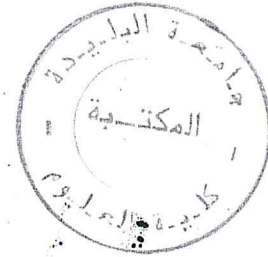


République Algérienne Démocratique et Populaire.  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Université Saad Dahlab, Blida  
USDB.

Faculté des sciences.  
Département informatique.



**Mémoire pour l'obtention  
Du diplôme d'ingénieur d'état en informatique.**

**Option : Système d'information**

**Sujet :**

**Conception et réalisation d'un  
système de raisonnement à base de  
cas pour l'évaluation des dommages  
post sismiques des constructions.**

**Présenté par :** Djillali Asma & Kouache Souad

**Promoteur :** M<sup>me</sup> Abed

**Soutenu le :** 27 Septembre 2005, devant le jury composé de :

**Mr Hadjyahia**

**M<sup>elle</sup> Benblidia**

**Président**

**Examinatrice**

MIG-004-80-1

- 2005-2006 / Sep 2005-



## Remerciements

Nous remercions vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur d'être rapporteurs et examinateurs tout en apportant leurs remarques et leurs contributions à l'enrichissement de ce mémoire.

Tous nos remerciements aux personnes qui, par leurs conseils et leurs encouragements ont contribué à l'accomplissement de ce travail :

A Mme Abed Hafida notre promotrice qui nous a fait tant bénéficier de son expérience dans l'exécution et l'élaboration de ce travail.

A Mr Abed Mohamed pour son aide, et son suivi dans le domaine du Génie Civil.

Nous adressons nos sincères remerciements au chef de département Mme Benstiti Souad.

Nous remercions les responsables et ingénieurs du CTC de Boumerdes et de Chlef, qui ont contribué à la réalisation de notre projet en nous fournissant les différents documents et informations nécessaires à sa réalisation.

Nous exprimons, également, notre gratitude envers nos professeurs pour les efforts fournis durant toutes nos études, pour les conseils bénéfiques qu'ils ont su nous communiquer, ainsi que pour leurs expériences et leurs professionnalisme dont ils nous ont fait profiter :

Mr Hadj Yahia, Mr Koudil, Mr Bennouar, Melle Benblidia, Mr Benhouhou , Mme Ouhrani ,Mr Akka, Mme Oukid, Melle Mouktari, ..... et que les enseignants non mentionnées veuillez bien nous en excuser.

Enfin, Nous remercions de tout coeur, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à :*

*La mémoire, de ma chère grand-mère « MIMI » et mon merveilleux oncle Ali  
A ma tendre maman, et mon adorable papa, qui m'ont soutenu tout au long de  
mes études.*

*A mes deux frères qui m'ont toujours épaulés Billel et Walid.*

*A toute ma famille, en particulier à mes cousines Nadjla et houda.*

*A ma meilleur amie Zineb et toute sa famille.*

*A mon binôme et amie Souad et toute sa famille.*

*A mes ami(e) s pour la vie : Houda, Hydayatte, Chahrazed, Imane, Soumia, Rabie,  
Issam, Abdelkader « Koubia », Zerriri Mohamed, Annissa, Hadjer, Batoul, Amina,  
Hind, Chahira, Tina, Wafa, Amel, Lydia..*

*A toutes les personnes qui m'ont aidé dans ce travail.*

**'Djillali Asma'**

# Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes parents qui m'ont soutenu tout au long de ma vie,  
qui m'ont guidé et m'ont orienté dans la bonne voie.

A ma sœur Lynda ;

A mes deux frères Fouad et Zohir ;

A toute ma famille surtout à mes grands parents ;

A mon binôme Asma Djillali et à toute sa famille ;

A mes proches : Nabiha, Sid Ahmed et Faiza, Mehdi, Sabrina, Narimene,  
Nassima, asma Soukali, Nabila, Bachir, Chakib, Tina, Karima, Houria, Wafa,  
Amel, ...

**Je vous dédie ce travail**

***'Souad kouache'***

## Table des matières

---

**Conclusions et perspectives.....114**

Annexes
---------

**Annexe A : La fiche d'évaluation des dommages.....118**

**Annexe B : Le manuel d'estimation des dégâts.....120**

**Annexe C : Sondage technique sur l'évaluation des dommages lors d'un séisme.....122**

**Annexe D : UML.....125**

**Annexe E : Le modèle en cascade.....134**

**Bibliographie.....136**

## Tables des matières

Introduction générale.....1

### Chapitre1

#### Le raisonnement à base des cas : Définitions et principes de fonctionnement

1. Introduction.....	5
2. Les modes de raisonnement.....	6
3. Le raisonnement basé sur les cas RBC.....	8
4. Notion de similarité.....	26
5. Conclusion.....	38

### Chapitre2

#### Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismique des constructions

1. Introduction.....	40
2. Evaluation des dommages post sismiques.....	40
3. Utilisation du RBC pour la réalisation de SEPS.....	44
4. Conclusion.....	58

### Chapitre3

#### La démarche de développement de SEPS

1. Introduction.....	60
2. La démarche de développement.....	61
3. L'analyse.....	62
4. Conception.....	83
5. Implémentation.....	92
6. Test du logiciel.....	108
7. Conclusion.....	113

# Liste des figures

## Chapitre 1 :

### Le raisonnement à base des cas : Définitions et principes de fonctionnement

Figure 1.1 : modèle générique d'un système RBC.....	11
Figure 1.2 : le cycle du RBC.....	17
Figure 1.3 : la décomposition de la tâche « Remémorer ».....	19
Figure 1.4 : la décomposition de la tâche « Réutiliser ».....	20
Figure 1.5 : la décomposition de la tâche « Réviser ».....	21
Figure 1.6 : la décomposition de la tâche « Mémoriser ».....	22
Figure 1.7 : Exemple de structuration d'un cas en RBC structurelle.....	23
Figure 1.8 : le RBC et les k premiers voisins.....	32

## Chapitre 2 :

### Le RBC pour l'évaluation des dommages Post sismiques des constructions

Figure 2.1 : le cycle du RBC dans SEPS.....	49
Figure 2.2 : la décomposition de la tâche « Remémorer » dans le cadre de SEPS.....	22

## Chapitre 3 :

### La démarche de développement de SEPS

Figure 3.1 : Le cycle de vie en cascade.....	62
Figure 3.2 : Représentation des catégories d'utilisateurs.....	64
Figure 3.3 : Diagramme général des cas d'utilisations de notre système.....	66
Figure 3.4 : Diagramme de cas d'utilisation « consultation de la base des cas ».....	67
Figure 3.5 : Diagramme de cas d'utilisation « Mise à jour des cas ».....	67
Figure 3.6 : Diagramme de cas d'utilisation « Modification d'un cas ».....	68
Figure 3.7 : Diagramme de cas d'utilisation « Ajout d'un cas ».....	68
Figure 3.8 : Diagramme de cas d'utilisation « Evaluation d'une construction endommagée ».....	69

<b>Figure 3.9</b> : Diagramme général des cas d'utilisations de notre système.....	70
<b>Figure 3.10</b> : Représentation d'un acteur générique.....	71
<b>Figure 3.11</b> : Diagramme de séquence pour l'évaluation d'une construction.....	73
<b>Figure 3.12</b> : Diagramme de séquence pour la consultation de la base des cas.....	74
<b>Figure 3.13</b> : Diagramme de séquence pour l'ajout d'un cas.....	76
<b>Figure 3.14</b> : Diagramme de séquence pour la modification d'un cas.....	78
<b>Figure 3.15</b> : Diagramme de séquence pour la suppression d'un cas.....	80
<b>Figure3.16</b> : Diagramme de collaboration de l'ajout d'un cas.....	81
<b>Figure3.17</b> : Diagramme de classe de l'analyse.....	82
<b>Figure3.18</b> : Architecture général du système.....	84
<b>Figure3.19</b> : Diagramme d'activité pour le cas d'utilisation « évaluation d'une construction endommagée ».....	86
<b>Figure3.20</b> : Diagramme de classe de conception.....	90
<b>Figure 3.21</b> : Représentation de la fenêtre principale de SEPS.....	93
<b>Figure 3.22</b> : Interface utilisateurs de SEPS.....	94
<b>Figure3.23</b> : Interface de l'expert.....	95
<b>Figure3.24</b> : Interface de l'utilisateur final.....	96
<b>Figure3.25</b> : Consultation de la base de cas.....	97
<b>Figure3.26</b> : Saisie de l'identification de la construction.....	98
<b>Figure 3.27</b> : Saisie de la description de la construction.....	99
<b>Figure 3.28</b> : Saisie des dommages.....	100
<b>Figure 3.29</b> : Saisie des dommages.....	100
<b>Figure3.30</b> : Mise à jour des poids des attributs.....	101
<b>Figure 3.31</b> : Recherche de cas similaire.....	102
<b>Figure3. 32</b> : demande d'ajout d'un cas.....	103
<b>Figure 3.33</b> : Saisie de l'évaluation finale.....	104
<b>Figure 3.34</b> : suppression d'un cas de la base de cas.....	105
<b>Figure 3.35</b> : demande de modification d'un cas.....	106
<b>Figure 3.36</b> : saisi du cas après modification.....	107
<b>Figure 3.37</b> : Test du logiciel Page1.....	111
<b>Figure3. 38</b> : Test du Logiciel Page2.....	112



# Liste des tableaux

## Chapitre 1 :

**Le raisonnement à base des cas : Définitions et principes de fonctionnement**

Tableau 1.1 : Tableau de notations de graphes.....18

Tableau 1.2 : Caractéristiques et types de variables en similarité.....27

## Chapitre 2 :

**Le RBC pour l'évaluation des dommages Post-sismiques des constructions**

Tableau 2.1 : Pondération des poids de la fiche technique. ....53

## Chapitre 3 :

**La démarche de développement de SEPS**

Tableau 3.1 : Description des attributs.....88

---

## RÉSUMÉ

---

Le séisme est considéré comme l'une des catastrophes naturelles les plus dévastatrices, il frappe n'importe où et n'importe quand, quant aux dommages causés, au niveau des constructions, peuvent être plus ou moins importants. C'est pourquoi l'estimation des dégâts s'avère indispensable et doit être effectuée le plus rapidement possible pour réduire le risque d'effondrement.

Compte tenu de l'ampleur des dégâts occasionnés, et du nombre insuffisant d'experts ayant une grande expérience dans le domaine de l'évaluation post-sismique, les responsables du CTC (Contrôle Technique Construction), ont suggéré l'implémentation, d'un système, qui peut les aider dans leur évaluation. Ce qui nous a incité à penser à la réalisation du système de raisonnement à base des cas, SEPS : Système d'Evaluation Post Sismique des constructions, ce système permet aux experts de prendre une décision rapide et ceci en cherchant un cas similaire dans la base des cas.

D'autant plus, qu'il permet de prendre en considération l'expérience stockée et acquise auparavant au cours des différents séismes.

Dans notre système, nous proposons donc d'utiliser la technique du raisonnement à base de cas, une approche de l'intelligence artificielle qui vise à résoudre de nouveaux problèmes à partir d'expériences passées.

Mots - clés : Raisonnement à base de cas, Intelligence artificielle, Evaluation post-sismique, Similarité.

---

## ABSTRACT

---

Earthquake is considered to be one of the most devastating natural catastrophes. It can hit anywhere, and at anytime, resulting in a damage on the buildings that can be more or less important. Thus estimating the caused damage is essential and should be done as quickly as possible to avoid the risk of collapse.

Taking into consideration the extent of the harm caused by the earthquake, as well as the lack of highly qualified experts in post seismic evaluation, the responsables of CTC suggested the implementation of a new system that will help them acheive their evaluation. This prompted us to think about carrying out a case base reasoning technique in the post seismic evaluation of the buildings which allows the experts to take a rapid decision by looking for similar cases in the casebase.

Furthermore, it enables us to take into consideration stored experiences and data acquired during previous earthquakes.

All in all, in our system, we suggest the use of casebase reasoning technique, an approach of artificial intelligence that aims at solving new problems using knowledge gathered from passed experiences.

Key Words: Case base reasoning, artificial intelligence, post seismic evaluation, Similarity.

# Introduction générale

---

Après un séisme, l'évaluation rapide des dommages subis aux constructions est d'une grande importance, elle permet de déterminer les mesures urgentes à entreprendre pour réduire le risque d'effondrement. Cette évaluation consiste à inspecter les structures, en suivant une méthodologie qui permet dans un premier temps, de collecter de manière rapide et fiable les informations exactes sur l'état d'endommagement des structures, puis dans un deuxième temps de les classer dans l'une des trois catégories : Vert, Orange ou Rouge.

Cette opération délicate nécessite la participation d'experts qualifiés qui ont déjà participé à des campagnes post sismiques.

Or, dans ce genre de situation d'urgence le nombre d'experts Algériens, ayant une grande expérience dans le domaine de l'évaluation des dommages, demeure insuffisant compte tenu de l'ampleur des dégâts.

De plus, le sentiment de fatigue, le stress, l'émotion qu'entraîne ce type de situation douloureuse affectent les capacités d'objectivité de l'ingénieur chargé de l'expertise, à qui incombe la lourde tâche de fournir d'une manière précise, l'estimation des dégâts et de prendre les décisions adéquates concernant l'évaluation des constructions endommagées à des niveaux de gravité différents.

Face à ces problèmes, il est important de lancer un projet de préconisation de l'expertise post sismique accumulée lors des séismes passés, en implantant un système de raisonnement basé sur les cas.

## Introduction générale

---

A ce titre, l'objectif du système **SEPS** (Système d'Evaluation Post-Sismique des Constructions) est d'aider les ingénieurs en parasismique et en particulier ceux, qui n'ont pas une grande expérience, à mesurer le degré de l'endommagement, à définir les recommandations concernant les mesures d'urgence, et à déterminer les réparations et les renforcements des structures afin d'assurer la sécurité et la protection des vies humaines.

Ce système est destiné aux ingénieurs du CTC (Contrôle Technique Construction) et CGS (Centre Génie Sismique) qui ont contribué à la réalisation de notre projet en nous fournissant les différents documents et informations nécessaires à sa réalisation.

### **Justification du choix du raisonnement basé sur les cas**

Dans notre travail plusieurs alternatives ont été proposées pour la mise en œuvre de notre système, parmi elles l'utilisation des réseaux de neurones, des systèmes experts ou les raisonnement à base des cas. Notre choix s'est arrêté sur l'utilisation du raisonnement basé sur les cas, vu que les cas évalués par les experts lors des différents séismes existent et sont disponibles au niveau des archives du CTC et que les experts eux même évalue un nouveau cas en se basant sur leur expérience passés, ce qui justifie le choix et l'utilisation de cette approche. Par contre les réseaux de neurones ou les systèmes experts sont moins appropriés dans l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions compte tenu de leur complexité.

Le raisonnement à base de cas se distingue des autres approches par leur aptitude de résoudre de nouveaux problèmes en exploitant des expériences passées. Pour notre application, les expériences correspondent aux différentes évaluations effectuées lors du séisme de Chelf et de Boumerdese par les experts du CTC.

L'objectif de notre démarche consiste à aider à la résolution de problèmes et à l'enrichissement incrémental de la base des cas.

### Contenu du mémoire :

Notre travail consiste donc, à appliquer l'approche « raisonnement basé sur les cas » pour l'évaluation des dommages post-sismiques dans le domaine du bâtiment. Pour cela, notre mémoire s'organise autour de trois chapitres.

Après l'introduction, le premier chapitre porte sur les différents types de raisonnement et en particulier celui basé sur les cas. Nous mettons en évidence ses étapes, ses composants et son mécanisme de fonctionnement. Le deuxième chapitre aborde la démarche suivie par les experts en parasismique pour effectuer l'évaluation des structures endommagées suite à un séisme, nous présentons ensuite les différentes étapes du RBC utilisé dans la mise en œuvre de **SEPS** (Système d'Evaluation Post-Sismique des constructions). Quant au troisième, il est réservé à la présentation de la démarche de développement, en commençant par la partie analyse et spécification des besoins, conception, implémentation et enfin la partie test du logiciel. Dans ce chapitre l'accent, est mis sur le langage de modélisation UML que nous avons choisi pour modéliser notre système. En dernier, on finalise notre travail en offrant des conclusions et des recommandations futures qui seraient intéressantes d'apporter au logiciel développé.

Pour conclure, nous présentons la bibliographie et les Annexes.

L'Annexe A représente la fiche d'évaluation technique des dommages post-sismiques.

L'Annexe B décrit le manuel d'estimation des dégâts. L'Annexe C décrit le sondage technique sur l'évaluation des dommages lors d'un séisme fournie aux experts du CTC.

L'Annexe D donne une brève description du langage de modélisation UML, finalement l'Annexe E apporte un aperçu sur le cycle de vie en cascade.

# Chapitre 1

## Le raisonnement à base des cas : Définitions et principes de fonctionnement

### Sommaire

---

1 Introduction.....	5
2. Les modes de raisonnement.....	6
2.1. Le raisonnement par déduction.....	6
2.2. Le raisonnement par induction.....	6
2.3. Le raisonnement basé sur les cas.....	7
2.4. Le raisonnement par analogie.....	7
2.5. Le raisonnement à partir d'exemples.....	7
2.6. Le raisonnement basé sur la mémoire.....	8
3. Le raisonnement basé sur les cas RBC.....	8
3.1. Définitions.....	8
3.2. Les composants d'un système RBC.....	10
3.2.1. Les connaissances.....	12
3.2.2. Structure d'un cas.....	12
3.2.3. Organisation des cas en mémoire.....	15
3.3. Le cycle d'un RBC.....	16
3.3.1. La remémoration.....	18
3.3.2. La réutilisation.....	19
3.3.3. La révision.....	21
3.3.4. La mémorisation.....	22
3.4. Les modèles de représentation des cas.....	23
3.4.1. Le modèle structurel.....	23
3.4.2. Le modèle conversationnel.....	23
3.4.3. Le modèle textuel.....	24
3.5. Les tâches et les domaines d'application du RBC.....	24
3.5.1. La tâche de résolution de problèmes.....	25
3.5.2. La tâche d'interprétation.....	25
4. Notion de similarité.....	26
4.1. Similarités en analyse de données.....	27
4.1.1. Similarités numérique et symbolique.....	28
4.1.2. Quelques mesures de similarité courantes.....	29
4.1.2.1. La distance Euclidienne et la distance de Manhattan.....	29
4.1.2.2. La mesure de similarité par la méthode du plus proche voisin.....	32
5. Conclusion.....	38

---

### 1. Introduction

Reproduire le raisonnement humain est une préoccupation majeure en Intelligence Artificielle (IA). Dans les domaines d'expertise, où grand savoir-faire est nécessaire, l'IA a proposé des solutions. La résolution de problèmes, notamment dans les domaines difficilement formalisables, est un point central de l'IA et, est à l'origine de la plupart des recherches engagées. Le raisonnement basé sur les cas figure parmi les nombreuses approches de l'IA qui ont été développées durant ces vingt dernières années. Le principe de cette approche est basé sur une analogie avec l'élaboration de l'expertise humaine qui se fait par accumulation d'expériences successives et sur une remémoration des cas analogues pour résoudre un nouveau problème.

Nous avons choisi le raisonnement à base de cas, une approche que nous jugeons prometteuse pour effectuer des analogies entre les cas. L'approche RBC permet de réduire les efforts d'acquisition et de modélisation des connaissances, et des activités, qui constituent habituellement un goulet d'étranglement dans la conception de systèmes à base de connaissance.

Le raisonnement basé sur les cas possède un vaste domaine d'application, il est souvent utilisé dans les domaines où l'on sait décrire les cas, comme en droit, en médecine, en réglementation.

De plus le RBC est mieux utilisé dans les secteurs où l'expérience a autant de valeur que la théorie tel que le diagnostic post sismique d'éléments de structures endommagés suite à un séisme.

Ce chapitre, comportant deux parties, permet de définir l'utilité et le fonctionnement général des systèmes de raisonnement basé sur les cas (RBC).

La première partie concerne les différents types de raisonnement existants, leurs concepts et méthodes.

La deuxième partie sera consacrée :

- A la présentation des principes du raisonnement basé sur les cas (RBC) en introduisant notamment ses étapes, ses composants, ses domaines d'application et les différents modèles de représentation des cas existants à savoir : textuel, conversationnel et en dernier le modèle structurel que nous avons choisi comme base de travail pour l'élaboration des cas dans notre projet.



### 2.3. Le raisonnement basé sur les cas (RBC)

Ce type de raisonnement est au fond plus « naturel », plus intuitif. Il reproduit les trois facultés fondamentales suivantes de l'esprit humain : mémoriser (structurer et stocker les connaissances), se souvenir (retrouver l'expérience passée, la plus proche d'une situation nouvelle à résoudre), adapter (modifier le raisonnement et les conclusions pour traiter une nouvelle situation).

Il diffère des autres types de raisonnement de part la nature des informations stockées qui doivent être très riches. Ensuite, les solutions générées peuvent être modifiées et adaptées au problème actuel.

### 2.4. Le raisonnement par analogie

Le raisonnement par analogie, vise à caractériser une situation inconnue C, appelée cible, en la mettant en correspondance avec une autre situation S, appelée source, que l'on a déjà observée. L'idée est que si les deux situations se ressemblent, les conclusions que l'on peut en tirer sont analogues.

Le RBC, manipulant des cas relatifs à un seul et même domaine, est souvent considéré comme une forme plus restreinte du raisonnement par analogie, qui se caractérise par des applications inter domaines : c'est typiquement le cas de l'analogie classique entre un atome et le système solaire où l'on met en correspondance le noyau de l'atome avec le soleil et les planètes avec les électrons.

