**Règle4 :**

Dans cette situation, on applique la première règle. En plus, la clé de la classe A migre vers la classe B comme clé étrangère [22].

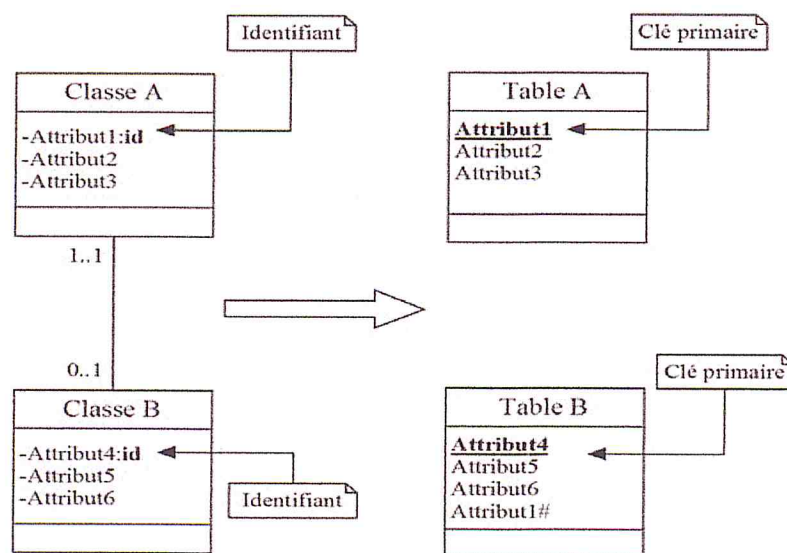


Figure 39 : Transformation d'une relation un à un

**Règle5 :**

Le principe consiste à créer une seule classe qui contient les attributs de la super classe et ceux de toutes les sous-classes, en ajoutant un attribut pour distinguer les différentes sous classes. Puis, on applique la règle une [22].

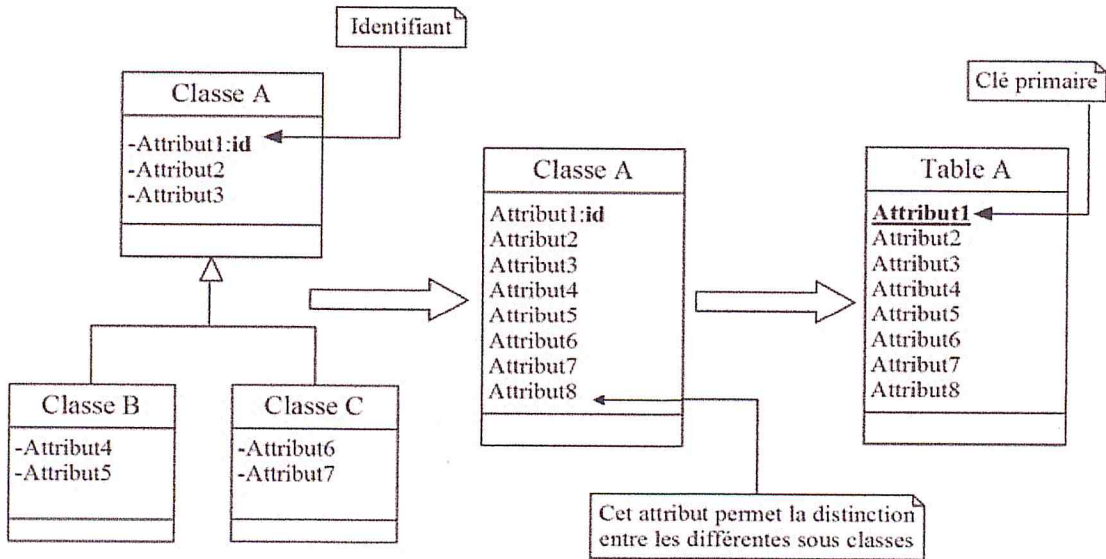


Figure 40 : Transformation d'une relation d'héritage

**Règle6 :**

Dans le cas d'une relation de composition, on applique la règle une sur le composite et le composant. En plus, la clé du composite migre vers la table du composant et forme une clé primaire avec la clé de ce dernier.