Il existe d'autres types de raisonnement se rapprochant du RBC qu'il est important de définir :

### 2.5. Le raisonnement à partir d'exemples :

La résolution d'un problème dans ce mode de raisonnement, c'est à dire la résolution d'un exemple non classifié qui se résume à la recherche de la classe qui correspond le mieux à

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

l'exemple. Dans cette représentation, les solutions ne sont pas modifiées en fonction des données.

### 2.6. Le raisonnement basé sur la mémoire :

Les cas sont stockés sous forme de mémoire et les méthodes de recherche et d'accès lui sont particulières. La parallélisation de ces processus est la caractéristique principale de ce type de raisonnement.

Ce mode de raisonnement est différent de RBC, car en raisonnement basé sur la mémoire RBM l'extraction se fait par rapport à tous les cas de la mémoire. Il n'y a pas véritablement de systèmes d'indexation et la mesure de similarité employée est fondée sur un calcul statistique [3].

## 3. Le raisonnement basé sur les cas (RBC)

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

### 3.1. Définitions

Raisonnement à base de cas, c'est essayer de réutiliser les expériences que l'on a construit dans le passé pour les appliquer, moyennant une certaine adaptation, à la situation présente.

Plusieurs définitions de raisonnement à partir de cas existent :

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

- A la notion de similarité en générale, aux méthodes de calcul existantes et en particulier à la méthode du plus proche voisin.

### 2. Les modes de raisonnement

L'un des buts principaux de l'intelligence artificielle (IA) est de concevoir des systèmes capables de reproduire le raisonnement humain. Parmi les principaux modes de raisonnement humain, on peut distinguer le raisonnement déductif qui déduit les nouvelles connaissances à partir de celles déjà acquises, le raisonnement inductif qui généralise 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 partir des cas ( RBC ou CBR<sup>1</sup>) est une forme de raisonnement par analogie, Il consiste à raisonner à partir d'expériences ou de cas rencontrés pour résoudre de nouveaux problèmes, en se rappelant comment un problème similaire déjà rencontré, a été résolu.

#### 2.1. Le raisonnement par déduction

La déduction est un processus permettant de dériver de nouvelles connaissances à partir d'une théorie assimilée. La démarche débute du général vers le particulier, de l'abstrait vers le concret. Ce processus est utilisé par les Système Experts.

#### 2.2. Le raisonnement par induction

L'induction est un processus permettant de dériver des connaissances plus générales à partir de certains éléments établis pour des cas spécifiques. Contrairement à la déduction celle-ci commence du particulier pour définir des règles générales et du concret vers l'abstrait.

Ce processus est utilisé par les RBC [9].

---

<sup>1</sup>Case Base Reasoning, le nom anglais pour raisonnement à base de cas.

## Chapitre1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

D'après Schank [1] : « Le raisonnement à base de cas résout de nouveaux problèmes par adaptation des solutions qui ont été utilisées pour résoudre des anciens problèmes ».

D'après Riesbeck [1]: Le raisonnement à partir des cas peut être défini comme : « Retrouver un cas antérieur dans la mémoire, tenter de déterminer sa pertinence et décider ce qu'il y a à faire en fonction du cas extrait ».

D'après Carbonell [1]: Le raisonnement à partir des cas est une forme de raisonnement analogique et « la résolution de problème analogique consiste à transférer des connaissances à partir d'épisodes passés de résolution de problèmes aux nouveaux problèmes qui partagent des aspects significatifs avec l'expérience passée correspondante et à utiliser la connaissance transférée pour construire des solutions aux nouveaux problèmes ».

D'après Kolonder [1]: Le raisonnement à partir des cas peut être défini comme : « ...adapter les anciennes solutions aux nouvelles demandes , utiliser les anciens cas pour expliquer les nouvelles situations... ».

D'après Minsky [2]: Le raisonnement à partir des cas peut être défini comme : « quand on rencontre une nouvelle situation (décrite comme un changement substantiel à un problème en cours), on sélectionne de la mémoire une structure appelée « cadre » ».

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

De manière générale, le raisonnement basé sur les cas (RBC) est une approche de résolution de problèmes basée sur la réutilisation par analogie d'expériences passées appelées cas.

Le RBC met en oeuvre une base de cas<sup>2</sup> contenant des expériences de problèmes résolus, où l'on peut rechercher des expériences passées similaires au problème à résoudre.

### 3.2. Les composantes d'un système RBC

Dans un système de RBC, toutes les situations (cas) résolues antérieurement sont stockées dans ce que l'on appelle la base de cas. Un des atouts des systèmes de RBC est leur capacité à apprendre de leur expérience. En effet, les nouvelles situations résolues sont enregistrées pour une éventuelle réutilisation.

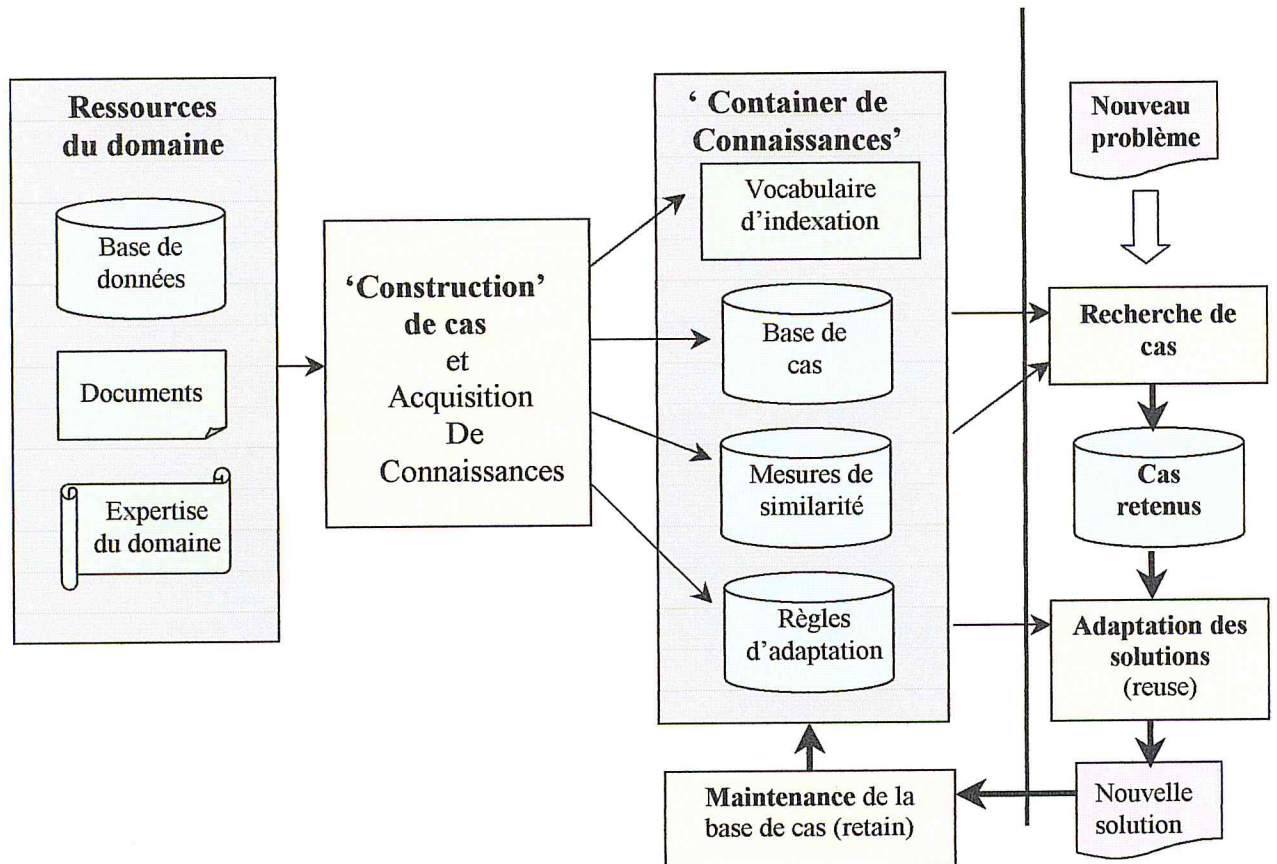
De plus, si une tentative de résolution de problème échoue, les causes de cet échec peuvent également être mémorisées.

Un système RBC est une combinaison de processus et de connaissances ("container de connaissances") qui permettent de préserver et d'exploiter les expériences passées.

Pour simplifier notre présentation, nous nous appuyons sur le modèle générique proposé par **Lamontagne & Lapalme [10]** ci-dessous. On y note comme principaux processus la construction ("authoring"), la recherche ("retrieval"), l'adaptation ("reuse") et la maintenance ("retain") et comme structures de connaissances le vocabulaire d'indexation, la base de cas, les fonctions de similarité et les connaissances d'adaptation.

---

<sup>2</sup>Appelée aussi mémoire de cas



**Figure 1.1 : modèle générique d'un système RBC [10]**

La phase de recherche consiste en la récupération du (ou des) cas le (ou les) plus similaire(s) à la nouvelle situation décrivant le nouveau problème à résoudre. Puis, la phase d'adaptation réutilise le (ou les) cas ainsi récupéré(s) pour tenter de résoudre le nouveau problème. Une solution est alors proposée. La phase de révision vise ensuite à tester, et éventuellement, à modifier la solution proposée (souvent par intervention humaine). Enfin, la phase de maintenance permet de mémoriser le nouveau problème, soit par la création d'un nouveau cas, soit par la modification des parties du cas déjà dans la base.

Ces phases sont nettement expliquées dans le paragraphe 3.3

### 3.2.1. Connaissances

Les connaissances utilisées par un système RBC sont réparties en quatre catégories :

- **Vocabulaire d'indexation**: Un ensemble d'attributs qui caractérise la description de problèmes et les solutions du domaine.
- **Base de cas**: L'ensemble des expériences structurées seront exploitées par les phases de recherche, d'adaptation et de maintenance. La base de cas (BC) peut être considérée comme une bibliothèque dans laquelle il n'y aurait pas nécessairement de rangement ni de classement. Les cas doivent inclure le moyen de les retrouver facilement, c'est la contrainte principale concernant la constitution d'un cas. afin d'éviter cette dernière, le cas doit contenir des index.
- **Mesures de similarité** : Ce sont des fonctions définies selon des faits ; elles sont utilisées pour évaluer les ressemblances<sup>3</sup> entre les cas dans la base.
- **Connaissances d'adaptation** : Ce sont des heuristiques, sous forme de règles, permettant de modifier les solutions et d'évaluer leur applicabilité à de nouvelles situations.

### 3.2.2. Structure d'un cas

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

Un cas est un morceau contextuel de connaissance représentant une expérience. Il contient une leçon passée, qui est, le contenu du cas et le contexte dans lequel la leçon peut être employée [5]. De même, un cas représente notamment un problème et la solution qui a été appliquée.

---

<sup>3</sup>Le principe de calcul de similarité sera détaillé dans le paragraphe 4.

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

Aussi, un cas représente une expérience passée dont l'enseignement peut être utile lorsqu'un nouveau problème se présente.

### Que doit-il contenir ?

Les parties qui constituent un cas sont :

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

Les composants principaux d'un problème sont en général :

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

Les composants principaux de la solution sont :

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

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

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



## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

### Quelle doit être sa taille ?

La troisième question évoquée à laquelle il est nécessaire d'apporter une réponse concerne la taille que doit avoir un cas.

Un cas doit représenter un sous problème auquel l'utilisateur est confronté. Par exemple dans le domaine de la conception de bâtiment, si le cas représente tout le bâtiment, sa réutilisation et son intérêt seront beaucoup plus faibles que si le bâtiment est décomposé en parties avec leurs fonctions respectives.

### Comment Collecter un Cas ?

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

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

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

### Comment le collecter ?

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

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

### L'indexation des cas

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

L'indexation consiste à décrire des contextes au sein de la base de cas afin d'optimiser les performances de la recherche de cas similaires.

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

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

### 3.2.3. Organisation des cas en mémoire :

Les processus de Recherche (remémoration) et la maintenance (mémorisation) sont fortement liés à la façon d'organiser les cas en mémoire. Or, le choix de la structure de la mémoire dépend entièrement de la tâche à accomplir, du domaine d'application et du nombre de cas disponibles. Dans la littérature, deux catégories d'organisation de la mémoire sont distinguées [11] :

#### a) La mémoire plate

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

#### b) La mémoire hiérarchique

Quand la mémoire des cas est large, il y a nécessité d'organiser les cas hiérarchiquement. Ceci permet de simplifier la remémoration. Les cas sont organisés en réseaux, dans le sens où les cas qui partagent des caractéristiques communes sont groupés ensemble. Chaque nœud d'un tel graphe contient les caractéristiques partagées par les cas qui sont au niveau inférieur. Les feuilles contiennent les cas eux-mêmes. La méthode générale de la remémoration à partir d'une telle structure garantit une remémoration efficace en terme de temps de calcul par rapport à la mémoire plate. Ceci est dû à l'organisation hiérarchique des cas qui permet de gagner du temps pendant la remémoration. Néanmoins, elle présente un certain nombre d'inconvénients [11] :

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

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

### 3.3. Le cycle du RBC

Le but fondamental des systèmes RBC est d'éviter de reproduire les erreurs passées, et de faciliter l'acquisition des connaissances. Le RBC doit donc se rappeler des cas pertinents de la mémoire puis à partir de la liste des cas retrouvés à l'étape précédente, sélectionner les cas les plus promoteurs en utilisant les mesures de similarité et apporter une solution ou une interprétation pour le nouveau cas. Une solution est élaborée en adaptant les anciennes solutions. Puis il évalue et analyse les résultats dans le monde réel pour, enfin, mettre à jour la mémoire en stockant et en indexant le nouveau cas.

De manière générale, le raisonnement à base de cas (RBC) est une approche de résolution de problèmes basée sur la réutilisation par analogie d'expériences passées appelées cas.

Le cycle du raisonnement à partir de cas se divise habituellement en quatre phases principales qui sont la remémoration, la réutilisation, la révision, et la mémorisation (appelé aussi apprentissage) : « Voir Figure 1.2 ».

- Phase de **remémoration** des cas : Le but est de rechercher des cas ayant des similarités avec le problème courant.
- Phase de **réutilisation** (adaptation) de la connaissance : Permettant d'apporter une solution au problème courant en se basant sur les cas identifiés dans la phase précédente.
- Phase de **révision** de la solution.

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

- Phase de **mémorisation** chargée de mettre à jour les éléments du raisonnement en prenant en compte l'expérience qui vient d'être réalisée, et qui pourra ainsi être utilisée pour les raisonnements futurs.

Un nouveau problème ou cas est résolu en se rappelant des cas similaires qui sont déjà pré analysés et stockés dans la mémoire. La solution trouvée est ensuite adaptée au nouveau problème. Nous détaillons, dans ce qui suit, chacune des étapes du cycle du raisonnement à base de cas citées précédemment.

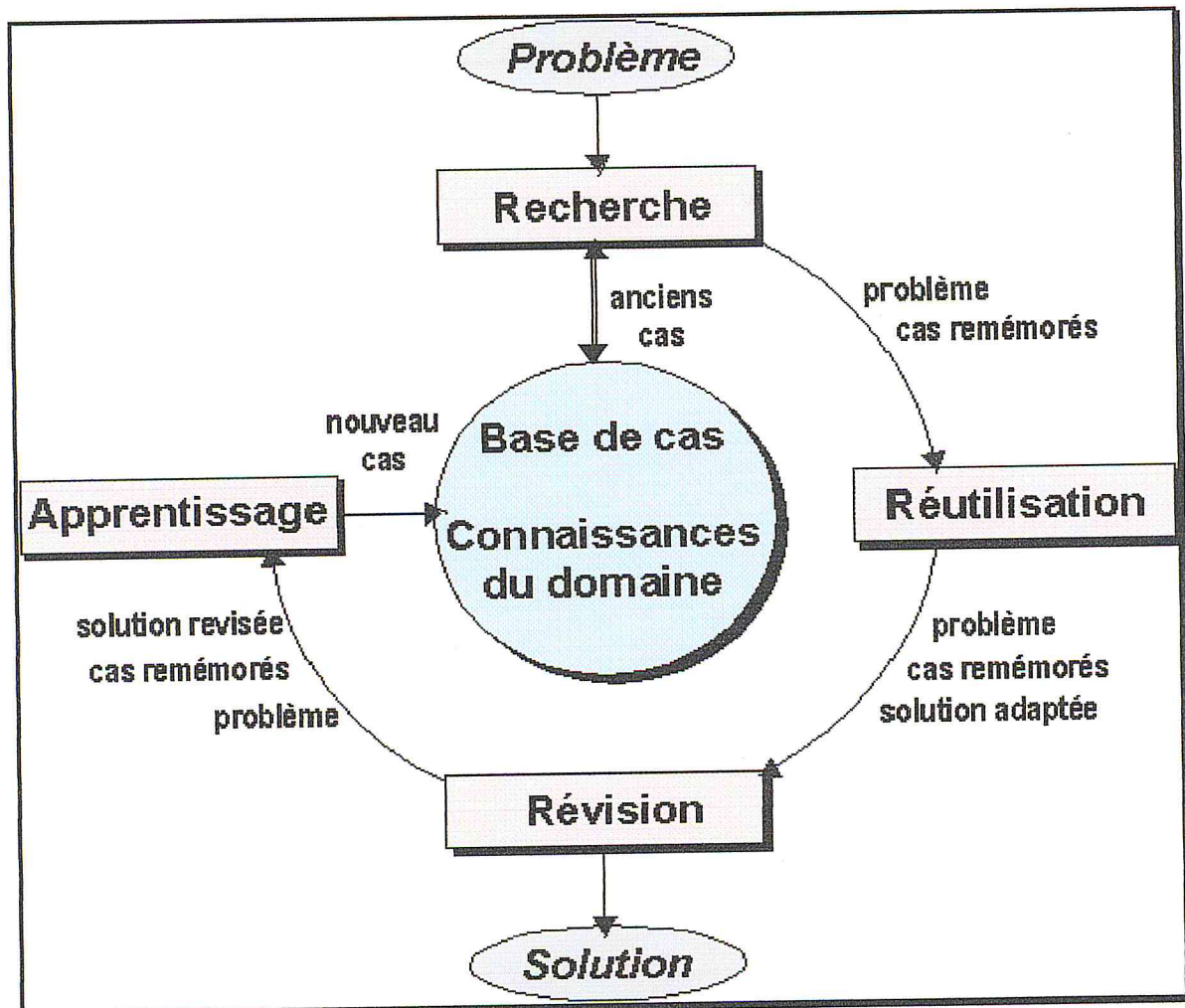


Figure 1.2 : le cycle du RBC

## Chapitre1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

### 3.3.1. La remémoration

La remémoration choisit le cas le plus adéquat pour faciliter la résolution du problème.

Le processus de remémoration permet de trouver, parmi l'ensemble des cas, ceux qui sont les plus proches du cas à analyser.

Pour cela, il faut définir des critères, qui déterminent, comment un cas est jugé « approprié » pour être remémoré. Ces critères dépendent d'une part, de ce que l'on cherche. Le plus souvent un cas est recherché dans sa totalité. Cependant, il arrive qu'une partie de cas soit requise, ceci peut arriver lorsqu'il n'y a pas de cas complet, et la solution consisterait alors à sélectionner des parties de plusieurs cas.

Les méthodes de remémoration dépendent de la façon dont est organisée la mémoire, et de la structure des cas de cette mémoire. En plus, il est impératif que la remémoration soit correcte, c'est-à-dire que l'expérience vécue soit celle qui permet d'obtenir la meilleure solution à partir des cas présents dans la base [11]. La remémoration est composée de deux sous tâches qui sont représentées dans la Figure 1.3 :




- une recherche initiale qui envoie un ensemble de cas possibles.
- La sélection : parmi l'ensemble des cas similaires trouvés, le meilleur est choisi.

Celle ci peut être faite lors de la phase de recherche, mais le plus souvent cette dernière partie du processus fait appel à des méthodes plus complexes. La recherche du meilleur cas se fait à travers la recherche du cas possédant le plus de similarités avec le problème.

#### **Remarque :**

Pour permettre au lecteur de bien comprendre les figures suivantes, il y a lieu de se referer au définition des notations suivantes :

**Tableau1.1. : Tableau de notations des graphes**

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

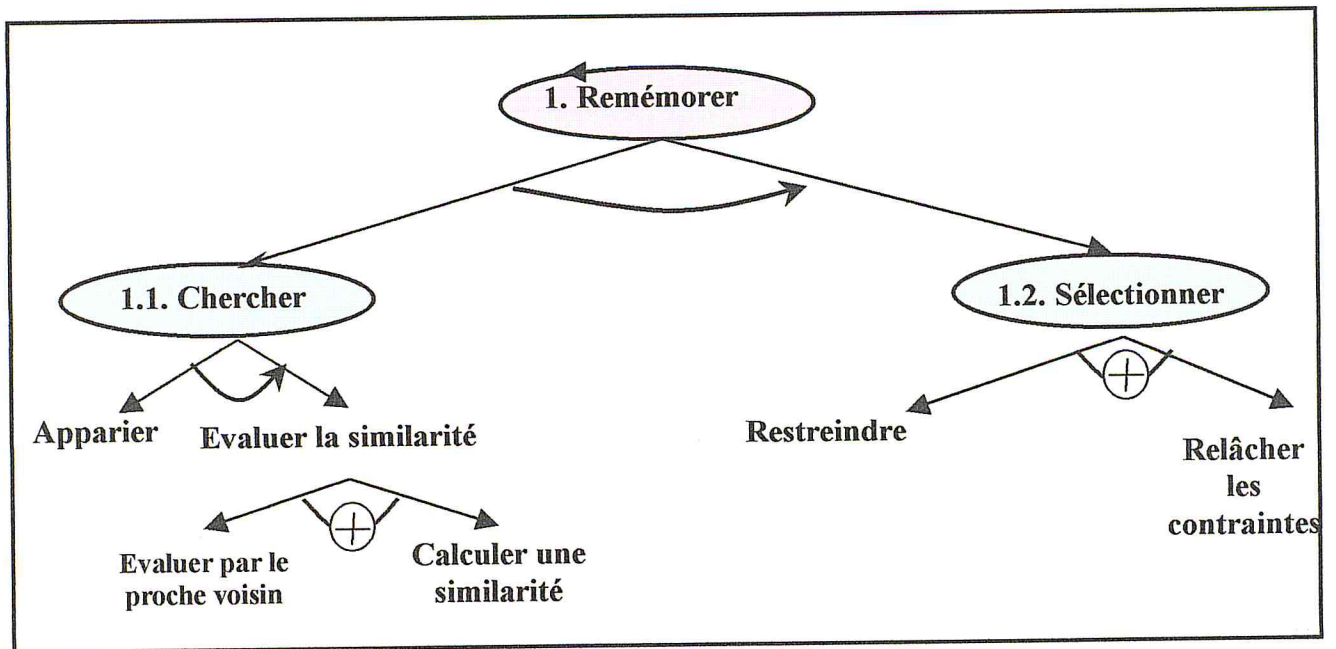


Figure 1.3 : la décomposition de la tâche « Remémorer »

### 3.3.2. La réutilisation

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

La réutilisation des solutions des cas sélectionnés pour résoudre le problème posé, fait appel à deux aspects :

- La différence entre le cas remémoré et le cas actuel (le problème à résoudre).
- La partie du cas rappelé qui doit être transformée ou modifiée et transférée au nouveau cas.

La réutilisation est composée de deux sous-tâches qui sont représentées dans la Figure 1.4 :

- **Copier** : La réutilisation commence par copier soit la solution, soit la méthode d'obtention de la solution du cas remémoré, puis procède à l'adaptation.
- **Adapter** : Les systèmes distinguent généralement l'adaptation par transformation (structurel) et l'adaptation par dérivation dans les systèmes RBC :

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

- a) **L'adaptation structurelle** : dans ce cas, c'est la solution du cas elle-même qui est réutilisée. La solution trouvée n'est pas une solution directe pour le nouveau problème, mais elle peut être transformée pour être appliquée à la résolution de ce problème.
- b) **L'adaptation dérivationnelle** : dans ce cas, c'est la trace du raisonnement ayant produit la solution du cas qui est réutilisée. L'adaptation par dérivation re-crée complètement la solution pour le nouveau problème en réappliquant, sur les données du nouveau problème, le raisonnement qui avait produit la solution du cas passé. Il s'agit de mémoriser le processus complet du raisonnement pour construire (ou dériver) des solutions au nouveau problème à résoudre.

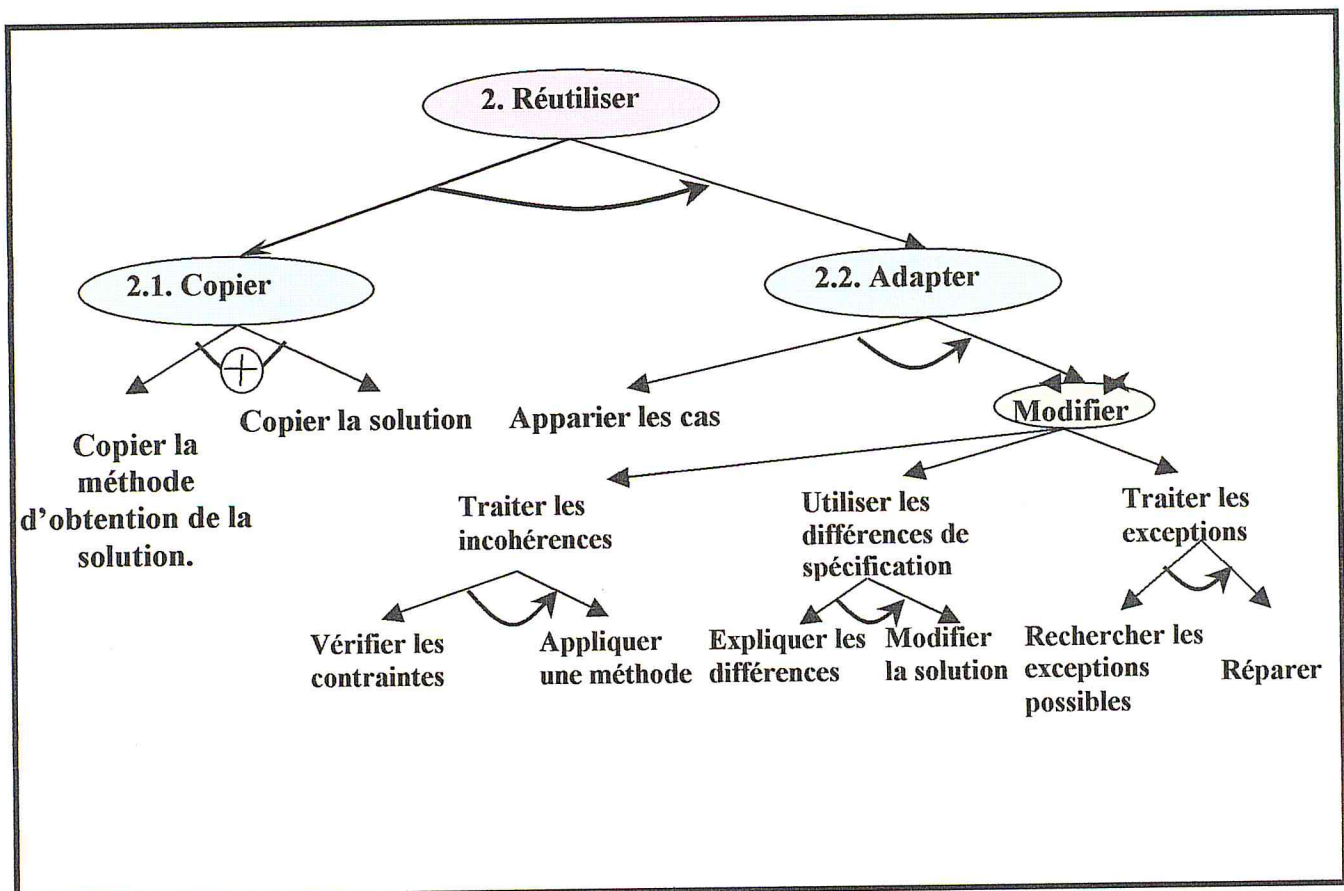


Figure 1.4 : la décomposition de la tâche « Réutiliser »

### 3.3.3. La révision

Cette étape est souvent considérée comme la continuation de l'adaptation. Elle a pour but l'évaluation de la solution produite par l'étape précédente. Si cette évaluation est réussie, on passe à l'étape suivante qui est l'étape de l'apprentissage pour maintenir la nouvelle expérience, sinon il faut réparer la solution.

D'une manière générale, l'étape révision comporte trois sous tâches (voir Figure 1.5) :

- La première sous tâche est la mise en oeuvre de la solution.
- La deuxième sous tâche est la réparation de la solution : La solution peut être réparée en utilisant les connaissances sur le domaine, si elles existent, ou en consultant l'expert.
- La troisième sous tâche est l'explication des différences entre la solution avant et après sa correction. Les explications élaborées servent de base à l'étape d'apprentissage.

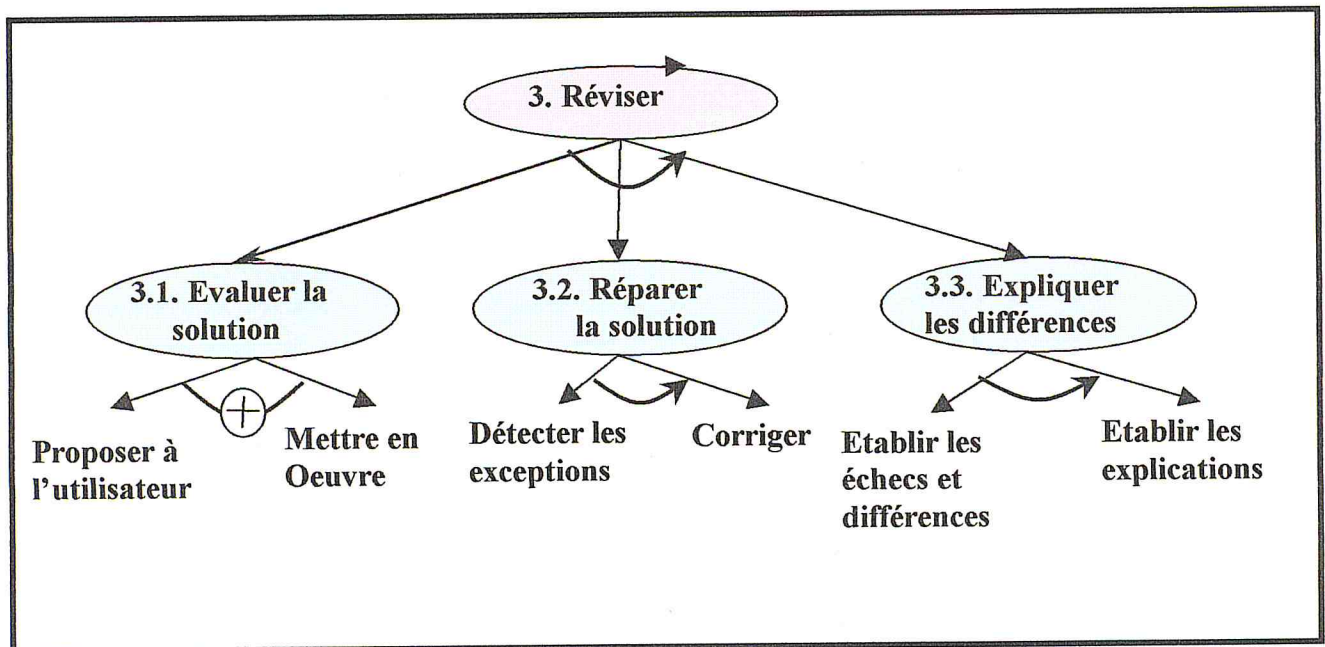


Figure 1.5 : la décomposition de la tâche « Réviser »



### 3.3.4. La mémorisation :

Cette étape représente la fin du cycle accordée à chaque nouveau cas. Un cas résolu est stocké, s'il apporte de nouvelles compétences au système, qui sera remémoré ultérieurement.

La tâche « mémoriser » est répartie en : (voir Figure 1.6) :

- La première sous tâche de la mémorisation est la tâche d'apprentissage.
- La deuxième sous tâche évalue l'utilité du cas afin de déterminer s'il doit être conservé ou non dans la base des cas :
- Si le cas est jugé utile, on stocke le nouveau cas dans la base des cas avec toutes les données représentant ce problème pour les réutiliser dans la résolution d'un nouveau problème.
- Si le cas est jugé inutile c'est-à-dire une expérience qui a échoué, on stocke également le problème sous forme de cas avec les raisons de l'échec, pour éviter de refaire la même erreur dans le futur.

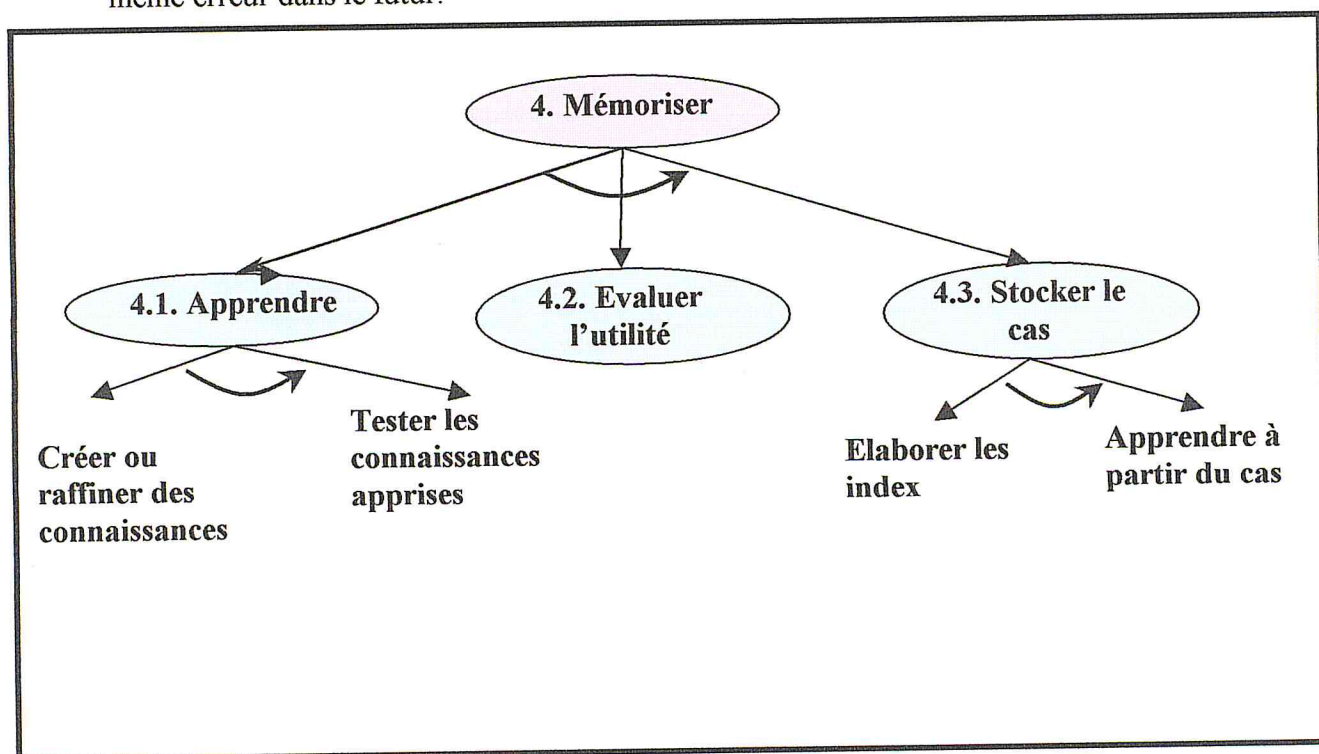


Figure 1.6 : la décomposition de la tâche « Mémoriser »

### 3.4. Les modèles de représentation des cas :

Il existe plusieurs modèles pour le raisonnement à base de cas. Ces modèles sont regroupés en trois grandes familles : structurel, conversationnel et textuel.

#### 3.4.1. Le modèle structurel

Le modèle structurel a émergé des premières vagues applicatives de systèmes RBC, dans ce modèle, toutes les caractéristiques importantes, pour décrire un cas, sont déterminées à l'avance par le concepteur du système qui élabore un modèle de données du domaine applicatif. Les cas sont structurés et représentés par des paires <attribut, valeur> (Voir Figure 1.7). Un attribut représente une caractéristique importante du domaine d'application. Il est en général structuré par des entiers/réels, des booléens, des symboles.

<b>Code Inspecteur</b> : 2735
<b>Construction Contrôlée</b> : Oui
<b>Usage Construction</b> : Logement
<b>Age approximatif</b> : 10

**Figure 1.7 : Exemple de structuration d'un cas en RBC structurelle<sup>4</sup>**

#### 3.4.2. Le modèle conversationnel

Lorsque les caractéristiques importantes pour décrire un cas sont difficiles à déterminer à l'avance par le concepteur de système, comme le cas dans le service à la clientèle, le modèle conversationnel reste le plus adéquat pour surmonter ces difficultés.

Comme son nom l'indique, le modèle RBC conversationnel mise sur l'interaction entre l'utilisateur et le système (d'où la notion de conversation) pour définir progressivement le problème à résoudre et pour sélectionner les solutions les plus appropriées

---

<sup>4</sup>Il représente une partie d'un cas d'une évaluation post-sismique.

## Chapitre1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

Un cas conversationnel consiste en trois parties [10] :

- un problème P: Une brève description textuelle (quelques lignes) de la nature du problème.
- une série de questions et de réponses: Des index, exprimés sous forme de questions, permettant d'obtenir plus d'information sur la description du problème.
- une action A : Une description textuelle de la solution à mettre en oeuvre pour ce problème. Cette description n'est pas structurée ("free -text").

### 3.4.3. Le modèle textuel

Le raisonnement à base de cas textuels porte sur la résolution de problèmes à partir d'expériences décrites dans des documents textuels. Dans cette approche, les cas textuels sont soit non -structurés: free -text, soit semi -structurés (texte découpé et étiqueté par des descripteurs tels que "problème", "solution").

Cette voie de recherche s'avère nécessaire pour certaines applications, telles que celles du domaine de la jurisprudence ou du diagnostic médical, dont le raisonnement s'appuie sur des comptes-rendus textuels.

### 3.5. Les tâches et les domaines d'application

Les tâches réalisées par les systèmes de raisonnement basé sur les cas sont assez variées et peuvent se classer en deux catégories [16].

En effet, un système RBC peut être vu comme un «résolveur» de problèmes ou bien comme un «interpréteur» de situations.

### 3.5.1. La tâche de résolution de problèmes

D'une manière générale, dans ce type de tâche, un utilisateur doit résoudre un problème qu'il spécifie au système résolveur. Ce dernier peut soit donner une solution directe au problème posé, soit dialoguer avec l'utilisateur pour l'aider à préciser le problème et arriver ainsi, petit à petit, à une solution acceptable<sup>5</sup>. Dans cette voie on distingue trois types de résolution de problèmes : la planification, la conception et le diagnostic [16].

Le processus de planification consiste à construire une séquence d'étapes permettant d'arriver à une situation précise à partir d'une situation donnée. Nous pouvons citer ici CHEF qui permet la création de recettes de cuisine.

Dans le domaine de la conception, le problème est défini comme un ensemble de contraintes et le système doit fournir une solution qui satisfait ces contraintes. Par exemple, le système JULIA, permet la construction de menus culinaires en fonction des invités, de leurs goûts respectifs et des ingrédients (ou catégories d'ingrédient) que l'on souhaite utiliser.

Enfin, dans le cadre du diagnostic, le problème est de trouver la cause d'un ensemble de symptômes ou de faits inhabituels. En tant que domaine d'application, nous citerons le diagnostic médical avec PROTOS dans le domaine de l'audiologie et le diagnostic.

### 3.5.2. La tâche d'interprétation

La tâche d'interprétation consiste, pour le système, à déduire des connaissances à partir de celles qui lui sont présentées. Les cas fournissent un contexte pour la compréhension ou l'estimation de solutions.

---

<sup>5</sup>C'est le RBC conversationnel qui est représenté dans le paragraphe 3.4.2

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

C'est par exemple le cas de HYPO considéré comme le premier système RBC d'interprétation. HYPO a été développé dans le domaine juridique. Il a pour fonction de traiter une situation de conflit juridique, donnée en entrée, et de fournir un ensemble de cas pertinents pour l'argumentation du procès, aussi bien pour la défense que pour l'accusation.

Le programme JUDGE travaille dans le domaine des sentences criminelles. Il modélise un jugement qui détermine les sentences pour les personnes soupçonnées de crimes.

### 4. Notion de similarité

Tout système, ayant pour but d'analyser ou d'organiser automatiquement un ensemble de données ou de connaissances, doit utiliser, sous une forme ou une autre, une fonction de similarité dont le but est d'évaluer précisément les ressemblances ou les dissemblances qui existent au sein de ces données. Cette notion de similarité a fait l'objet d'importantes recherches dans des domaines extrêmement divers tels que l'Analyse des Données, la Reconnaissance des Formes, les Sciences Cognitives ou encore l'Apprentissage Symbolique.

Dans le domaine de l'IA, la similarité est surtout utilisée en apprentissage symbolique où l'on essaie de déterminer une ressemblance entre individus.

Deux types de mesures de similarité sont reconnus en RBC :

- Une mesure utilisant des connaissances de surface (caractéristiques généralement liées au domaine).
- Une mesure dite structurelle utilisant des connaissances liées à la structure d'un cas, la connaissance utilisée étant appelée connaissance profonde.

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

Dans ce qui suit nous allons donner une définition de ce qu'est une similarité, ainsi que des principales tâches qu'elle permet d'effectuer.

### 4.1. Similarités en analyse de données

L'analyse de données est une collection de méthodes permettant de modéliser des informations et de trouver des relations entre objets ou entre les paramètres caractérisant ces objets.

Nous nous intéressons à la partie de l'analyse de données qui étudie la notion de ressemblance entre objets. Les mesures de ressemblance issues de l'analyse de données ont fortement inspiré les mesures de similarité utilisées en apprentissage symbolique automatique.

**Tableau 1.2 : Caractéristiques et types de variables en similarité**

Types de variables	Caractéristiques
Disjonctives	Elles peuvent prendre deux états (exemple : vrai ou faux)
Catégoriques non ordonnées	Les différentes catégories ne contiennent pas de notion d'ordre (exemple le type de construction)
Catégoriques ordonnées	Les différentes catégories peuvent être classées (exemple : les tranches d'âges).
Continue	Elles peuvent prendre des valeurs numériques sur les quelles des calculs peuvent être effectués

### a- définition

Est appelée mesure de ressemblance [7] ou mesure de similarité toute application à valeurs numériques qui permet d'exprimer numériquement un lien existant entre les objets ou entre les variables

### b- Caractéristiques d'une similarité

Un indice de similarité sur un ensemble d'individus est une application  $S$  qui vérifie les trois propriétés suivantes :

- a)  $S$  est une application  $\Omega^2$  dans  $\mathbb{R}^+$
- b)  $S$  est symétrique:  $\forall (w_1; w_2) \in \Omega^2: S(w_1; w_2) = S(w_2; w_1)$
- c)  $\forall (w_1; w_2) \in \Omega^2$  avec  $w_1 \neq w_2: S(w_1; w_1) = S(w_2; w_2) > S(w_1; w_2)$

La dernière condition indique que la similarité entre un élément et lui-même est maximale, et a toujours la même valeur pour tous les individus de la population.