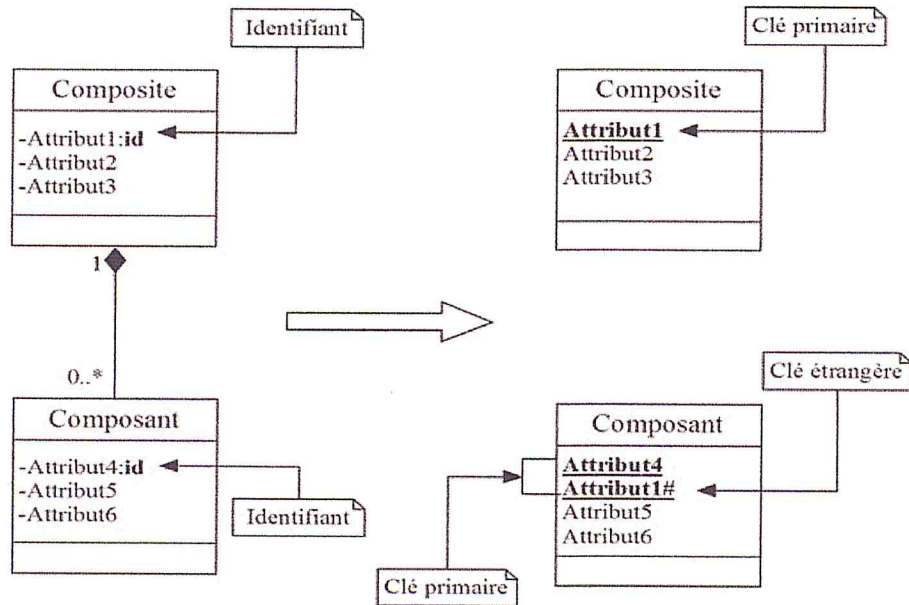


Figure 41 : Transformation d'une relation de composition

### 3.4.2 Application sur notre modèle de conception :

Pour implémenter les classes du diagramme des classes présenté dans la figure26 nous adoptons le modèle relationnel qui définit le modèle logique suivant en appliquant les règles de passages :

#### Liste des tables :

**BCas :** (N°\_cas, type de construction, <paramètres\_commun>, <paramètres\_individuels>, < paramètres collectifs>, < paramètres-semicollectifs>)

**Matériel :** (Libellé\_Matériel, Lot\_Matériel, Unité\_Mesure, Prix\_U)

**Consommé :** (N°\_cas, Libellé\_Matériel, Val\_consom)

**Poids :** (Attributs, Poids)

La phase de conception a mis en valeur l'objectif de l'application à réaliser

**Conclusion :**

La démarche de développement nous a permis de bien cerner les besoins du système et donc de mettre en œuvre un modèle de conception que nous estimons efficace et objectif pour l'évolution des coûts des constructions.

**Chapitre VI:**

**I**mplémentation

## Chapitre VI:

# Implémentation

### Introduction :

Pour l'implémentation de notre système nous avons choisi comme langage de programmation le PHP & Mysql.

### 1. Définition de PHP :

**PHP** (sigle de **PHP: Hypertext Preprocessor**), est un langage de scripts libre principalement utilisé pour produire des pages Web dynamiques via un serveur HTTP, mais pouvant également fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale, en exécutant les programmes en ligne de commande. PHP est un langage impératif disposant depuis la version 5 de fonctionnalités de modèle objet complètes. En raison de la richesse de sa bibliothèque, on désigne parfois PHP comme une plate-forme plus qu'un simple langage.

### 2. Définition de MySql :

**MySQL** signifie « My Structured Query Language » en anglais. MySQL fait partie des principales bases de données. Considérée comme une référence du logiciel libre, elle est fiable, rapide et gratuite. Elle fonctionne avec le système d'extraction de données SQL. Ce SGBD (Système de Gestion de Base de Données) fonctionne sous Linux et Windows. MySQL est généralement utilisée pour des applications web.