#### 4.1.1 Similarités : numérique et symbolique

Les approches, numérique et symbolique de la notion de similarité, offrent des caractéristiques qui sont complémentaires. Les mesures de similarités numériques s'avèrent être d'un emploi extrêmement souple. Elles sont capables de travailler sur un large spectre de type de données et il est assez facile d'introduire, lors du calcul, des approximations statistiques si les informations à traiter sont complexes. En outre, la quantification des ressemblances par une valeur continue implique qu'il est toujours possible et facile de comparer des couples d'objets entre eux.

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

Les fonctions de similarités symboliques présentent, elles, l'avantage de 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.

### 4.1.2. Quelques mesures de similarité courantes

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. Nous souhaitons donc tout d'abord préciser la différence entre un calcul de distance et un calcul de similarité. 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 la similarité est grande, plus les cas sont identiques.

En analyse de données de nombreuses distances, pour mesurer la ressemblance entre individus, ont été proposées, les plus connues et les plus utilisées étant sans contestation la distance euclidienne, distance de Manhattan et celle du plus proche voisin

#### 4.1.2.1. La distance Euclidienne et la distance de Manhattan :

La distance euclidienne et celle de Manhattan sont qu'un cas particulier de la méthode de la mesure de Minkowski qui s'écrit sous la forme suivante :

$$d_p(x, y) = \left( \sum_{i=1}^k w_i \times |x_i - y_i|^p \right)^{1/p}$$

En fonction du paramètre  $p$  on a :

Si  $p=1$  => distance de Manhattan

Si  $p=2$  => distance Euclidienne



## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

Dans cette formule, les variables  $x_i$  et  $y_i$  représentent respectivement les valeurs du  $i$ ème attribut décrivant les individus  $x$  et  $y$  et le terme  $W_i$  représente le poids associé à cet attribut. Cette fonction s'applique lorsque les individus sont décrits par des variables numériques.

### a) la distance Euclidienne :

La distance euclidienne est calculée par la fonction suivante :

$$d_2(x,y) = \left( \sum_{i=1}^k w_i \times |x_i - y_i|^2 \right)^{1/2}$$

Il est à noter que ce que nous appelons une *distance euclidienne* correspond à la notion classique de distance entre deux points dans un espace à deux dimensions ; elle est calculée à l'aide du théorème de Pythagore.

### b) la distance de Manhattan :

La distance de Manhattan est calculée par la fonction suivante :

$$d(x, y) = \left( \sum_{i=1}^k w_i \times |x_i - y_i| \right)$$

Dans les mesures précédentes, pour un attribut donné, la distance est calculée à partir de la différence  $|x_i - y_i|$  entre les modalités. Or, cette manière de procéder risque de fausser le résultat, lorsque les attributs décrivant les enregistrements ont des domaines de valeurs de tailles différentes.

## Chapitre1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

Par exemple, dans le cas de Manhattan, les attributs ayant une grande dispersion de valeurs sont implicitement favorisés, ce qui conduit à augmenter exagérément la distance finale. Il est donc nécessaire de normaliser la valeur de similarité. En analyse de données, cela s'effectue par l'intermédiaire d'une opération dite de *recodage des données*. Par exemple, dans le cas d'attribut numérique continu, le problème est résolu en faisant pour tous les attributs un *centrage* (on retire à toutes les valeurs la moyenne des valeurs de l'attribut pour tous les enregistrements) et une *réduction* (on divise toutes les valeurs par l'écart-type de l'attribut). Ainsi, tous les attributs sont de moyenne nulle et d'écart-type égal à 1.

Toutefois, ce processus ne peut être effectué que lorsque l'on connaît tous les enregistrements, ce qui n'est pas toujours le cas; notamment dans les traitements incrémentaux. En apprentissage symbolique, la solution consiste plutôt à exprimer de manière explicite le domaine de définition des attributs et à intégrer cette information dans le calcul de la similarité.

Par exemple, si l'on introduit une fonction  $Dom_i$  qui calcule la différence entre la borne haute et la borne basse du domaine de définition de l'attribut, la distance de Manhattan s'énonce de la manière suivante :

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^k w_i Dist(x_i - y_i) \quad \text{avec } Dist(x_i - y_i) = (x_i - y_i) / Dom_i \in [0..1]$$

Par ailleurs, dès lors que les attributs sont typés, il est facile de traiter des enregistrements composés de données hétérogènes à l'aide d'une seule mesure générale pour peu que l'on utilise lors du calcul la fonction  $Dist$  correspondant au type de la donnée en cours de traitement. Les méthodes en analyse de données utilisent trois types de données (nominaux, ordonnés finis et infinis) qui permettent de représenter une large variété d'informations

### 4.1.2.2. La mesure de similarité par la méthode du plus proche voisin

La méthode des plus proches voisins PPV<sup>6</sup> consiste à rechercher les plus proches voisins du nouveau cas avec une fonction de similarité. Elle calcule une distance entre le nouveau cas et les cas ayant le même contexte, puis sélectionne les distances les plus courtes et présente à l'utilisateur les diagnostics les plus fréquents.

\* : Cas retenu

\* : Nouveau cas

\* : cas enregistrés dans la base de cas

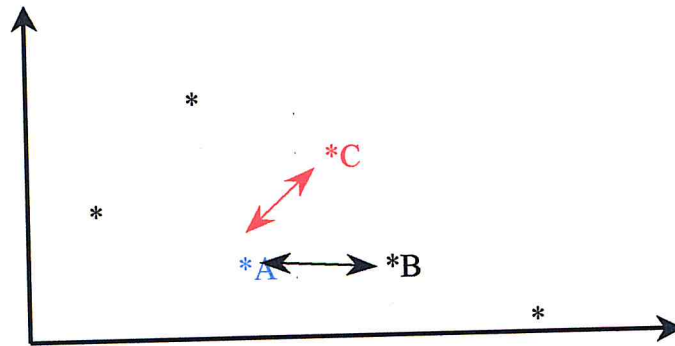


Figure 1.8 : le RBC et les k premiers voisins

Le choix de la fonction de similarité est crucial, il aura une influence directe sur le temps de réponse du RCB. Pour définir la fonction de similarité, on doit définir d'abord une similarité locale sur chacun des champs des enregistrements, puis on combine ces similarités pour définir la similarité globale entre enregistrements.

L'algorithme du PPV permet de sélectionner un cas qui a la plus grande mesure de similitude. A titre d'exemple, la figure suivante présente un cas à analyser ayant deux attributs dont les valeurs sont  $a_1$  et  $a_2$ . Le cas X et le cas Y sont des cas contenus dans la base. Les valeurs de leurs attributs sont  $x_1$ ,  $x_2$  et  $y_1$ ,  $y_2$ .

---

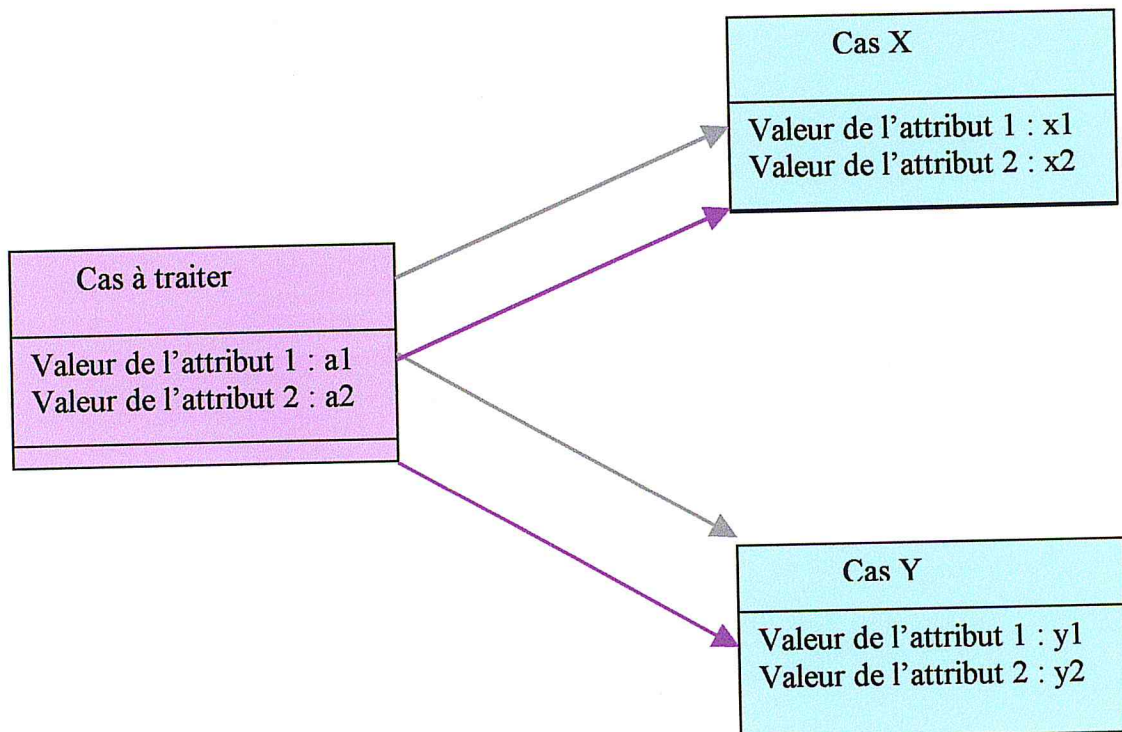
<sup>6</sup>PPV : Plus Proche Voisin

## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

Pour le cas à analyser et le cas X, l'algorithme permet de calculer une valeur de comparaison entre les attributs  $a_1$  et  $x_1$  d'abord ; puis entre  $a_2$  et  $x_2$ . Il fait la somme de toutes les valeurs de comparaison pour trouver une mesure de similitude. Le même calcul est refait pour le cas Y. Si la mesure de similarité trouvée entre le cas X et le cas à analyser est supérieure à la mesure trouvée pour le cas Y, alors l'algorithme sélectionne le cas X comme étant le plus similaire.

L'utilisation de cet algorithme, sans affecter des poids aux différents attributs, laisse supposer que ces attributs ont la même importance, or ceci n'est pas toujours vrai dans la réalité et en particulier dans notre cas. Il est donc nécessaire d'attribuer des poids aux attributs selon leurs importances.



## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

### a- Mesures de similarités locales

- similarité symbolique

Pour les attributs symboliques, la similitude entre deux attributs peut être calculée en utilisant l'équation (1) pour les valeurs nominales (c'est-à-dire de types disjonctives et catégoriques non ordonnées) et l'équation (2) pour les valeurs ordinales ; valeur ordonnée selon une échelle

$$\text{Sim}(a_i, b_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } a_i = b_i \\ 0 & \text{si } a_i \neq b_i \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{Sim}(a_i, b_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } a_i = b_i \\ 1 - (d / N) & \text{si } a_i \neq b_i \end{cases} \quad (2)$$

où  $a$  et  $b$  sont les attributs qui caractérisent deux cas  $A$  et  $B$ .

#### Exemple :

- Soit un ensemble de valeurs  $F = \{\text{vrai, faux}\}$  et soient  $a$  et  $b$  ; deux valeurs spécifiques, avec  $a_i = \text{vrai}$  et  $b_i = \text{faux}$

La mesure de similarité  $\text{Sim}(a_i, b_i) = 0$  selon l'équation (1).

- Soit  $S$  un ensemble de valeurs,  $V = \{\text{Très faible, faible, Haut, Très haut}\}$  (on a  $N = 4$ ) et soient  $a$  et  $b$  deux valeurs spécifiques avec  $a = \text{Faible}$  et  $b = \text{Haut}$ ; la mesure de similarité entre  $a$  et  $b$  donnerait selon l'équation (2)

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

## Chapitre1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

- similarité numérique

La similarité sur des variables quantitatives (numériques) mesure l'écart entre les deux objets de manière relative par rapport à l'étendue de la distribution de la variable; elle est définie par la formule suivante :

$$\text{Sim}(a_i, b_i) = 1 - \left[ \frac{|a_i - b_i|}{\text{range}} \right] \quad (3)$$

Nous rappelons que  $a$  et  $b$  sont les attributs qui caractérisent deux cas  $A$  et  $B$  et  $\text{range}$  est la valeur absolue de la différence de la cardinalité minimale entre  $a$  et  $b$  et la cardinalité maximale entre  $a$  et  $b$ .

### Exemple :

Soit un couple qui souhaite acheter une voiture, il détermine dans un premier temps leurs critères de choix, puis il recherche parmi les trois véhicules celui qui correspond le plus à leurs critères.

Le véhicule cible : prix= 1600 €, Vitesse max= 230 KM

	Véhicule1	Véhicule2	Véhicule3
Prix	1500 €	2000 €	1800€
Vitesse max	220 KM	280 KM	230 KM

La mesure de similarité entre le véhicule cible et le véhicule 1 est déterminée de la façon suivante :

- pour le critère prix :  $\text{Sim}(\text{Véhicule cible}, \text{Véhicule1}) = 1 - \left[ \frac{|1600 - 1500|}{500} \right] = 0.8$
- pour le critère Vitesse max :  $\text{Sim}(\text{Véhicule cible}, \text{Véhicule1}) = 1 - \left[ \frac{|230 - 220|}{60} \right] = 0.833$

## Chapitre1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

La similarité entre le véhicule cible et le véhicule1 (**similarité globale**) est égale à  $(0.8+0.833)/2$  soit 0.816.la même démarche sur les véhicules 2 et 3 donne respectivement 0.183 et 0.8.

Comme on l'a dit précédemment cette analyse considère que tous les critères ont la même importance or ce n'est pas notre cas. Et pour remédier à ce problème on a choisi une fonction qui permet de calculer la similitude entre les individus en prenant en compte la pondération des critères.

### b- Mesures de similarités globales

Dans le RBC le calcul des similarités globales est fait à partir des similarités locales.

Prenons l'exemple de cas modélisés comme des collections de n couples d'<attribut : valeur>. Le calcul de similarité de deux cas de ce type est alors fondé sur n calculs de similarité, dédiés à la comparaison, deux à deux, de chacun des attributs des deux cas.

Ainsi, si  $Sim_i (cas1, cas2)$  représente le résultat du calcul de similarité du i-ème attribut des cas 1 et 2, alors la formule du calcul de similarité de deux cas est la suivante :

$$Sim (cas1, cas2) = \left[ \sum_{i=1}^n Sim_i (cas1, cas2) \right] / n$$

Où  $Sim_i = 1$  si l'attribut du cas 1 est égal à l'attribut i du cas 2,  
et  $Sim_i = 0$  si les i-èmes attributs des cas 1 et 2 sont différents

Notons que ce calcul de similarité est normalisé (divisé par n) afin de donner un résultat obligatoirement compris entre 0 et 1. Cette normalisation est le principe le mieux adapté pour pouvoir donner, ensuite, des résultats d'appariement sous la forme de pourcentages de similarité de deux cas (si  $Sim=1$  alors 100% de similarité et si  $Sim=0,1$ , on a 10% de similarité). Il est également possible d'ajouter des pondérations pour faire varier l'importance de la prise en compte de certains attributs. On obtient alors la formule suivante :

## Chapitre1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

$$\text{Sim (cas1, cas2)} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \text{Sim}_i (a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4)$$

Où  $\text{Sim}_i = 1$  si l'attribut du cas 1 est égal à l'attribut  $i$  du cas 2,  
Et  $\text{Sim}_i = 0$  si les  $i$ -èmes attributs des cas 1 et 2 sont différents  
et où  $w_i$  est le poids affecté au  $i$ -èmes attribut

### Exemple :

En reprenant l'exemple précédent on pondère les critères par ordre d'importance comme suit :

Le prix a un poids de 5, la vitesse max a un poids 3 les mesures de similarités deviennent alors :

Véhicule	Formule	Résultat
Véhicule 1	$((5 \times 0.8) + (3 \times 0.83)) / 8$	0.811
Véhicule 2	$((5 \times 0.2) + (3 \times 0.166)) / 8$	0.187
Véhicule 3	$((5 \times 0.6) + (3 \times 1)) / 8$	0.75

Le véhicule 1 est le plus proche du véhicule cible recherché par le couple. Cette pondération permet donc d'améliorer le bon choix du véhicule.

### **c) mesure de la distance**

La notion de similarité trouve son complément dans la notion de distance.

La distance s'écrit :

$$\text{Distance (cas1, cas2)} = 1 - \text{Similarité (cas1, cas2)}$$

Dans l'exemple précédant, les distances deviennent donc :

$$\text{Distance (Véhicule cible, Véhicule1)} = 1 - 0.811 = 0.189$$

$$\text{Distance (Véhicule cible, Véhicule2)} = 1 - 0.187 = 0.813$$



## Chapitre 1 : Le raisonnement à base des cas (RBC)

---

Distance (Véhicule cible, Véhicule1) =  $1 - 0.75 = 0.25$

Deux objets similaires ont donc une entre eux une distance nulle ; en revanche, la distance maximale sépare deux objets différents.

### 5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini le raisonnement à base de cas, donné son cycle et expliqué en quoi consiste chacune de ses étapes. A la lumière de notre étude, il apparaît clairement que l'usage du RBC est approprié dans les domaines où les données et solutions des problèmes précédents existent.

Nous avons pu démontrer clairement que la mesure de similitude est une étape cruciale dans le RBC. Parmi les mesures qui existent et que nous avons détaillées, on note : La distance euclidienne, La distance de Manhattan et celle du plus proche voisin.

Dans le chapitre qui suit nous présenterons l'utilisation et les étapes du raisonnement à base de cas dans l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions (SEPS).

**Chapitre 2**  
**Le RBC pour l'évaluation des dommages**  
**Post-sismiques des constructions**

**Sommaire**

---

1. Introduction.....	40
2. Evaluation des dommages post-sismiques.....	40
2.1. Classification des dommages.....	41
2.2. Niveau des dommages.....	42
2.3. Difficultés liées au domaine.....	43
3. Utilisation du RBC pour la réalisation de SEPS.....	44
3.1. Structure d'un cas dans le cadre de SEPS.....	45
3.2. Le cycle du raisonnement basé sur les cas dans le cadre de SEPS.....	47
3.2.1. La phase de remémoration.....	49
3.2.2. La phase de choix de la solution (réutilisation).....	57
3.2.3. La phase mémorisation du cas.....	58
4. Conclusion.....	58

---

### 1. Introduction

Ce chapitre propose une combinaison originale de la technique de raisonnement basé sur les cas et de l'évaluation des dommages post sismiques. Nous présenterons les principales différences de notre système avec le RBC, une description globale de SEPS (Système d'Evaluation Post-Sismique des constructions endommagées) est détaillée dans tout le chapitre suivant. Pour cela une première partie sera consacrée à l'étude des éléments nécessaires à la compréhension de la problématique de l'évaluation post-sismique d'éléments de structures endommagés. On propose dans cette partie la description de la démarche suivie par les ingénieurs en parasismique au problème de l'estimation des dommages post-sismiques ; en mettant l'accent sur les difficultés rencontrées par les ingénieurs qui sont envoyés sur les lieux du sinistre et chargés de l'expertise.

Une deuxième partie sera réservée à l'utilisation de la technique du raisonnement basé sur les cas RBC dans le cadre de notre système d'évaluation des dommages post-sismiques des constructions SEPS.

### 2. Evaluation des dommages post-sismiques

L'estimation des dégâts occasionnés à une structure à la suite d'un séisme est une opération très délicate, qui nécessite la participation d'experts qualifiés qui ont déjà participé à des campagnes post-sismiques.

La première action de ces experts, est de procéder à une inspection selon une méthodologie qui fournirait de manière rapide et fiable des informations exactes et précises sur l'état des constructions, afin de juger de leurs niveaux d'endommagement.

La démarche des experts s'effectue en deux phases :

- **La phase A** : Consiste en une évaluation sommaire des dommages. Lors de cette phase, les ingénieurs sont munis de fiches techniques d'évaluation<sup>1</sup>. Elle est soldée par un rapport permettant d'adopter les premières mesures d'urgence et de classer les constructions dans une des trois catégories des couleurs : VERT, ORANGE, ROUGE.

---

<sup>1</sup>Voir Annexe A

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

- **La phase B** : Cette phase ne concerne, en réalité, que les constructions classées « ORANGE », elle vise l'approfondissement des expertises et une évaluation servant de base à la définition des divers programmes de reconstruction. Ces constructions devront être soumises à un second examen pour cerner les conditions de leur réutilisation et les risques encourus par leurs occupants.

En Algérie, un nombre important de séismes est survenu surtout durant ces vingt dernières années tels que les séismes dévastateurs de Chlef, Zemouri et Boumerdès....

Il a été enregistré :

- 6 000 unités de construction à expertiser lors du séisme de Chlef en 1980.
- 70 000 unités de construction à expertiser lors du séisme de Chenoua Tipaza 1989.
- 190000 unités de construction à expertiser lors du séisme de Zemouri à Boumerdes en 2003.

### 2.1. Classification des dommages

L'expertise consiste en une évaluation des niveaux de dommages qui sont définis en cinq degrés. Cette évaluation qui sera détaillée ultérieurement permet de classer la construction dans une des trois catégories des couleurs : VERT, ORANGE, ROUGE.

- Les constructions siglées « **VERT** » sont celles ayant subi peu ou pas de dommages et pouvant être utilisables dans l'immédiat (niveau 1 & 2).
- Les constructions siglées « **ORANGE** » sont celles ayant subi des dommages et nécessitant une expertise approfondie ; qui permettra de décider si ces constructions peuvent ou non être récupérées, moyennant un confortement ou une consolidation appropriée (niveau 3&4) suivant l'importance et le coût des réparations.
- Les constructions siglées « **ROUGE** » sont celles ayant subi des dommages considérables et donc, devant être démolies et déblayées (niveau 5).

### 2.2. Niveaux des dommages :

On utilise une classification à cinq niveaux pour l'évaluation du niveau de dommages des éléments de la construction ou de la construction toute entière, cette classification a été établie par l'Organisme National de Contrôle Technique de la Construction du Centre :

- **Niveau 1 : dommages négligeables**, tels que :

- Des meubles et glaces cassés.
- Fissures fines dans le plâtre au niveau des murs de séparation, etc.

- **Niveau 2 : Dommages légers**, tels que :

- Fissures des cloisons intérieures.
- Fissures des plafonds.
- Dommages au niveau des canalisations d'eau, électricité, lustre renversé, etc.

- **Niveau 3 : Dommages modérés**, tels que :

- Dommages importants au niveau des parties non structurales et dommages faibles pour les parties structurales.
- Fissures dans les poteaux et poutres avec apparition des épaufrures.

- **Niveau4 : Dommages importants**

- Dommages non structuraux très importants et dommages structuraux considérables.
- Endommagement sévère dans les nœuds des poteaux et les poutres avec écrasement de béton.

- **Niveau 5 : Dommages très sévères, tels que :**

- Bâtiments à condamner ou effondrés : Un étage a disparu, un bâtiment a basculé, trop de nœuds « poutres poteaux » éclatés.

En général les bâtiments à condamner sont ceux qui ont subi trop de déformations ou dont la réparation coûterait aussi chère que le prix initial du bâtiment.

Pour plus de détails sur les niveaux des dommages voir le manuel d'estimation des dégâts<sup>2</sup> utilisé par les ingénieurs en parasismiques, qui montre l'attribution des degrés d'endommagement ; que se soit pour des structures en maçonnerie, ou bien en béton armé.

---

<sup>2</sup>Voir Annexe B

### 2.3. Difficultés liées au domaine

Il a été constaté que lors des évaluations post-sismiques, les conditions d'expertise, de déplacement, d'hébergement et de transport de l'ingénieur expert influent sur la décision de l'évaluation des dommages des structures. Il y a aussi la lourde tâche de fournir de manière rapide, précise et fiable l'estimation des dégâts pour toutes les structures confondues.

Précisons aussi qu'une grande partie des ingénieurs du groupement des structures de contrôle technique des constructions sur le territoire nationale CTC<sup>3</sup> (Centre – Est – West - Sud), sont jeunes, donc d'une expérience limitée; et que les experts dotés d'une grande expérience occupent plutôt des postes de responsabilité ou bien sont en nombre réduit sur terrain.

Donc si on fait une récapitulation de l'évaluation post-sismique lors des expertises, on distingue plusieurs paramètres qui en dépendent :

- Les conditions de travail des experts sur terrain.
- Des conditions d'objectivité de l'expert.
- L'état psychologique des experts face à la situation.
- Incohérence dans l'évaluation entre ingénieurs et experts.
- L'importance du facteur temps et de l'urgence de l'opération, ce qui fait l'importance de l'outil informatique afin de rendre l'opération plus rapide.

De plus le sentiment de fatigue, le stress, l'émotion qu'entraîne ce type de situation douloureuse affectent les capacités d'objectivité de l'ingénieur chargé de l'expertise.

---

<sup>3</sup>CTC (Contrôle Technique Construction)

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

Face à ces problèmes, il devient important de préserver l'expérience et le savoir faire des experts en implantant un système de raisonnement basé sur les cas. Ce système permettra aux ingénieurs qui ne sont pas suffisamment expérimentés de trouver une aide pour mesurer la sévérité de l'endommagement et une orientation pour définir les recommandations concernant les mesures d'urgence, afin de procurer la sécurité et la protection des vies humaines.

Le paragraphe suivant sera réservé à l'utilisation du raisonnement basé sur les cas **RBC** dans le cadre de notre système d'évaluation des dommages post-sismiques des constructions **SEPS**.

### **3. Utilisation du RBC pour la réalisation du SEPS :**

Le type de raisonnement que nous avons choisi est inspiré du raisonnement à base de cas, dans le sens qu'il soit fondé sur une recherche de similarité entre un nouveau cas (une nouvelle construction à évaluer) et l'ensemble des cas existant dans la base (c'est à dire l'ensemble des cas évalués lors des différents séismes). Il s'en distingue par le fait qu'il n'y a pas de phase de révision et surtout par le fait que la base de cas n'est pas enrichie automatiquement, mais par les experts.

Comme on a déjà cité dans le chapitre précédent, la phase de révision consiste en une évaluation de la solution. Si cette évaluation est réussie, il ne reste plus qu'à retenir la solution, sinon il faut la réparer.

Or, dans le raisonnement basé sur le cas tel que nous l'utilisons, la solution attendue est une évaluation générale des dommages ainsi que les mesures d'urgence à entreprendre. La phase de révision consisterait donc à tester si les techniques de réparation et de renforcement proposées par l'expert sont efficaces. Ceci prendrait un temps considérable, des mois, voire des années avant de pouvoir donner une réponse définitive.

La deuxième différence réside dans la gestion de la base de cas qui est mise à jour par les experts en parasismique.

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

Dans le paragraphe qui suit, nous détaillons la structure d'un cas dans notre système de raisonnement basé sur les cas pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions SEPS.

### 3.1. Structure d'un cas dans le cadre de SEPS :

La plupart des modèles de raisonnement à partir de cas ne comprennent pas de tâche d'élaboration du cas qui est néanmoins toujours implicite. En effet avant d'effectuer la remémoration d'un cas, il est nécessaire de créer un nouveau cas, de collecter des informations afin de décrire le problème. C'est pour cela que nous nous sommes tournés vers les utilisateurs de notre système (c'est-à-dire les ingénieurs en parasismique du CTC) ; ce qui ressort des interviews qu'ils nous ont accordé, est qu'un cas doit tenir compte de toutes les informations nécessaires pour effectuer une bonne évaluation d'une construction<sup>4</sup>.

En étudiant cette fiche on peut déduire que pour représenter un cas, le modèle structurel<sup>5</sup> serait le mieux approprié.

Donc la description du problème contient toutes les données relatives à une construction à évaluer : description générale de la construction, description des dommages, degrés des dommages, etc. En fait, un cas reflète exactement les descriptions des dommages contenus dans un document principal au niveau du CTC dénommé «fiche d'évaluation des dommages»

Cette fiche (utilisée depuis 25 ans) renseigne de manière assez complète la construction, l'environnement (zone sismique, présence de faille, bâtiments adjacents, le sol, etc.). De plus, elle doit contenir l'évaluation proposée par l'expert, c'est-à-dire le niveau général des dommages (1-2-3-4-5), la couleur à utiliser (vert, orange, rouge), ainsi que les mesures immédiates à prendre.

Ces informations pertinentes, contenues dans ce document, sont la base de l'élaboration de notre système de RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions.

---

<sup>4</sup>Il doit contenir toute les informations présentent sur la fiche technique d'évaluation.

<sup>5</sup>Voir le modèle structurel dans le chapitre1



## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

De ce fait, un cas devrait contenir les attributs relatifs à :

**-Identification de la construction** : Ces informations permettent de localiser la construction et d'indiquer surtout les constructions calculées au séisme. En fait, pour ces dernières, un certain nombre de mesures et de règles parasismiques ont été considérées lors de leurs constructions. Un autre facteur aussi important et qui a été classé avec ce groupe de données est le facteur construction contrôlée.

Ce facteur permettra de connaître si lors de sa construction, le bâtiment en cours d'évaluation, a fait l'objet d'un suivi technique, c'est-à-dire si les éléments de structure sont conformes à la réglementation.

**-Usage de la construction** : Ces informations sont surtout utiles pour la proposition de recommandations. En fait, une centrale électrique, un château d'eau ou un monument historique ne seront rénovés ni de la même manière ni avec les mêmes matériaux.

**-Description sommaire** : Ces informations donnent une idée générale ou une vue extérieure de la construction.

**-Problèmes autour de la construction** : L'expert complètera les informations relatives à l'aspect général de la construction par des données qui permettront de renseigner sur l'environnement de la construction (affaissement, présence de faille, etc.).

**-Fondations–Infrastructure** : Les fondations d'une construction sont les assises de celle-ci. Les dommages subis par les fondations sont d'une importance capitale pour l'expert chargé de l'évaluation.

**-La structure résistante** : Ces données comprennent les dommages subis par les éléments porteurs, les planchers, les murs ainsi que la toiture.

**-Les éléments secondaires** : Les escaliers, les plafonds ou les balcons ne sont pas les supports de la construction, mais ils contribuent à sa stabilité et sa solidité.

De ce fait, ils doivent aussi être considérés lors de l'estimation des dommages.

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

**-Influence des constructions adjacentes :** A la suite d'un séisme, une construction peut être jugée comme non affectée, mais pourrait cependant être menacée par une construction adjacente qui risquerait de tomber. De la même manière, une construction pourrait être dans un état critique, mais l'expert pourrait juger qu'elle ne devrait pas être détruite car elle contribue fortement au soutien d'une construction adjacente.

La solution du cas correspond aussi à la solution proposée dans la fiche technique d'évaluation. Elle permet de donner l'évaluation finale du niveau des dommages, ainsi que les mesures immédiates à prendre.

La partie résultat d'application de la solution est par contre non existante dans notre cas. Dans notre contexte, on ne peut pas vérifier le résultat de l'application d'une solution, car cela demanderait beaucoup de temps : Les solutions proposées par un expert correspondent aux moyens qu'il faut adopter pour conforter la construction, ou du moins pour assurer la sécurité des personnes. La majorité de ces solutions ne peuvent être vérifiées que s'il y a un autre séisme par exemple, ou un autre incident qui prouverait que la construction confortée n'a pas résisté « longtemps ».

### 3.2. Le cycle du raisonnement basé sur les cas dans le cadre de SEPS

Notre système SEPS a pour but d'effectuer une évaluation d'une structure endommagée lors d'un séisme (cas cible) en fonction des évaluations déjà effectuées sur d'autres constructions lors de différents séismes (cas sources).

Le raisonnement à partir de cas repose sur l'utilisation d'une base de cas, chaque cas de la base correspond à une évaluation d'une construction endommagée après un séisme.

On propose alors d'effectuer un raisonnement en trois étapes dans lequel la phase de révision n'est pas effectuée.

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

- **La phase de remémoration** : Permet d'identifier un ensemble de cas dont la description est proche de celle de la construction endommagée courante pour laquelle il s'agit de déterminer la décision prise par l'expert à savoir : attribuer une couleur VERT ,ORANGE ,ROUGE, et cela en fonction des dégâts qu'a subi la structure. La stratégie de recherche mise en œuvre pour les évaluer est la sélection par la méthode des plus proches voisins?

Dans SEPS la remémoration est basée sur une analogie dite de surface c'est-à-dire sur les caractéristiques des expériences et du problème à résoudre.

La méthode de recherche de cas similaires dans SEPS s'articule en deux étapes : la première réduit le nombre de cas à examiner en sélectionnant les plus pertinents à savoir, les cas ayant le même type de structure que le cas à traiter. La seconde choisit le cas le plus similaire. Cette dernière est complexe au niveau de l'élaboration de l'appariement et au niveau de la définition d'une mesure de similarité.

- **La phase choix de la solution** : Cette phase correspond à la phase de réutilisation d'un cas. La tâche réutilisée dans notre système, consiste à copier la solution du cas remémoré, c'est-à-dire la solution du cas trouvé; qui est elle-même réutilisée. Ce choix ne se fait pas automatiquement. C'est une décision de l'expert (en parasismique).
- **Enfin, la phase de mémoration** : Il s'agit d'ajouter le nouveau cas à la mémoire. Dans notre contexte, la base de cas n'est pas enrichie automatiquement, mais par les experts.

La figure suivante illustre le cycle de RBC dans SEPS

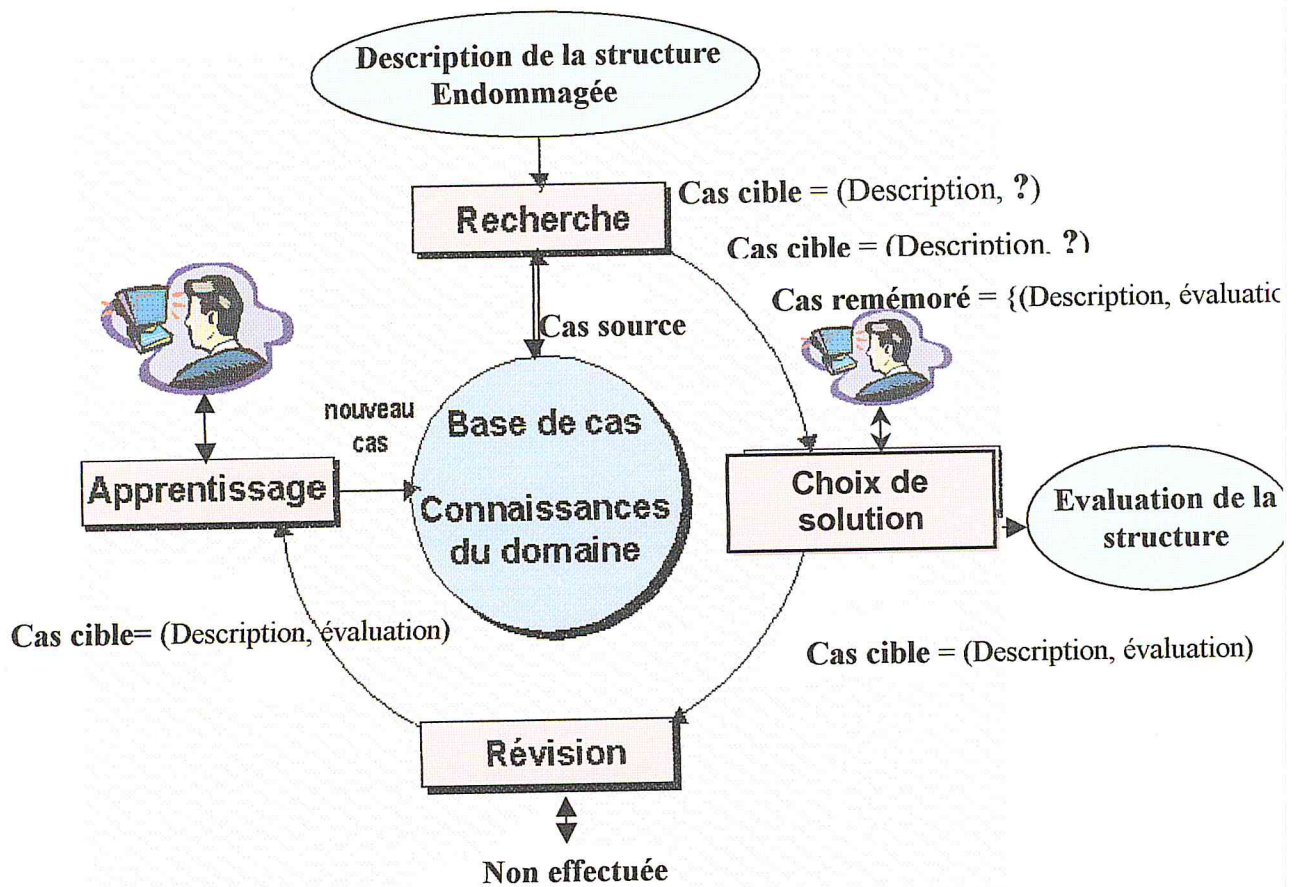


Figure 2.1 : le cycle du RBC dans SEPS

Nous détaillons dans le paragraphe suivant chacune des étapes du cycle du raisonnement à base de cas citées précédemment.

### 3.2.1. La phase de remémoration :

La tâche de la remémoration est composée de deux sous tâches qui sont (voir Figure 2.2) :

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

**a. La présélection** : Pour la structuration de notre mémoire de cas, nous proposons de structurer notre base de cas en utilisant une mémoire plate partitionnée en groupes où chaque groupe contient un ensemble de cas similaires. Nous avons choisi de définir un groupe pour chaque type de structures résistantes existantes dans notre pays. De ce fait, nous avons constitué quatre groupes.

Le premier groupe correspond aux constructions de type poteaux, poutres. Le second se rapporte aux constructions de type voile. Le troisième traite les constructions de type mixte. Quant au quatrième, il regroupe les constructions de type maçonnerie. Les différents groupes sont utilisés comme un système d'indexation<sup>6</sup> pour les différentes zones de la mémoire.

La phase de présélection consiste à sélectionner dans la base de cas, le sous ensemble de cas pertinent par rapport à la construction étudiée. Cela consiste en fait à éliminer tous les cas n'ayant aucun sens par rapport à la construction étudiée. Par exemple, pour une construction à structure voile, on éliminera toutes les constructions de type poteau- poutre, celles de type mixte et celles de type maçonnerie.

Cette phase est essentielle car sans cette présélection, le système risquerait de produire des conclusions fausses. En effet, il se peut que les dommages rencontrés dans une construction soient entièrement vérifiés dans un cas donné, sans pour autant que les deux constructions aient le même type de structure.

### **b. La mesure de similarité**

Dans cette tâche, il s'agit pour le système d'évaluer une mesure de similarité entre le cas à étudier et chaque cas de la base<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup>Appeler aussi « opération d'étiquetage »

<sup>7</sup>Ceci fait après le filtrage des cas selon le type de structure concerné

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

Dans le chapitre précédent nous avons présenté les principales méthodes de calcul de ressemblance. Notre choix s'est arrêté sur la méthode du plus proche voisin pour les raisons suivantes :

- Comme cité précédemment, la distance euclidienne permet de calculer la distance entre deux points représentés dans un espace à deux dimensions. Cette distance est calculée à l'aide du théorème de pythagore. Or dans le cadre de notre système, la mise en œuvre d'une telle méthode, pour déterminer la ressemblance entre deux cas, est complexe, de plus, dans notre contexte les cas ne sont pas représentés graphiquement.
- Comme la distance euclidienne, la distance de Manhattan s'avère inadéquate pour être utilisée dans notre cas, car dans cette méthode les attributs ayant une grande dispersion de valeurs sont implicitement favorisés, ce qui conduit à augmenter exagérément la distance finale. Un recodage de données est nécessaire pour pallier à cet inconvénient; néanmoins ce processus ne peut être effectué que lorsque l'on connaît tous les enregistrements.

Généralement, la méthode des k plus proches voisins attribue le même poids pour tous les attributs. L'utilisation de cette méthode, sans affecter des poids aux différents attributs, laisse supposer implicitement que ces attributs ont la même importance.

Dans notre cas, Une fonction d'évaluation pondérée est nécessaire. L'importance de chaque attribut constitue un indice de pondération, et le cas est évalué en fonction de l'ensemble des attributs. En fait, l'attribution d'un même coefficient pour tous les attributs fausserait les résultats, vu que certains attributs du cas sont descriptifs, tel que l'âge de la construction, nombre de niveaux, type de logement, alors que d'autres sont très importants dans l'évaluation du dommage tel que type de fondation, type de dommages...etc.

Par exemple, il serait incorrect d'attribuer le même coefficient aux attributs éléments porteurs et à ceux des éléments extérieurs.

Comment attribuer les poids aux attributs représentant le cas, pour permettre le calcul de la similarité ?

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

Pour répondre à cette question, nous avons élaboré un sondage<sup>8</sup> transmis à vingt experts du CTC Boumerdes , CTC de Chlef qui ont une expérience de 10 à 15 ans dans le domaine de l'évaluation et du diagnostic post-sismique d'éléments de structures endommagés; et une appréciation réelle des caractéristiques d'une construction, afin qu'ils nous orientent dans le choix des coefficients de pondération et nous permettent de se rapprocher de l'état réel d'application des évaluations post-sismiques et cela par la quantification de l'ordre d'importance des paramètres de la fiche d'évaluation des dommages.

L'élaboration de ce questionnaire consiste à reprendre de façon identique la fiche technique utilisée et par la contribution d'experts, classer les paramètres, élément par élément, suivant leur ordre d'importance, et cela vis-à-vis de l'évaluation finale c'est-à-dire (Vert- Orange- Rouge).

Pour déterminer les poids correspondants aux différents attributs de la fiche, des moyennes ont été calculées en utilisant les vingt questionnaires remplis par les experts.