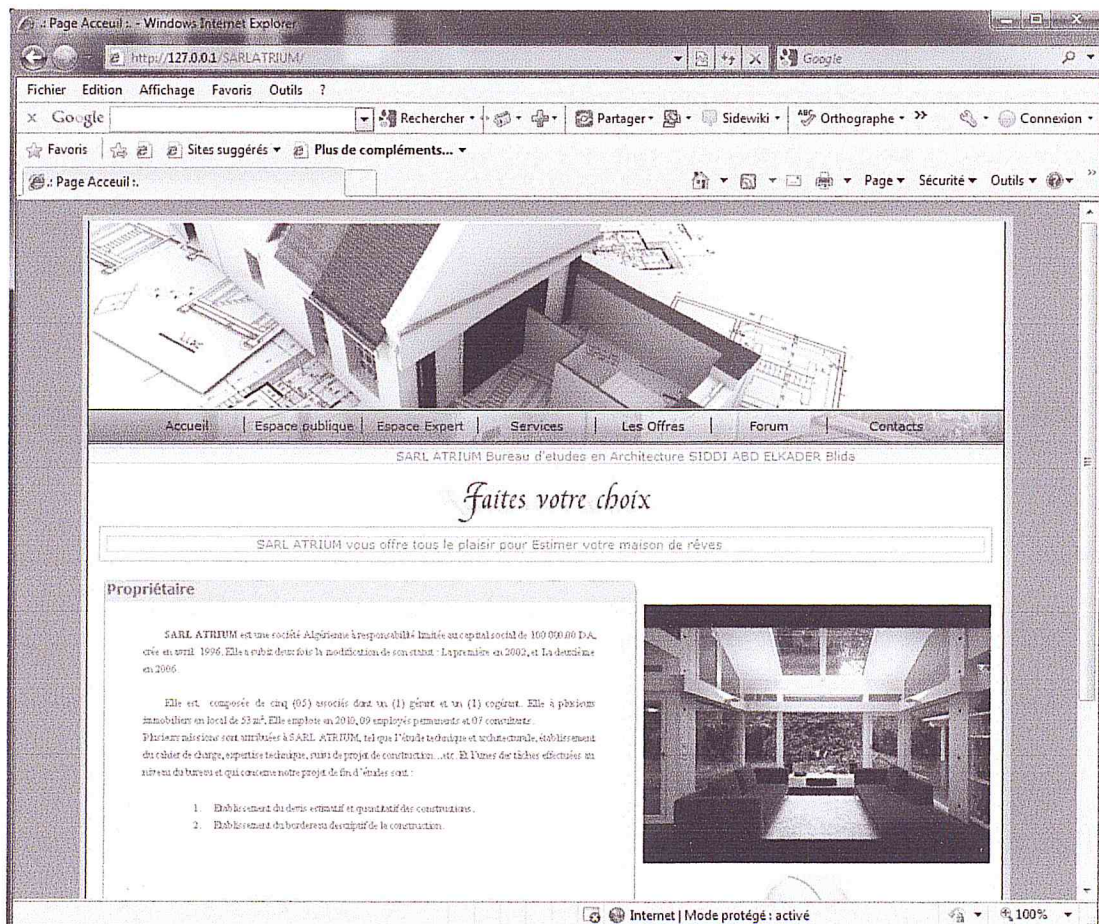


### 3. Définition de Dreamweaver :

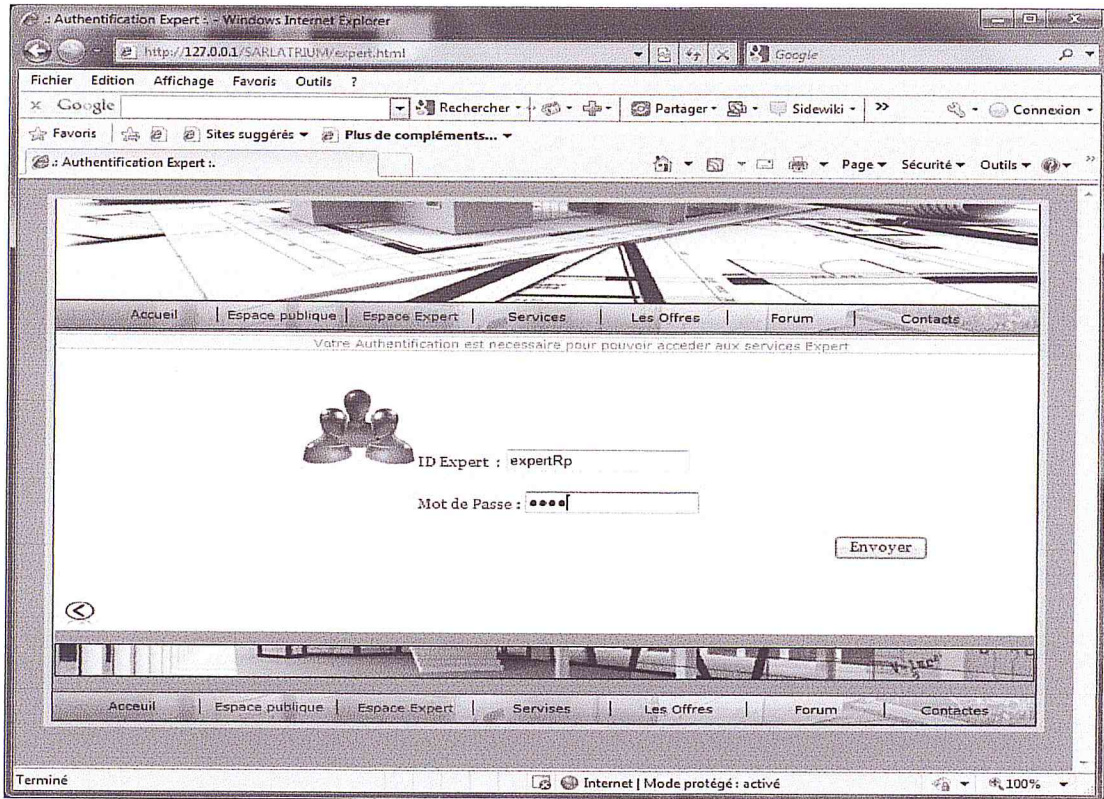
**Dreamweaver** logiciel créé par Macromedia (et géré maintenant par Adobe) permettant la conception de sites web. Le logiciel code les pages au format HTML (format constitué de balises qui s'insèrent dans le texte des pages) en respectant les recommandations de l'organisme W3C qui gère les normes de conception des sites web. La partie Editeur de code du logiciel permet la modification rapide du contenu des pages, de leur mise en forme, de l'insertion d'images, de liens ou d'autres éléments habillant la page Web. La partie Gestion du site permet d'organiser tous les fichiers composant le site et de les publier sur le serveur distant pour qu'ils soient accessibles via Internet.