Le tableau suivant illustre le poids correspondant à chaque attribut de la fiche d'évaluation :

---

<sup>8</sup> voir Annexe C

Tableau 2.1 : pondération des poids de la fiche technique

IDENTIFICATION DE LA CONSTRUCTION					
Construction Calculée					5.8
Construction Contrôlée					5.7
USAGE DE LA CONSTRUCTION					
Logement	5.8	Scolaire	8.4	Commercial	5.4
Administration	5.6	Hospitalier	8.8	Industriel	6.2
Socio- Culturel	4.9	Sportif	6.5	Réservoir d'eau	9.7
Autre					4
DESCRIPTION SOMMAIRE					
Age approximatif	6.1			Vide sanitaire	7
Nombre de niveaux	7.4			Sous sol	6
Nombre de joints de En élévation	7.2	Nombre de joints de Infrastructure	4.8	Eléments extérieurs : indépendants (escaliers, au vent, passage couvert)	3.8
TYPE DE STRUCTURE					
Poteau- poutre					8
Mixte					5.8
Voile					7.3
Maçonnerie non chaînée					5.7
Maçonnerie chaînée					5.8
PROBLEME AUTOUR DE LA CONSTRUCTION					
Faïlle	9.8	Affaissement-Soulèvement	9.3	Glissement	8.8
Liquéfaction	9.7				
FONDATIONS – INFRASTRUCTURES					
Type de fondation		Glissement	8.8	Voile béton continu	8.1
Radier	9.7				
Semelles isolées	9.8				
Semelles filantes	9.6				
Pieux	9.8				
Autre	9				
Tassement uniforme	9.1				



## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

<b>STRUCTURES RESISTANTES</b>			
<b>Eléments porteurs (charges verticales)</b>		<b>Elément de contreventement</b>	
Murs en maçonnerie	8.7	Murs en maçonnerie	9.2
Voiles béton	8.8	Voiles béton	9.4
Poteaux béton	8.6	Portiques béton armé	9.4
Poteaux métalliques	8.6	Portiques métalliques	9.3
Poteaux bois	8.8	Palées triangulaires	9.1
Autres	8.9	Autres	9.8
<b>Planchers – Toitures terrasse</b>		<b>Toitures inclinées</b>	
Béton armé	7.7	Charpente métallique	6.0
Solives métalliques	6.4	Couverture amiante ciment	5.2
Solive Bois	6.2	Couverture métallique	5.2
		Charpente bois	6.3
		Couverture tuile	5.9
<b>ELEMENTS SECONDAIRES</b>			
<b>Escaliers</b>		<b>Remplissage extérieur</b>	
Béton	6.6	Maçonnerie	5.9
Métal	5.9	Béton préfabriqué	6.0
Bois	4.9	Bardages	4.5
		Autres	4.0
<b>Autres éléments intérieurs</b>		<b>Eléments extérieurs</b>	
Plafonds	4.5	Balcon	5.5
Cloisons	5.2	Garde corps	5.1
Eléments vitrés	4.00	Auvent	4.9
		Acrotère – Corniches	4.9
		Cheminées	5.2
		Autres	4.4
<b>VICTIMES</b>			7.8
<b>INFLUENCE DES CONSTRUCTIONS ADJACENTES</b>			
- La construction menace une autre construction.			8.0
- La construction est menacée par une autre construction.			7.4
- La construction peut être un soutien pour une autre construction.			6.5
- La construction peut être soutenue par une autre construction.			6.5

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

COMMENTAIRE SUR LA NATURE ET LA CAUSE DES DOMMAGES			
Sens transversal		Sens longitudinal	
Symétrie en plan	6.3	Symétrie en plan	7.4
Régularité en élévation	6.3	Régularité en élévation	6.3
Redondance des files	6.1	Redondance des files	6.1
EVALUATION FINALE			
Mesures Prises			1
Niveau des dommages			1
Couleur Utilisée			1

### Remarque :

Néanmoins nous laissons la liberté aux l'utilisateurs de SEPS de choisir entre les poids établis grâce au questionnaire ou d'introduire leurs propres poids.

Notre système va effectuer dans un premier temps un calcul de similarité locale c'est-à-dire, comparer chaque attribut  $i$  du cas cible avec l'attribut  $i$  de chaque cas de la mémoire de cas. Puis dans un deuxième temps il mesurera la ressemblance globale grâce à la fonction mathématique (celle de  $k$  plus proche voisin) que nous avons cité précédemment.

En analysant la fiche technique d'évaluation nous avons constaté quelle contient plusieurs types d'attributs qu'ils est important de différencier, car ceci influe sur le calcul de similitude entre les cas. Il existe quatre types d'attributs dans la fiche d'évaluation :

-Des attributs de type **Disjonctives et Catégoriques non ordonnés** tel que : Glissement, basculement, affaissement, usage de la construction...

Nous rappelons que pour ce type d'attribut le calcul de similarité s'effectue en utilisant l'équation mathématique suivante :

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

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

-Des attributs de types **Catégoriques ordonnés** tel que : symétrie en plan, régularité en élévation, redondance des files ; dont la similarité est calculée grâce à l'équation mathématique suivante :

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

Où N est le nombre de valeur que peut prendre l'attribut i.

- Des attributs de type **Numérique** : ce type d'attributs est dominant dans la fiche d'évaluation, on peut citer : âge approximatif, nombre de niveaux, plafond, cloisons.

$$\text{Sim} (a_i, b_i) = 1 - [ | a_i - b_i | / \text{range} ]$$

Nous rappelons que a et b sont les attributs qui caractérisent deux cas A et B, et range est la valeur absolue de la différence de la cardinalité minimale entre a et b et la cardinalité maximale entre a et b.

La mesure de similarité permet donc d'évaluer à quel point, le cas à étudier est proche des cas de la base. Dans notre cas, au lieu de ne conserver dans la base que le cas jugé le plus similaire, nous avons jugé utile de conserver et de présenter à l'utilisateur tous les cas selon leurs mesures de similarité. Ce choix est une décision des utilisateurs. En fait, ils estiment qu'il est très rare de trouver deux constructions qui ont exactement les mêmes caractéristiques et qui ont subi les mêmes dommages, qu'il est donc quasi impossible que la mesure de similarité calculée pour deux constructions soit égale à 1.

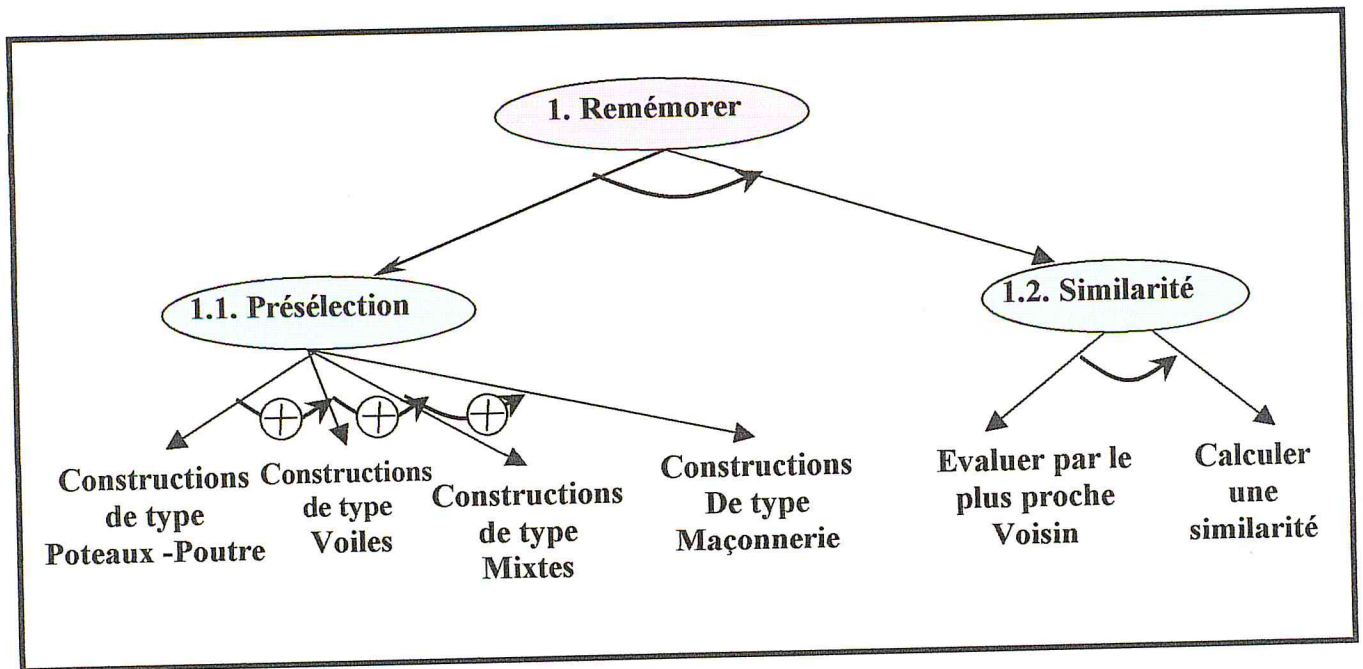


Figure 2.2 : la décomposition de la tâche « Remémorer » dans le cadre de SEPS

D'une manière générale, la remémoration est réalisée en deux phases :

Dans un premier temps, les cas sont filtrés selon le type de structure, puis dans un 2<sup>ème</sup> temps : on fait une évaluation (calcul de similarité par plus proche voisin)

### 3.2.2. La phase de choix de la solution :

Les différents cas seront donc classés selon leur indice de similarité, de plus, chaque cas sera affiché à l'utilisateur avec une rubrique qui indiquera la valeur de cette mesure de similarité. L'expert aura ainsi toutes les données pour une prise de décision efficace.

- Soit le cas étudié coïncide avec un cas de la base, dans ce cas les solutions à adopter (les mesures d'urgence et de confortement) sont appliquées intégralement.
- Soit, le cas n'existe pas dans la base, l'expert peut ainsi s'inspirer des solutions des cas qui se rapprochent du cas étudié et ceci en copiant la solution du cas le plus similaire. Dans notre système le choix de la solution ne se fait pas automatiquement mais par l'expert du domaine (expert en parasismique).

## Chapitre2 : Le RBC pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions

---

Nous laissons aux utilisateurs de SEPS d'introduire leurs propres solutions lorsque les mesures proposées par le système sont devenues obsolètes (par exemple une technique de réparation dépassée ou non efficace)

### 3.2.3. La Phase de mémorisation du cas

Cette phase est peut être la phase la plus sensible du cycle de raisonnement à base de cas. En fait, la cohérence de la base de cas ne peut être maintenue que si cette phase est menée correctement. Les experts en parasismique, qui sont les seuls concernés par la mémorisation des cas, doivent donc avoir conscience de la délicatesse des opérations de mise à jour de la base.

Un nouveau cas sera ajouté à la base que si après calcul de similarité entre ce cas et ceux de la base, le système détermine qu'il n'existe pas de cas identique à celui-ci.

## 4. Conclusion

Lors de ce chapitre nous avons mis en exergue la problématique soulevée par l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions. Nous avons montré pourquoi il était nécessaire de développer une approche systématique utilisant le raisonnement basé sur les cas afin de capitaliser le savoir-faire des experts en génie civil et en parasismique.

Nous avons pu démontrer clairement que la mesure de similitude est une étape cruciale dans le RBC, et que la méthode du plus proche voisin s'avère la mieux adéquate pour la sélection du meilleur cas

Le chapitre suivant sera réservé à la présentation des étapes les plus importantes dans la conception et la réalisation de notre système d'évaluation post sismique en utilisant le langage de modélisation UML.

## Chapitre3

### La démarche de développement de SEPS

#### Sommaire

---

<b>1. Introduction.....</b>	<b>60</b>
<b>2. La démarche de développement.....</b>	<b>61</b>
<b>3. L'analyse.....</b>	<b>62</b>
3.1. Spécification des besoins.....	62
3.1.1. Les cas d'utilisation.....	63
3.1.2. Diagramme de séquences.....	71
3.1.3. Diagramme de collaboration.....	81
3.1.4. Diagramme de classe.....	81
<b>4. Conception.....</b>	<b>83</b>
4.1. L'architecture du système « SEPS » .....	83
4.2. Diagramme d'activité.....	85
4.3. Diagramme de classe.....	87
<b>5. Implémentation.....</b>	<b>92</b>
<b>6. Test .....</b>	<b>108</b>
<b>7. Conclusion.....</b>	<b>114</b>

---

### 1. Introduction

On est bien d'accord qu'aujourd'hui, pour construire un système informatique, il est difficile de s'attaquer directement à l'implantation, mais au contraire, il faut d'abord modéliser ce système.

La modélisation consiste à écrire un problème (les besoins à propos d'un système informatique à construire), puis à décrire la solution de ce problème (la conception du système à construire).

Pour présenter et modéliser toutes les facettes de notre système de raisonnement basé sur les cas SEPS, depuis la phase d'analyse jusqu'à l'implémentation, on a choisi le langage de modélisation UML<sup>1</sup> dans une approche orientée objet ; il s'articule autour de neuf<sup>2</sup> diagrammes différents, représentant le système selon deux modes : l'un concernant sa structure et l'autre concernant sa dynamique de fonctionnement.

Pour modéliser et concevoir notre système on a utilisé cinq des neuf diagrammes :

- **Les cas d'utilisation (Use case)**, pour définir les fonctions de notre système du point de vue des utilisateurs.
- **Le diagramme de classes**, pour représenter l'aspect statique du système
- **Diagramme d'activité**, pour montrer le déroulement du cas d'utilisation principal.
- **Les diagrammes de collaboration et de séquence**, pour représenter les objets et leurs interactions.
  - Les diagrammes de séquences mettent l'accent sur le classement chronologique des interactions.
  - Les diagrammes de collaboration mettent l'accent sur l'organisation structurelle des objets qui interagissent.

Pour l'implémentation de notre système, on a utilisé le langage de programmation Builder C++.

---

<sup>1</sup>Unified Modeling Language

<sup>2</sup>Voir Annexe D

### 2. la démarche de développement

Pour développer un logiciel, il est nécessaire de passer par plusieurs étapes. Pour cela des méthodes de développement ont été définies. Ces méthodes permettent de mieux organiser, d'avoir une meilleure compréhension, de réduire la complexité des applications, et permettent une plus grande facilité dans l'interprétation des concepts logiciels. Pour la modélisation de notre travail, nous utilisons la notation UML, cette notation est d'une grande richesse, elle permet de concevoir toutes les phases de développement [18].

Notre choix pour la notation UML est justifié par plusieurs avantages qu'offre cette dernière par rapport à d'autres méthodes objet, et par rapport à nos besoins. Nous les décrivons dans ce qui suit :

- La diversité des diagrammes qu'offre UML (au nombre de neuf) permet de présenter plusieurs perspectives en vue de l'architecture du système à développer.
- La simplicité et la capacité d'expression visuelle qu'offre UML, permettent de faciliter la communication autour des besoins entre les différents acteurs du système. Les concepts manipulés en UML correspondent à des réalités concrètes pour l'utilisateur.
- L'aspect formel de sa notation, limite les ambiguïtés et les incompréhensions.

Ainsi la notation UML est un langage de modélisation et non pas une méthode objet [12], c'est à dire qu' UML ne décrit pas une démarche de développement de logiciel.

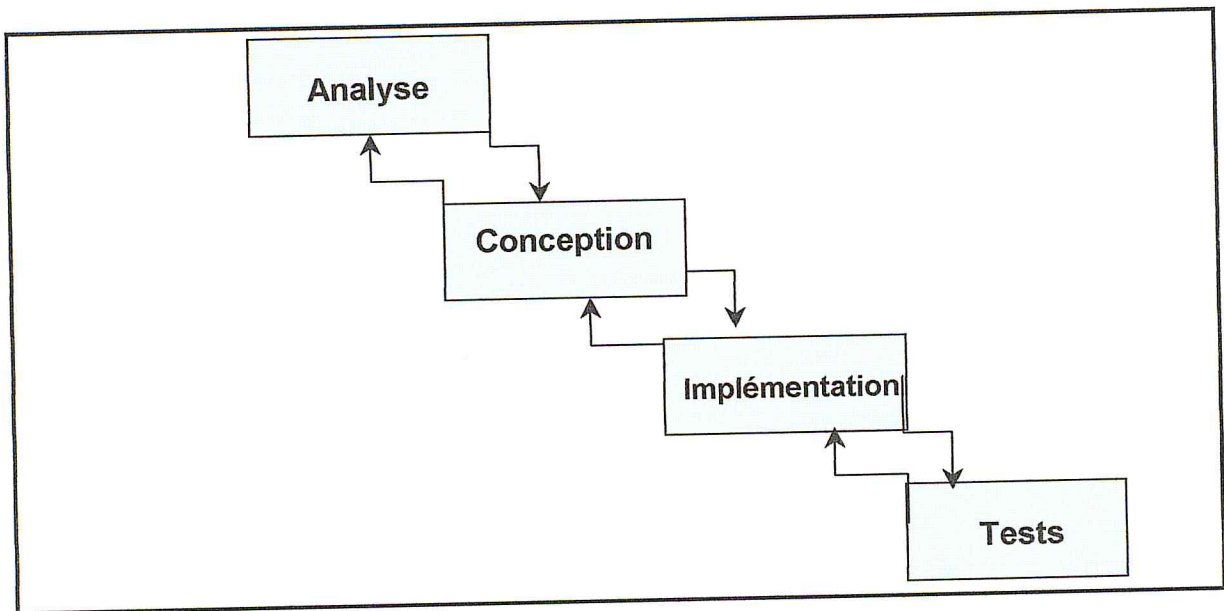
La démarche de développement que nous utilisons est le modèle en « cascade ». Ce modèle a été décrit par Royce en 1970 [12], il a été largement employé depuis, pour la description générale des activités liées aux logiciels.

Le modèle en cascade<sup>3</sup> permet de couvrir le cycle de vie d'un logiciel depuis l'analyse jusqu'au test et maintenance (voir Figure 3.1).

---

<sup>3</sup>Voir Annexe E





**Figure 3.1 : le cycle de vie en cascade**

### 3. Analyse

La phase d'analyse a pour but de modéliser le système du monde réel afin qu'il soit compréhensible. L'analyse commence par la détermination des besoins de l'utilisateur, et se poursuit par la modélisation du domaine d'application, c'est-à-dire par l'identification des objets et des classes qui appartiennent fondamentalement à l'environnement de l'application, et par la représentation des interactions entre ces objets [14].

#### 3.1. Spécification des besoins

La spécification des besoins est une étape essentielle au début du processus de développement, elle consiste généralement à déterminer précisément les besoins des utilisateurs du système afin d'éviter de développer un logiciel non adéquat [17].

Cette étape ne se préoccupe pas de solutions mais de questions ; elle identifie le quoi faire et l'environnement du système, sans décrire le comment qui est le propre de la conception [14]

## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

---

Le résultat de cette étape est la description générale des fonctionnalités du système, par la réponse à des questions du type :

- « quelles sont les fonctions du système ? »
- « quels sont les utilisateurs du système ? »
- « qu'attendent-ils du système ? »

Cette étape étudie le comportement du système (cas d'utilisation), le contexte du système c'est-à-dire les acteurs et scénarios.

### 3.1.1. Les cas d'utilisation

La spécification des besoins détermine le « quoi faire », c'est-à-dire les besoins de l'utilisateur. Les cas d'utilisation décrivent, sous la forme d'actions et de réactions, le comportement d'un système du point de vue d'un utilisateur, ils permettent de définir les limites d'un système et les relations entre le système et l'environnement.

Un cas d'utilisation est une manière spécifique d'utiliser un système. C'est l'image d'une fonctionnalité du système, déclenchée en réponse à la stimulation d'un acteur externe [13], l'ensemble des fonctionnalités d'un système est déterminé en examinant les besoins fonctionnels de chaque acteur.

L'expérience montre que la technique des cas d'utilisation (use cases) se prête bien à la détermination des besoins d'utilisateurs [14].

L'étude des cas d'utilisation commence par la détermination des acteurs (utilisateurs) du système.

### a) Détermination des acteurs

La spécification des besoins débute par la détermination des acteurs (catégories d'utilisateurs) du notre système.

Un acteur représente un rôle joué par une personne, un groupe de personnes ou par une chose qui interagit avec le système [14]. Par définition, les acteurs sont à l'extérieur du système.

Dans notre système de raisonnement basé sur les cas SEPS les acteurs se répartissent dans les catégories suivantes :

- L'utilisateur final : Cette catégorie comprend toute personne ayant un minimum de connaissances et de savoir faire dans le domaine du parasismique (il peut être un étudiant en formation, un enseignant ou toute personne intéressée par le parasismique et qui n'est pas obligatoirement du domaine). Ce type d'acteurs est autorisé à faire une évaluation des dommages post-sismiques (en recherchant un cas similaire au cas à traiter), pour cela il doit pouvoir décrire le cas à traiter en remplissant les différents champs de la fiche d'évaluation. Il peut également consulter la base de cas.
- L'expert : C'est un ingénieur en parasismique au CTC. Il a comme possibilité d'enrichir et de maintenir la base de cas de SEPS. Ce type d'acteur peut : Ajouter, modifier et consulter un cas dans la base de cas, il peut également rechercher un cas similaire au cas à traiter (faire une évaluation). Aussi, il a la possibilité de supprimer **son** cas lorsque certaines mesures deviennent obsolètes (par exemple une technique de réparation dépassée ou non efficace).

Voici leur présentation graphique :



**Figure 3.2 : Représentation des catégories d'utilisateurs.**

## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

---

### b) Description textuel des cas d'utilisation

Les acteurs interagissent avec le système. L'étude des cas d'utilisation a pour objectif de déterminer ce que chaque acteur attend du système. La détermination des besoins est basée sur la représentation de l'interaction entre l'acteur et le système.

L'utilisation de notre système de raisonnement basé sur les cas, est exprimée par les cas d'utilisation suivants :

- Evaluation d'une construction endommagée : C'est-à-dire le remplissage des différents champs du cas à traiter puis la recherche d'un cas similaire à ce dernier dans la base des cas.
- Consultation de la base de cas : La consultation consiste en la visualisation des différents cas enregistrés dans la base de cas, elle peut se faire par n'importe quel utilisateur du système.
- Mise à jour des cas : C'est-à-dire l'enregistrement, la modification et la suppression des cas dans la base :
  - ◆ Seuls les experts en parasismique sont autorisés à modifier, à ajouter ou à supprimer les cas. La saisie d'un nouveau cas ne peut se faire donc que par les experts, et ceci après vérification de la non existence d'un cas identique dans la base, et après authentification de l'utilisateur.
- L'authentification.
- Mise à jour de la base des poids : Chaque utilisateur peut modifier les poids de la table des poids dans le but d'effectuer une évaluation d'une construction.
- Mise à jour de la table des experts : Seul l'administrateur<sup>4</sup> peut effectuer la mise à jour, en ajoutant ou en supprimant un enregistrement de la table (Code et le Nom inspecteur).