### 4. Interfaces de l'application :

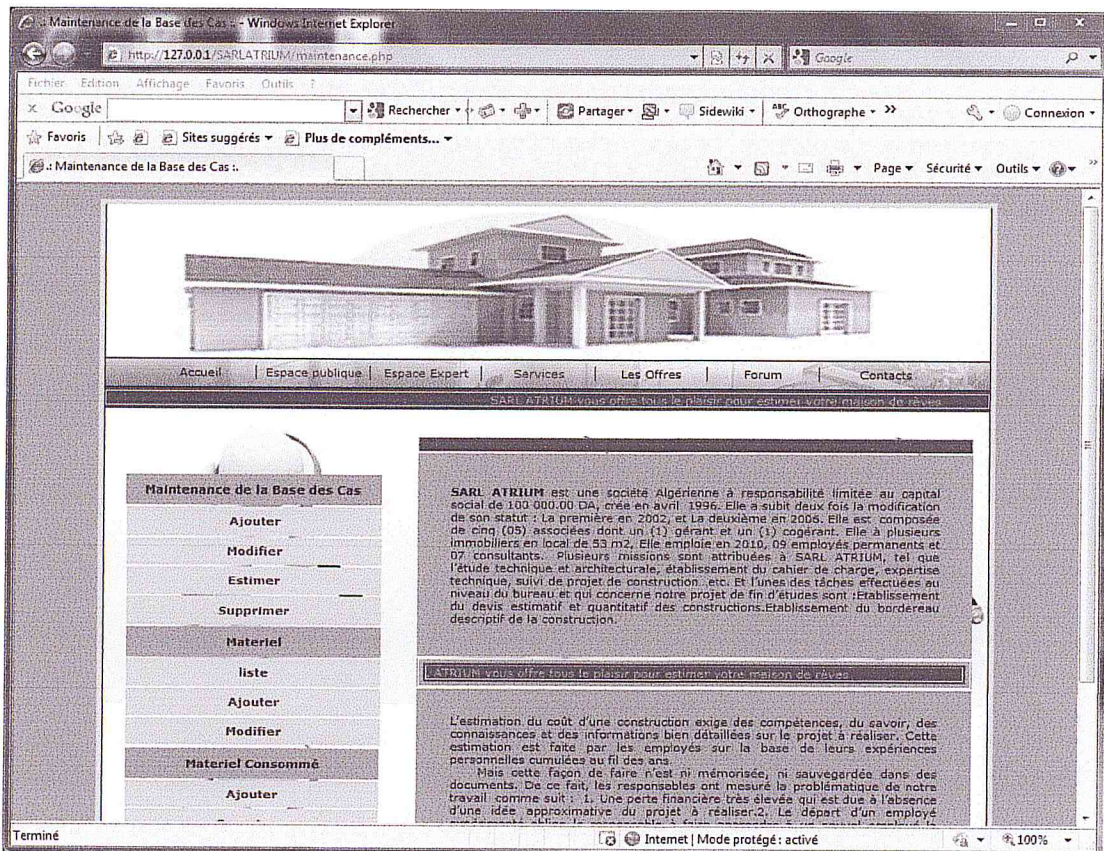
#### Interface d'accueil :