---

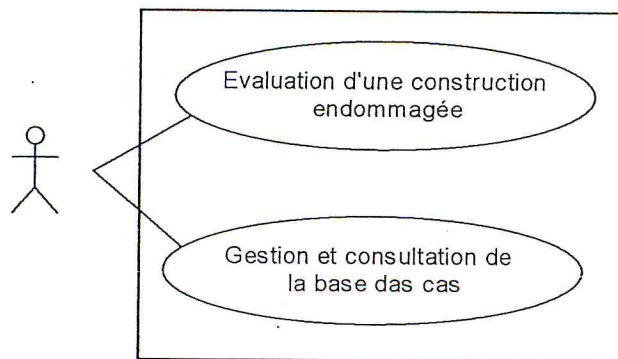
<sup>4</sup>Pour la cohérence de la table des experts

### c) Diagramme de cas d'utilisation

Chaque utilisation possible du système se traduit par une ellipse étiquetée avec le nom du cas d'utilisation, à laquelle est connecté le ou les acteurs concernés par cette interaction avec le système. Il est possible de raffiner les cas d'utilisation :

Une action complexe peut être réalisée par une combinaison d'actions plus simples (c'est-à-dire les cas d'utilisation complexe « inclut » les cas plus simple). Pour notre système les actions « consultation de la base de cas » et « évaluation de la construction » sont des actions simples. L'action « mise à jour de la base de cas » est une action complexe qui se décompose en trois actions : Ajout, suppression et modification des cas dans la base.

Dans le cas de notre étude, le diagramme des cas d'utilisations s'organise en deux modules : Evaluation d'une construction endommagée, gestion et consultation de la base de cas.



**Figure 3.3 : Diagramme général des cas d'utilisation de notre système**

Dans le paragraphe suivant, nous expliquerons chaque cas d'utilisation en donnant les diagrammes des sous cas d'utilisation qui lui correspondent, afin de pouvoir comprendre le diagramme général (récapitulatif de tous les diagrammes particuliers).

A. Gestion et consultation de la base des cas

A.1. Cas d'utilisation « consultation de la base des cas » :

La consultation de la base de cas peut se faire par n'importe quel type d'utilisateurs. Lors de la consultation, l'utilisateur a la possibilité de consulter toute la base ou bien activer une partie de la base<sup>5</sup> selon le type de structure.

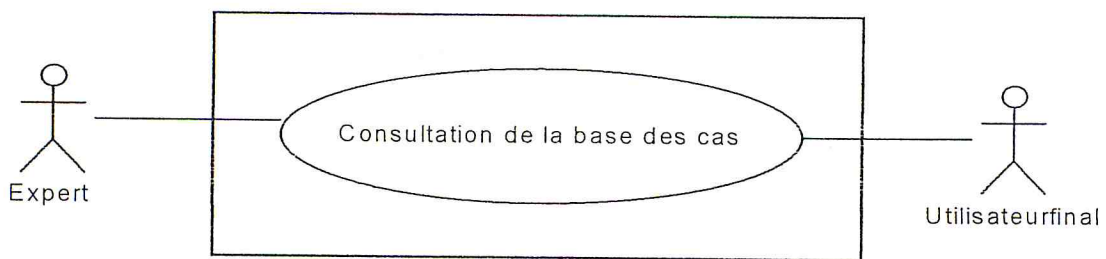


Figure 3.4 : Diagramme de cas d'utilisation « consultation de la base des cas »

A.2. cas d'utilisation « mise à jour des cas » :

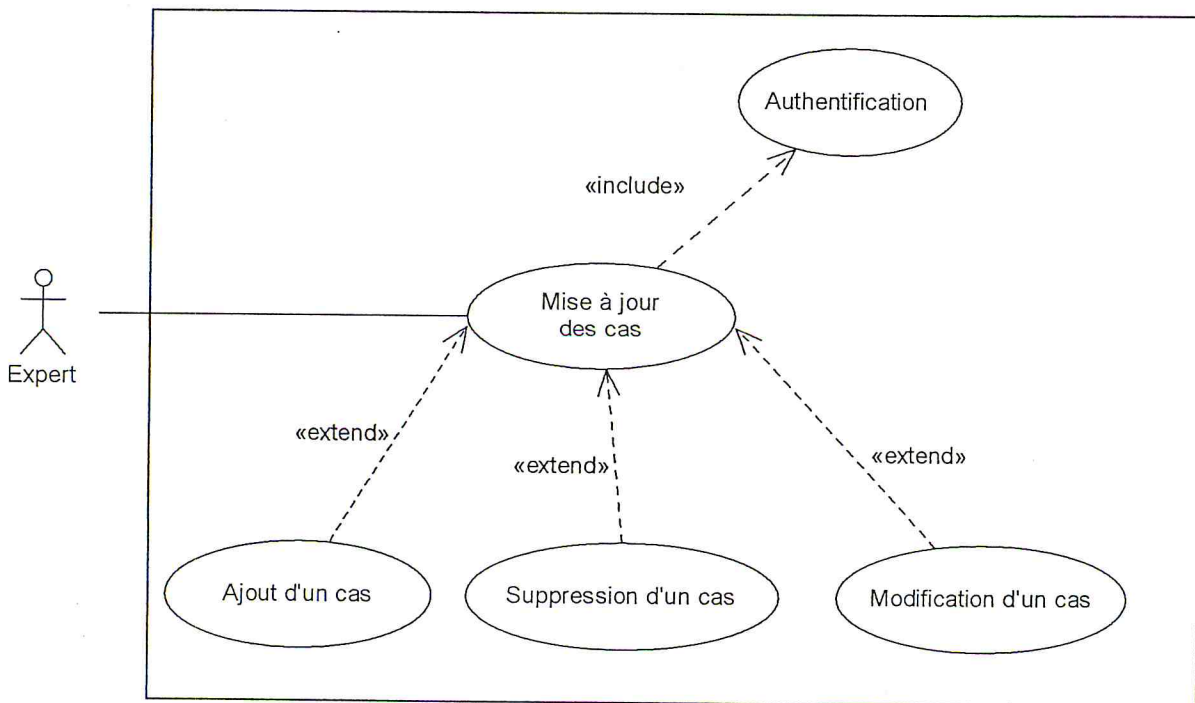


Figure 3.5 : Diagramme de cas d'utilisation « mise à jour des cas »

<sup>5</sup>ce que l'on a appelé la présélection

▪ Cas d'utilisation « modification d'un cas »

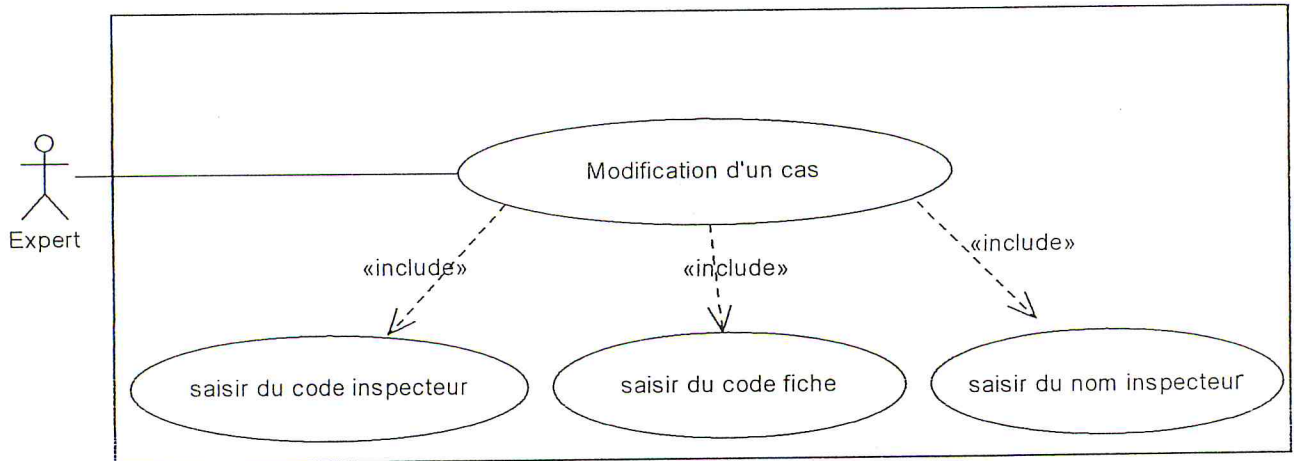


Figure 3.6 : Diagramme de cas d'utilisation « modification d'un cas »

**Remarque :** Le diagramme de cas d'utilisation de suppression d'un cas de la base est identique au diagramme précédent.

▪ Cas d'utilisation «ajout d'un cas »

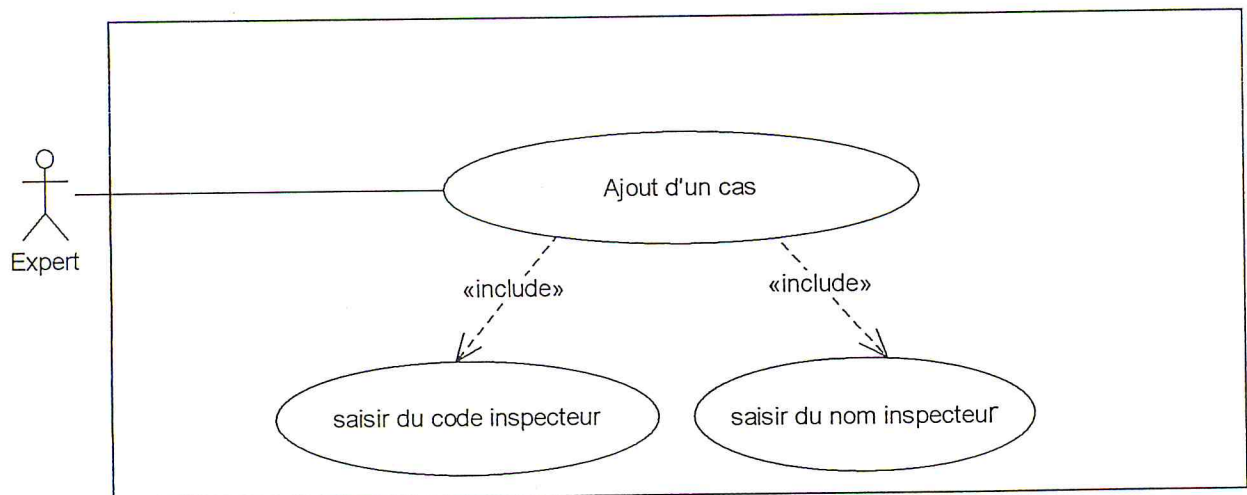
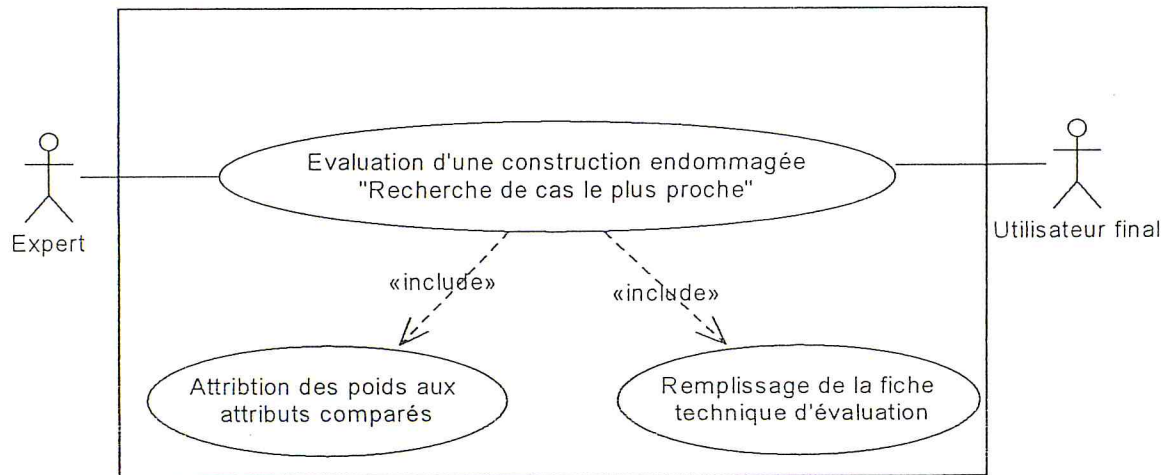


Figure 3.7 : Diagramme de cas d'utilisation «Ajout d'un cas »

**B. Cas d'utilisation « Evaluation d'une construction endommagée » :**



**Figure 3.8 : Diagramme de cas d'utilisation « Evaluation d'une construction endommagée »**

**C. Diagramme des cas d'utilisation**

Les différentes fonctionnalités offertes par notre système forment ainsi un ensemble de *cas d'utilisation* (“*Use Case*”) exprimés dans les sections précédentes, afin de les formaliser, UML propose au travers des diagrammes des cas d'utilisation de répertorier et de structurer les fonctionnalités que le futur système offrira à ses utilisateurs.

La figure suivante illustre ce diagramme



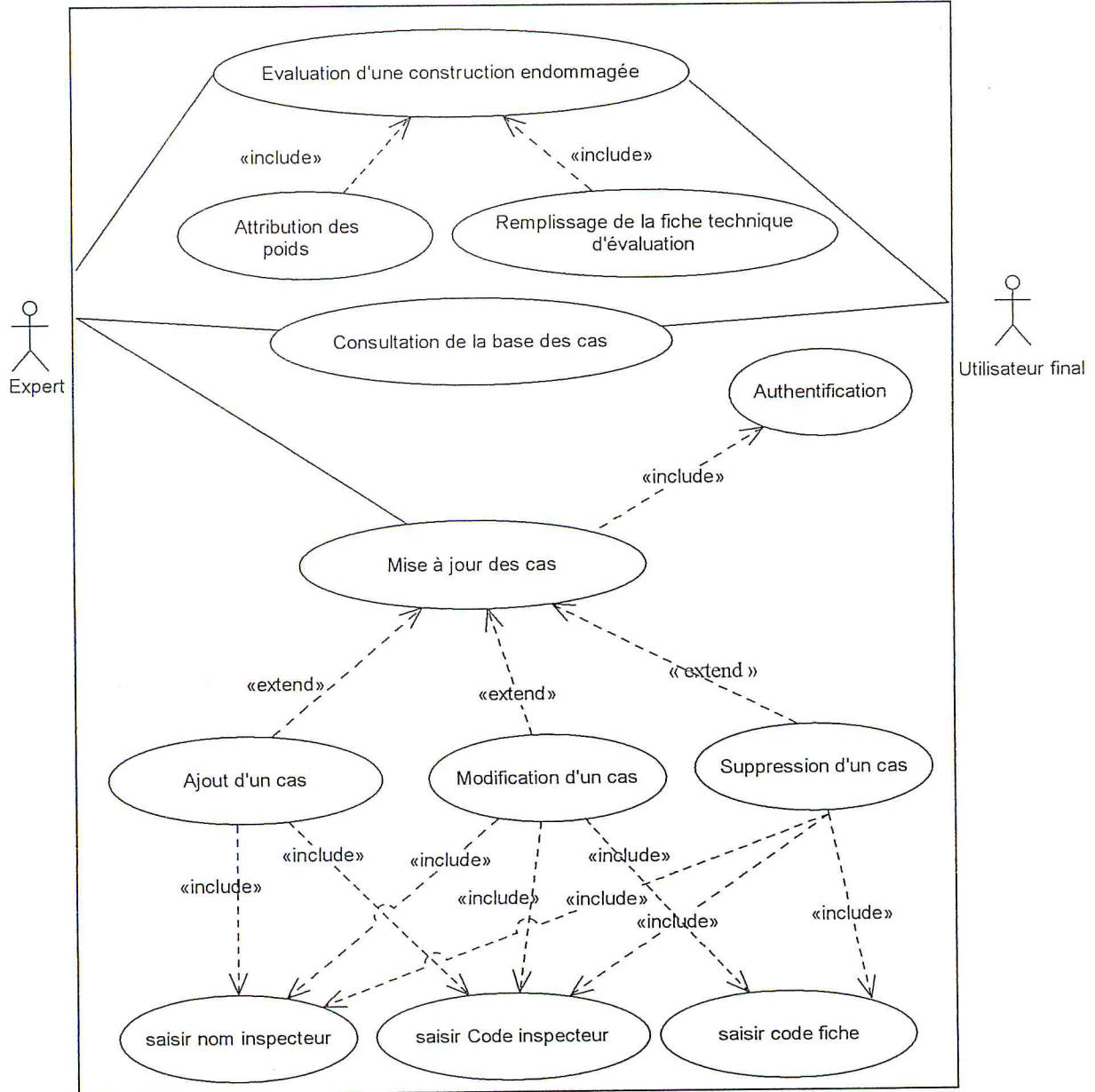


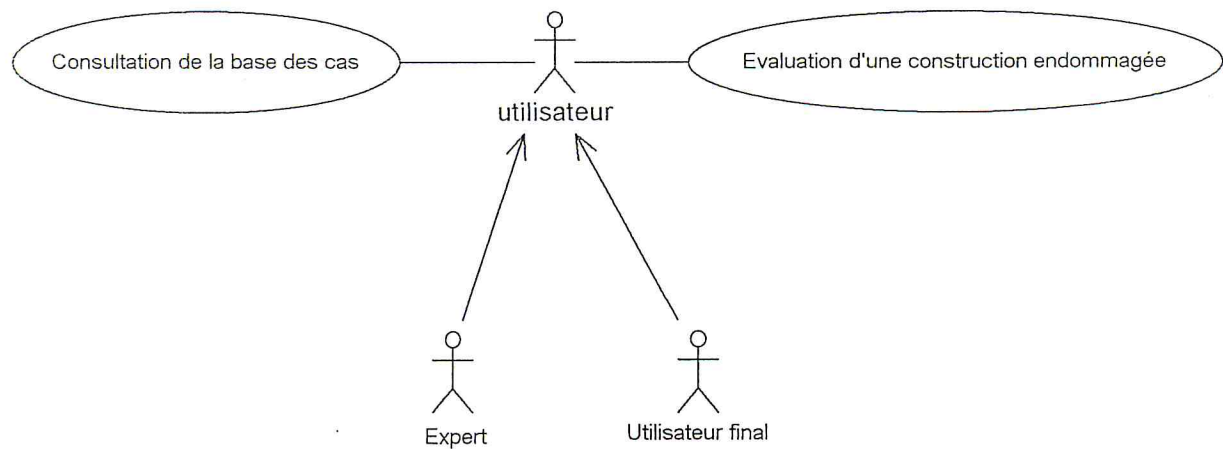
Figure 3.9 : Diagramme général des cas d'utilisation de notre système

## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

---

Comme les cas d'utilisation, **Consultation de la base des cas** et **Evaluation d'une construction endommagée** concernent tous les acteurs, un acteur **Utilisateur** a été défini ; les autres acteurs en héritent.

Un acteur générique nommé **Utilisateur**, associé au cas d'utilisation **Consultation de la base des cas** et **Evaluation d'une construction endommagée**, est représenté par la figure suivante.



**Figure 3.10 : Représentation de l'acteur générique**

### 3.1.2. Diagrammes de séquence

Les cas d'utilisation d'UML ont certes l'avantage d'être graphiquement très simples et donc faciles à appréhender. Malheureusement, cette simplicité ne va pas sans une certaine pauvreté sémantique [14], cependant les diagrammes de séquence nous permettent de bien schématiser les scénarios des cas d'utilisation et montrent les interactions entre les objets selon un point de vue temporel.

Un diagramme de séquence sert à décrire le déroulement des événements d'un cas d'utilisation.

## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

---

Dans le diagramme de séquence, un objet est matérialisé par un rectangle et une barre verticale, appelée ligne de vie des objets [13].

Les objets communiquent, en échangeant des messages représentés au moyen de flèches horizontales, orientées de l'émetteur du message vers le destinataire.

### a) Evaluation d'une construction endommagée :

#### Scénario :

Le module Evaluation d'une construction endommagée (recherche de cas le plus similaire) constitue la partie la plus importante de notre système d'évaluation post-sismique SEPS.

- ◆ Quand l'utilisateur veut effectuer une évaluation post-sismique d'une construction endommagée, le système lui affiche un formulaire électronique (la fiche d'évaluation des dommages) et l'utilisateur donne une description des dommages observés au niveau de la structure en remplissant les différents champs de la fiche et en précisant le type de structure à évaluer (poteau - poutre, mixte, voile, maçonnerie).
- ◆ Une fois la fiche remplie, le système lui affiche la table des poids.
- ◆ L'utilisateur a la possibilité de faire une mise à jour de la table des poids<sup>6</sup>.
- ◆ L'utilisateur lancera la recherche des cas similaires au cas saisie (cas à traiter) dans la base de cas.

La recherche s'effectue sur le type de structure concerné, en parcourant la base de cas séquentiellement et en calculant l'indice de similitude.

- ◆ Enfin les différents cas de la base sont ordonnés selon leurs degrés de similitude avec le cas à traiter du plus proche au moins proche.

L'utilisateur selon ces résultats peut prendre une décision :

- soit le cas étudié coïncide avec un cas de la base, dans ce cas les solutions adaptées sont appliquées intégralement ;
- soit le cas identique au cas à traiter n'existe pas dans la base, l'utilisateur pourra s'inspirer des solutions des cas qui se rapprochent le plus de son cas.

---

<sup>6</sup>Cette mise à jour permet de modifier les coefficients de pondération des attributs.