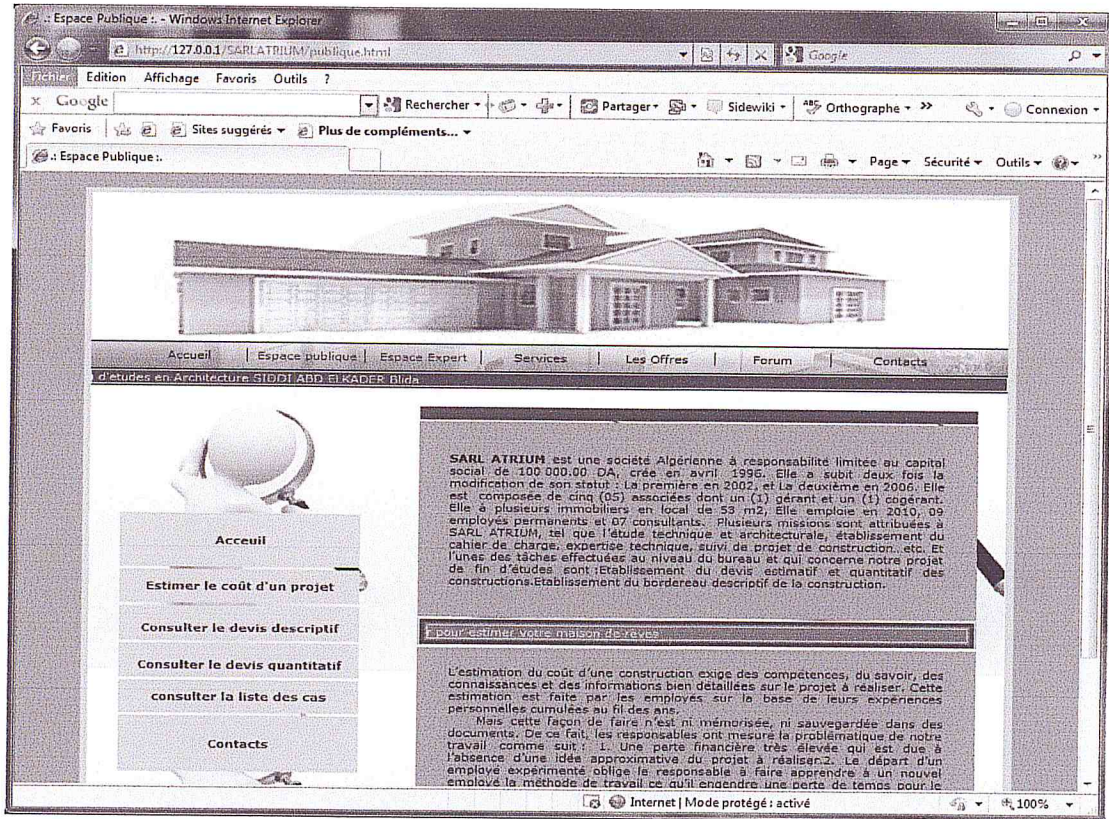
### Authentification Expert :



### Espace Expert :



## Espace public :



## Elaboration d'un cas :

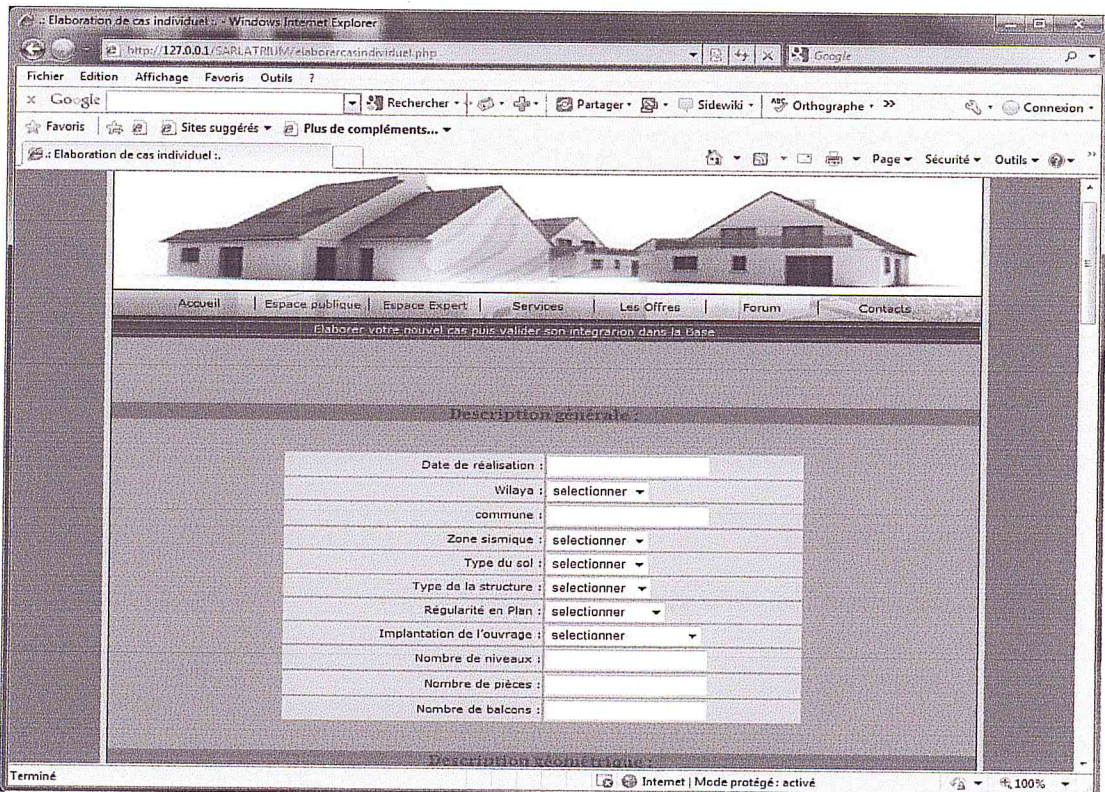
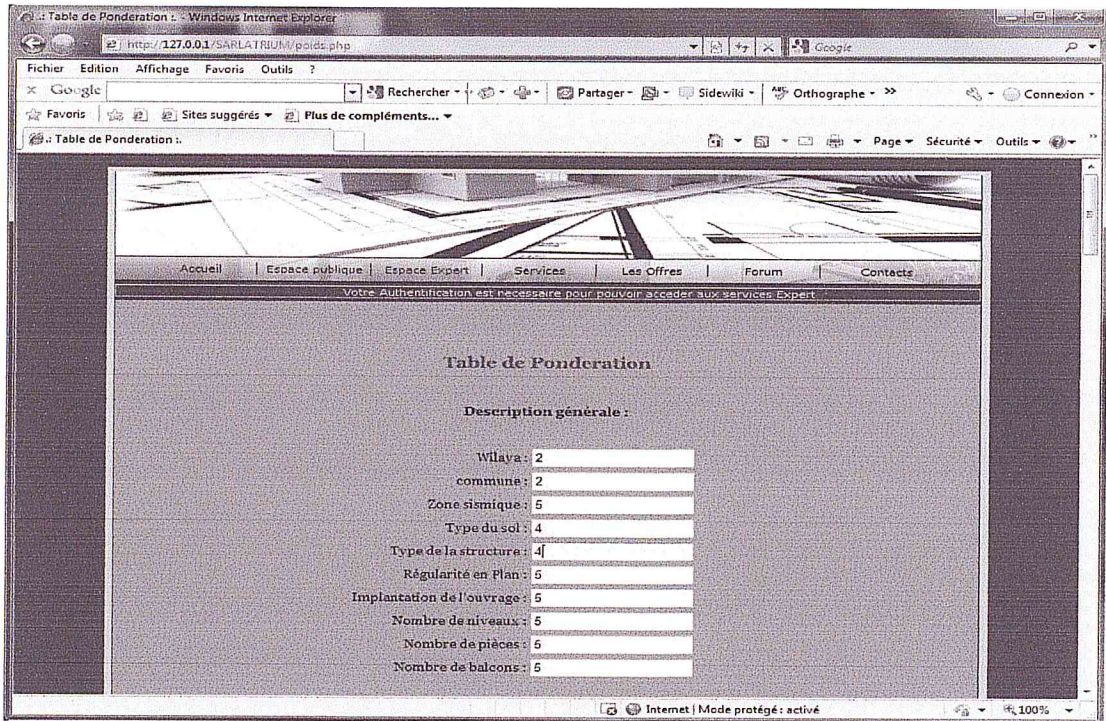
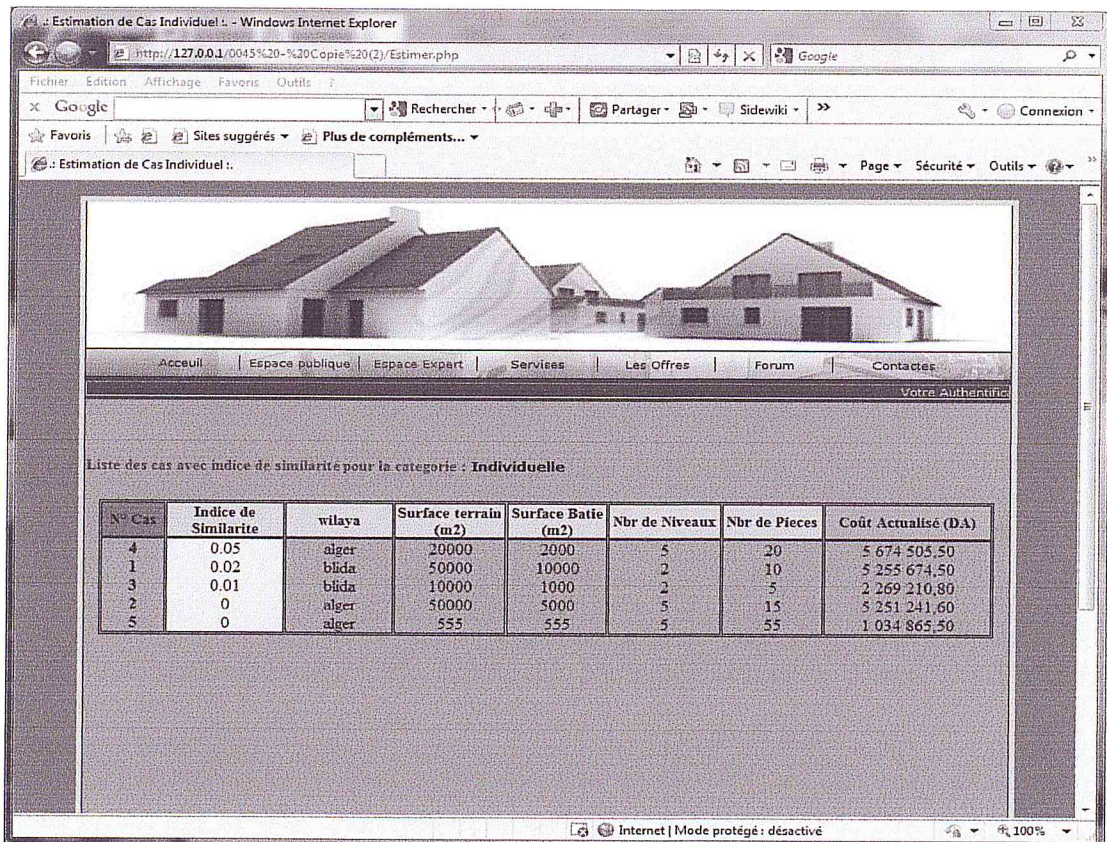


Table de pondération :



Estimation :



## **Conclusion :**

En cours de la réalisation de notre application on a visé les objectifs suivants :

- ✓ La cohérence de passage depuis le modèle conceptuel objet vers le modèle relationnel.
  
- ✓ La production d'un code optimal pour faciliter sa maintenance.

Une fois l'implémentation est terminée nous commençons une phase de transition pour livrer la version de test aux utilisateurs qui nous permettra de détecter et de corriger les erreurs qui peuvent survenir.

### Conclusion Générale :

L'objectif de notre travail était de construire un système intelligent pour l'estimation des coûts des constructions en utilisant une mémoire de projet qui permet de collecter les différentes expériences qui existent au niveau de SARL ATRIUM. Le système permet d'estimer le coût d'une construction donnée en utilisant une technique de l'intelligence artificielle qui est le raisonnement à base des cas.

Ce choix nous a permis de faire une étude approfondie sur les diverses étapes du cycle du raisonnement. Dans notre travail on a focalisé notre recherche sur la phase de maintenance qui est inspirée des travaux de Haouchine. Consiste en la mise en œuvre d'une procédure pour gérer l'incrémentation de la base des cas lors de l'intégration de nouveaux cas, ainsi qu'une procédure de restructuration de la base pour préserver son optimalité. En fait cette optimalité peut être affectée à la suite des modifications faites sur les cas enregistrés.

Cependant ce travail est une première ébauche, dont on a traité que le problème d'estimation des coûts pour des constructions dédiées à l'habitation (Logement), en sélectionnant les attributs les plus importants pour la représentation d'un cas.

### PERSPECTIVES :

La première amélioration qui peut être faite pour notre mémoire de projet est d'introduire la logique de floue dans le raisonnement à base des cas. Cette méthode sert à représenter des connaissances qualitatives et imprécises. Les avantages de la logique de floue sont :

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

Une deuxième perspective est de faire l'estimation pour les autres types de construction.

D'autres perspectives est de mettre une méthode efficace pour la phase d'adaptation qui n'a pas été prise en charge dans notre travail vue que sa complexité qui devient un sujet de débat dans le domaine du RàPC où la mise en œuvre des systèmes de RàPC totalement automatisés sans intervention humaine est l'objectif central.

# ANNEXE

## 1. Calcul de similarité en fonction du type d'attribut :

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

$$\text{Sim} (x_i, y_i) = 1 - [(|x_i - y_i|) / (|x_i| + |y_i|)]$$

- Pour les valeurs nominales Les mesures peuvent être calculées en utilisant l'équation suivante :

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

- Pour les valeurs ordinales, ordonnées selon une échelle, les mesures peuvent être calculées en utilisant l'équation suivante :

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

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

**d** : représente le nombre de valeurs séparant les valeurs x et y + 1.



## 2. Principe de l'algorithme K-ppv:

L'algorithme des K plus proches voisins permet de sélectionner un cas Y ou Z contenus dans la base et qui a la plus grande mesure de similitude par rapport au nouvel cas X, cette sélection est effectuée en exécutant les étapes suivantes :

1. Affecter des poids aux attributs en fonction de leurs importances (cette étape nécessite un expert du domaine).
2. Calculer la mesure de similarité entre le nouvel cas X et tous les cas (Y, Z...) contenus dans la base en utilisant la fonction suivante :

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

$\text{sim}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  : reflète la similitude entre le cas X et le cas Y.

$w_i$  : reflète le poids de chaque attribut.

$\text{sim}(x_i, y_i)$  : reflète la similitude entre la valeur de l'i ème attribut dans le cas X avec la valeur de l'i ème attribut dans le cas Y.

$n$  : reflète le nombre des attributs, et donc le nombre des poids.

3. Sélectionner les K cas les plus proches en fonction de leurs mesures de similarité.

## REFERENCES

- [1] Bruneau J.M. & Pujos J.F., « *Le management des connaissances dans l'entreprise : Ressources humaines et systèmes d'informations* », Editions (1992),
- [2] Gerard Kok, Siemen Jongedijk, Jeroen Troost: «*Knowledge Management Survey*» edition 2002/2003.
- [3] Dieng R, Corby O, Gandon F, Giboin A, Golebiowska J, Matta N & Ribière M, 2001: « *Méthodes et outils pour la gestion des connaissances* », Paris : Dunod.
- [4] Ikujiro Nonaka, Hirotaka Takeuchi : « *The knowledge-Creating Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation* ». Oxford University Press, 1995. Édition en langue française (traduction de Marc Ingham) : « *La connaissance créatrice. La dynamique de l'entreprise apprenante* ». De Boeck Université S.A., 1997.
- [5] J. Herbst, J. Bumiller : «*Towards Engineering Process Management Systems*»In Proceedings of CEE: Building Tomorrow's Virtual Enterprise, Allemagne, Avril 1997.
- [6] Wallace K, Matheson J, Hogu C, Isgrove D: «*Three Years of Running an Integrated Design Project at Cambridge*», Proceedings of ICED, Tampere, Aout 1997.
- [7] Ballay J.F : « *Capitaliser et transmettre les savoir-faire de l'entreprise* », Eds.Eyrolles, 1997.

- [8] Pomian J: *Mémoire d'entreprise, techniques et outils de la gestion du savoir*, Ed Sapiaientia 1996.
- [9] Tourtier P.A : « *Analyse préliminaire des métiers et de leurs interactions* ». Rapport intermédiaires, projet : GENIE, INRIA-DASSAULT-Aviation, 1995.
- [10] Olivier Corby, 1999 Thème INRIA : « *Interaction Homme-Machine, Images, Données et Connaissances* » Projet ACACIA Rapport de recherche n°3720 Juin 1999
- [11] Afouba M : « *Le raisonnement à partir de cas : définitions et principes de fonctionnement* », 2004.
- [12] Lamontagne L: « *Une approche CBR textuel de réponse au courrier électronique* », Thèse en informatique en vue de l'obtention du grade de Philosophie Doctor en Informatique, Université de Montréal, 2004.
- [13] Fuchs B., Lieber J., Mille A. et Napoli A., « *Une première formalisation de la phase d'élaboration du raisonnement à partir de cas* ». Actes du 14<sup>ème</sup> atelier du raisonnement à partir de cas, Besançon, mars, 2006.
- [14] Aamodt A. et Plaza E., « *Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches*». AI Communications, 7(i): pp 39 59, 1994.
- [15] Mille A., Fuchs B. et Herbeaux O., « *A unifying framework for Adaptation in Case-Based Reasoning*». In A. Voss, Ed., *Proceedings of the ECAI'96 Workshop: Adaptation in Case-Based Reasoning*, p. 22-28, 1996.
- [16] Haouchine, 2009 Thèse doctorat : « *Remémoration guidée par l'adaptation et maintenance des systèmes de diagnostic industriel par l'approche du*

*raisonnement à partir de cas* ». Année : 2009 présentée à L'UFR des Sciences et Techniques de l'Université de Franche-Comté

- [17] Malek M : « *Un modèle hybride de mémoire pour le raisonnement à partir de cas* », Thèse de l'Université Joseph Fourier, Grenoble, 1996.
- [18] Buist Eric : « *Les éléments fondamentaux du raisonnement à base de cas* », Université de Montréal, 2004.
- [19] Haouchine M.K., Chebel-Morello B. et Zerhouni N., « *Competence-Preserving Case-Deletion Strategy for Case-Base Maintenance. Uncertainty, Similarity, and Knowledge Discovery in Case-Based Reasoning workshop* ». 9<sup>th</sup> European Conference on Case-Based Reasoning, ECCBR 2008, Trier, Germany, 2008a.
- [20] Assises ADELI: *UML/RUP: « Organisation des processus de développement »*. ICSSEA 2002 n°7 Denis
- [21] Olivier SIGAUD: « *Introduction à la modélisation orientée objet* ». édition 2002
- [22] Christien Soutou: « *De UML à SQL Conception de bases de données* ». édition Eyrolles, 2002
- [23] Haouchine M.K., Chebel-Morello B. et Zerhouni N. « *Maintenance d'un Système de Raisonnement à Partir de Cas* ». Actes de la Conférence International sur le Contrôle, la Modélisation et le Diagnostic, ICCMD'2006, Annaba, Algérie, 2006a.