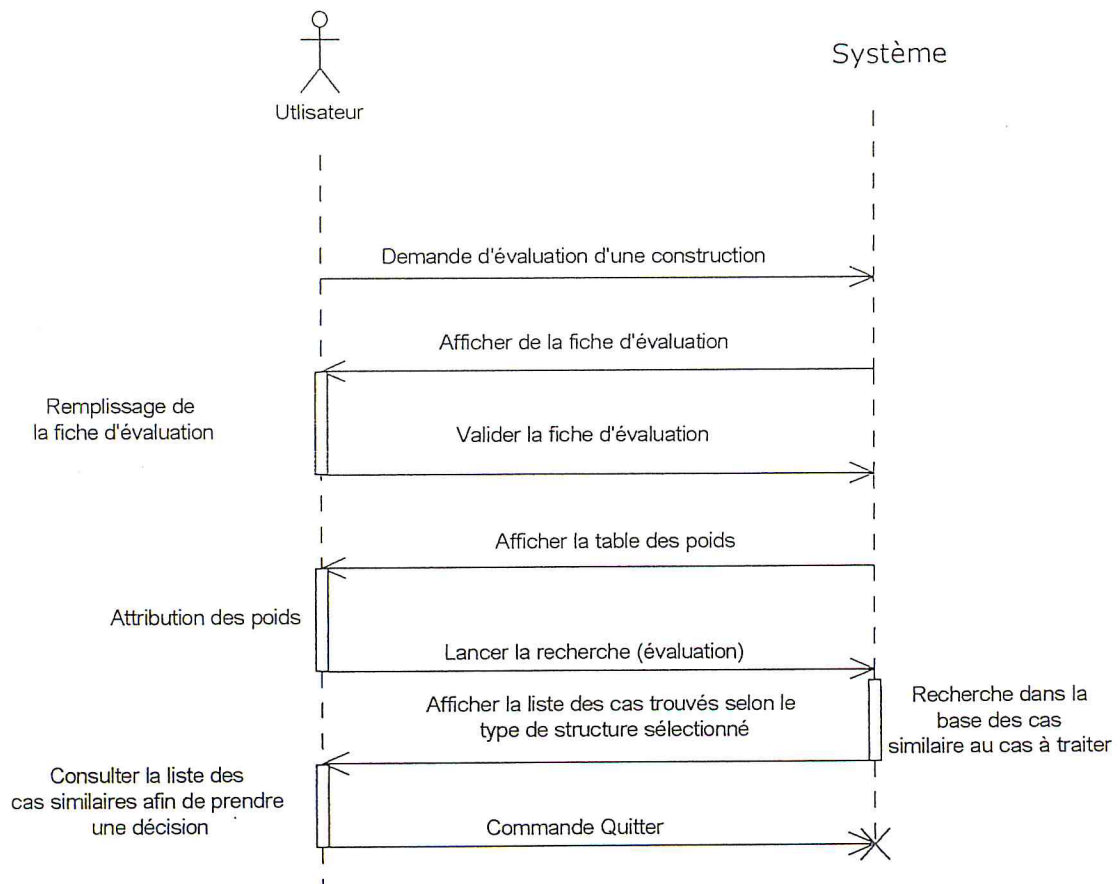


Figure 3.11 : Diagramme de séquence pour l'évaluation d'une construction

b) Consultation de la base de cas :

Scénario

La consultation de la base de cas peut se faire par n'importe quel type d'utilisateurs (expert en parasismique ou utilisateur final).

- ◆ L'utilisateur demande une consultation de la base des cas et choisit le type de structure qu'il veut consulter.
- ◆ Le système lui affiche la liste des cas trouvés.
- ◆ L'utilisateur consulte la liste des cas.
- ◆ L'utilisateur quitte l'application en appuyant sur la commande Quitter.

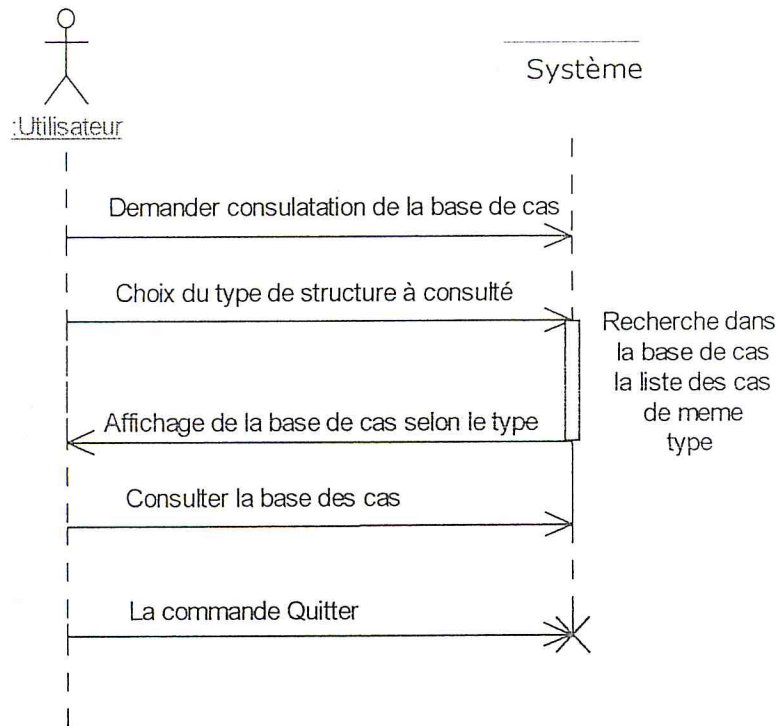


Figure 3.12 : Diagramme de séquence pour la consultation de la base des cas

**c) L'ajout d'un nouveau cas par l'expert :**

**Scénario**

- ◆ L'expert désirant rajouter un nouveau cas au niveau de la base, peut le faire en accédant à la page d'expert.
- ◆ A ce niveau, il clique sur le bouton « rajout de cas ». Le système lui demande de saisir son nom et son mot de passe (code inspecteur).
- ◆ Après contrôle du nom et du mot de passe, un formulaire de saisie de nouveau cas s'affiche « Fiche d'évaluation des dommages » Ce formulaire est composé de cinq feuillets.
  - Pour cela le premier feuillet correspond à l'identification de la construction.

- le deuxième feuillet concerne la description de la construction.
  - Le troisième feuillet est nécessaire pour la saisie des dommages.
  - Le quatrième permet de saisir le nombre de victimes, s'il existe, ainsi que l'influence des constructions adjacentes (dommages).
  - Le cinquième permet de saisir l'évaluation finale de la construction ainsi que les mesures immédiates à prendre.
- ◆ L'expert remplit la fiche.
  - ◆ L'expert demande l'enregistrement du cas.
  - ◆ Le système effectue un calcul automatique de similitude pour s'assurer qu'aucun cas identique n'existe déjà dans la base.
  - Si aucun cas n'existe, le système lui affiche un message de confirmation d'enregistrement.
    - L'expert accepte.
    - Le système enregistre le nouveau cas.
  - Sinon le système affiche un message informant qu'un cas identique existe déjà dans la base de cas et annule l'ajout.

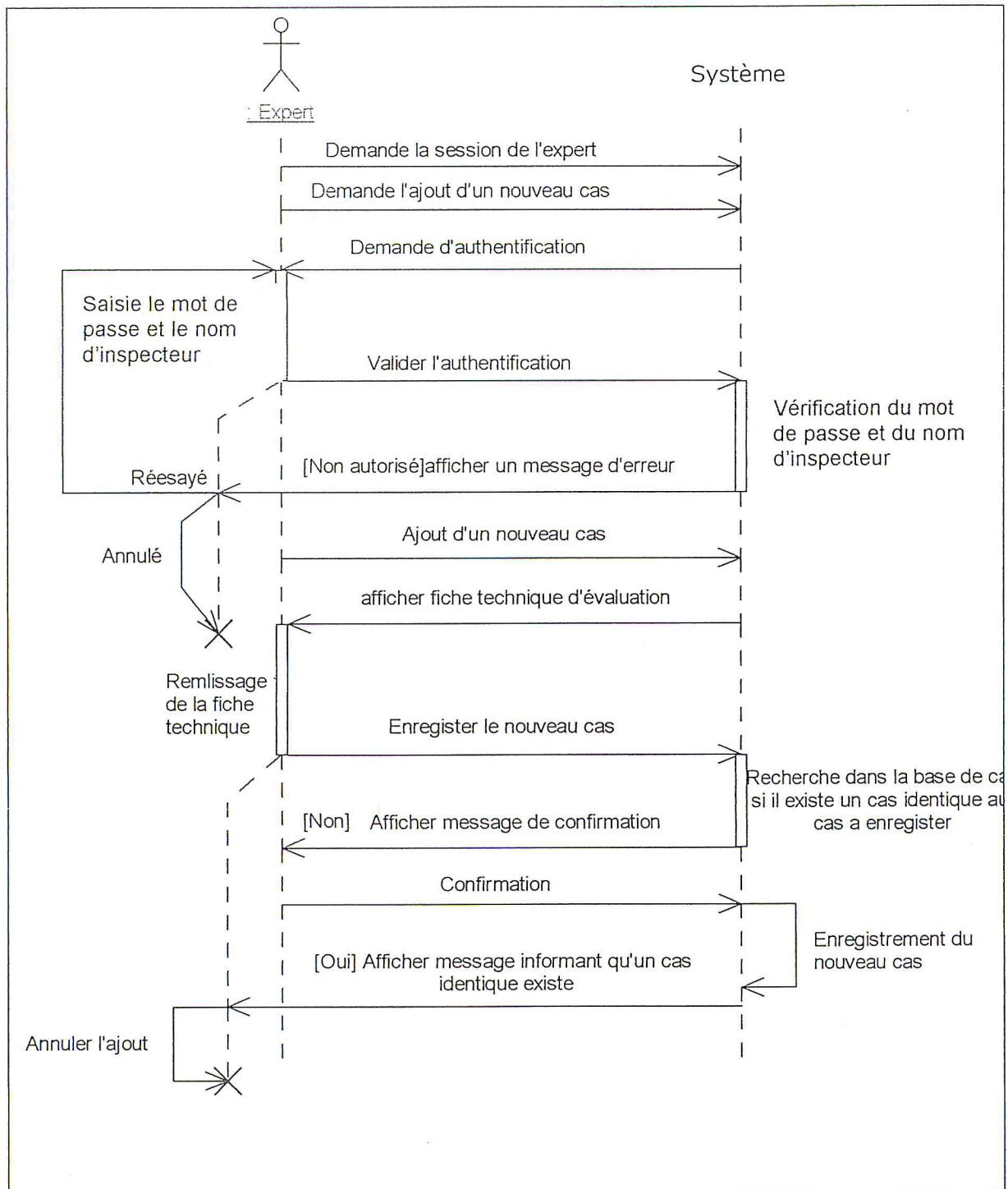


Figure 3.13 : Diagramme de séquence pour l'ajout d'un cas

### d) La modification d'un cas dans la base de cas par l'expert :

#### Scénario

- ◆ L'expert désirant modifier un cas de la base, peut le faire en accédant à la page d'expert.
- ◆ A ce niveau, il clique sur le bouton « modification d'un cas ». Le système lui demande de saisir son nom et son mot de passe (code inspecteur) ainsi que le code fiche du cas à modifier.
- ◆ Après contrôle du mot de passe et du code fiche, le système lui affiche :
  - Soit un message d'autorisation de modification du cas et supprime le cas existant de la base puis lui affiche la fiche d'évaluation. L'expert peut alors ajouter son cas en le modifiant.
  - Soit un message informant de la non existence du cas.



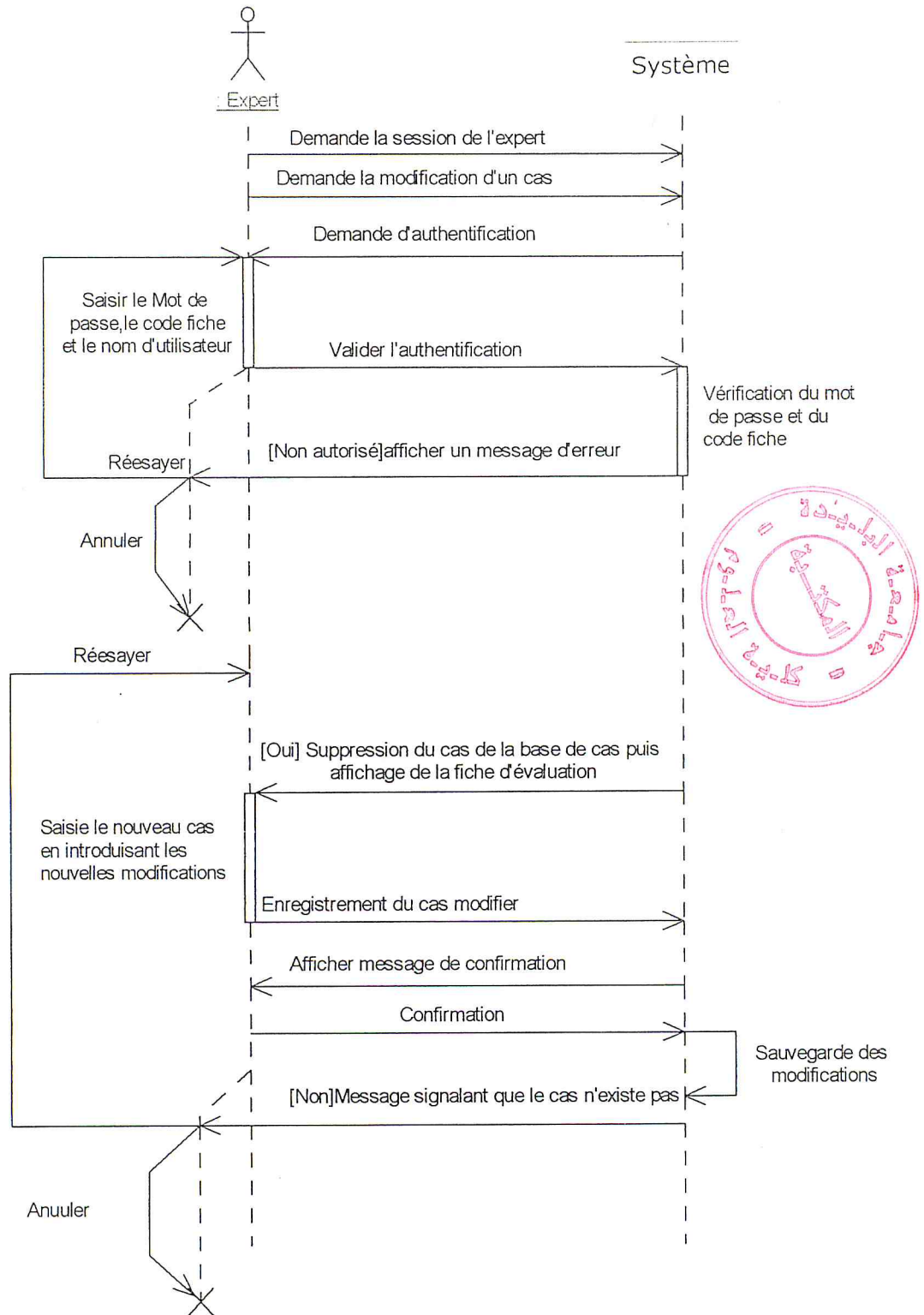


Figure 3.14 : Diagramme de séquence pour la modification d'un cas

#### e) La suppression d'un cas dans la base de cas par l'expert :

L'expert a la possibilité de supprimer **son**<sup>7</sup> cas lorsque certaines mesures deviennent obsolètes (par exemple une technique de réparation dépassée ou non efficace).

#### Scénario :

- ◆ L'expert désirant supprimer un cas de la base, peut le faire en accédant à la session d'expert.
- ◆ A ce niveau, il clique sur le bouton « suppression d'un cas ». Le système lui demande de saisir son nom et son mot de passe (code inspecteur) ainsi que le code fiche du cas à supprimer (son cas).
- ◆ Après contrôle du mot de passe et du code fiche, le système lui affiche :
  - Soit un message d'autorisation de la suppression
  - Soit un message de refus.

---

<sup>7</sup>Il serait alors incorrect qu'un expert puisse modifier ou supprimer le travail de son collègue.

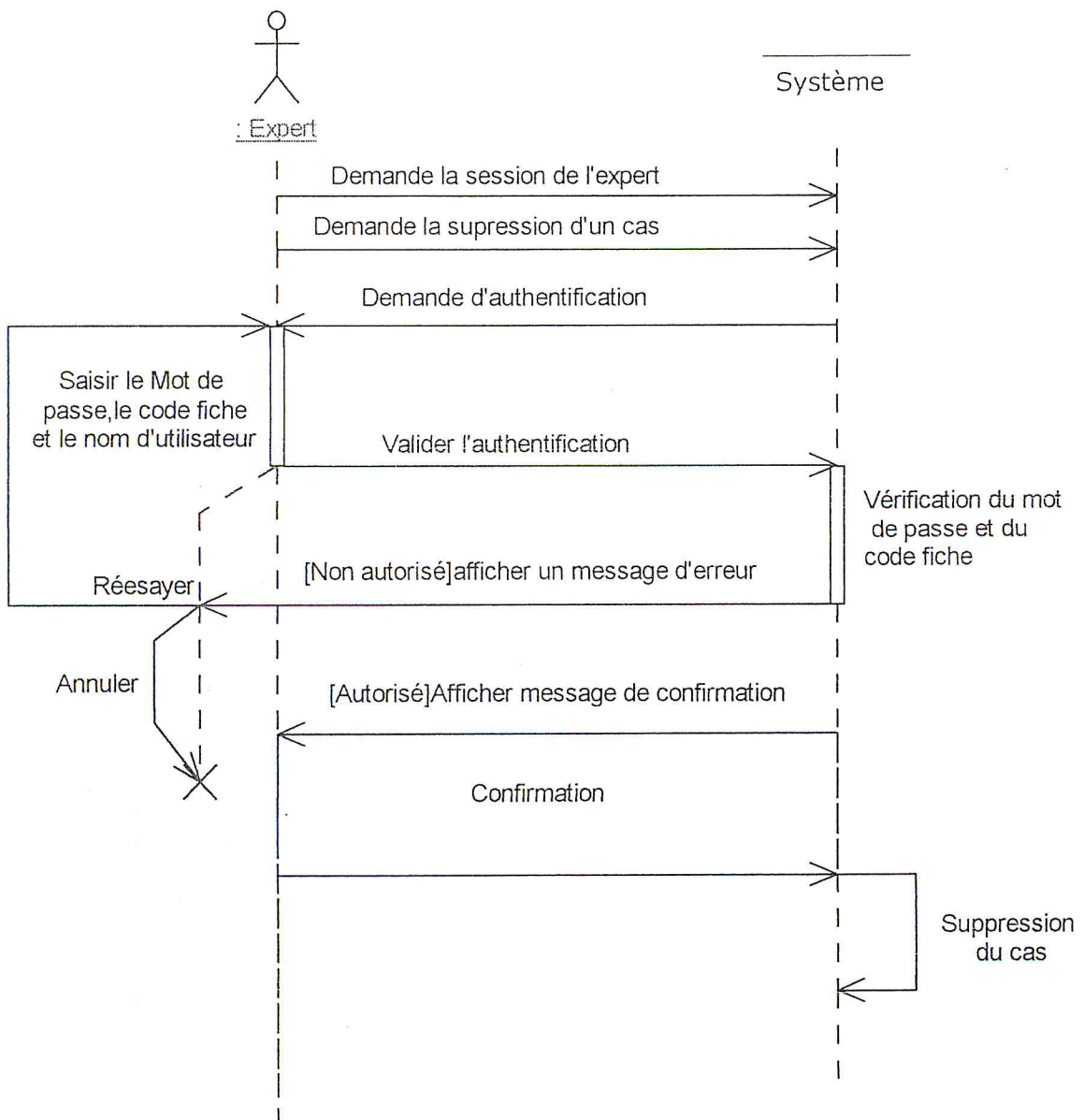
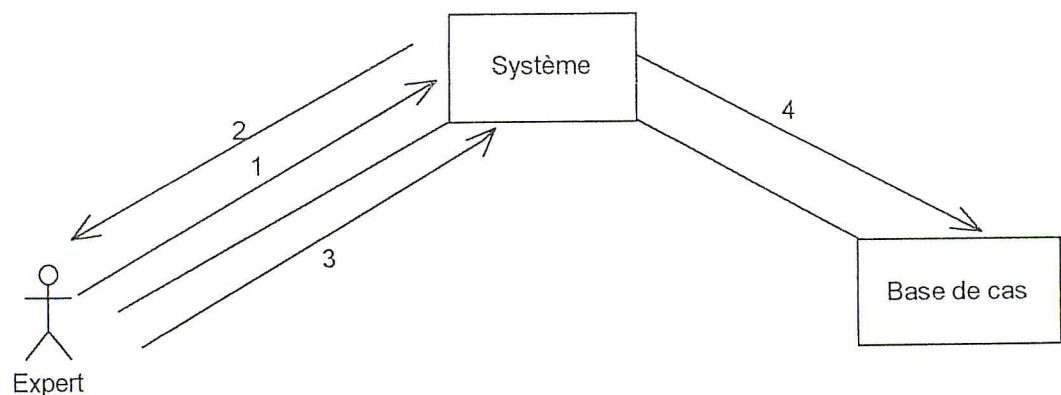


Figure 3.15 : Diagramme de séquence pour la suppression d'un cas

### 3.1.3. Diagramme de collaboration

Les fonctionnalités décrites par les cas d'utilisation sont réalisées par des collaborations d'objets du domaine [14], d'où il est envisageable, d'employer des diagrammes de collaboration, bien que ces derniers ne soient qu'une variante des diagrammes de séquence, et exprime de ce fait la même sémantique.

Nous avons choisi comme exemple : l'ajout d'un nouveau cas dans la base de cas par l'expert.



**Figure3.16 : Diagramme de collaboration de l'ajout d'un cas**

- 1- demande d'ajout d'un nouveau cas (stockage)
- 2- demande d'authentification
- 3- authentification et ajout d'un nouveau cas
- 4- stockage du nouveau cas

### 3.1.4. Diagramme de classe de l'analyse

### Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

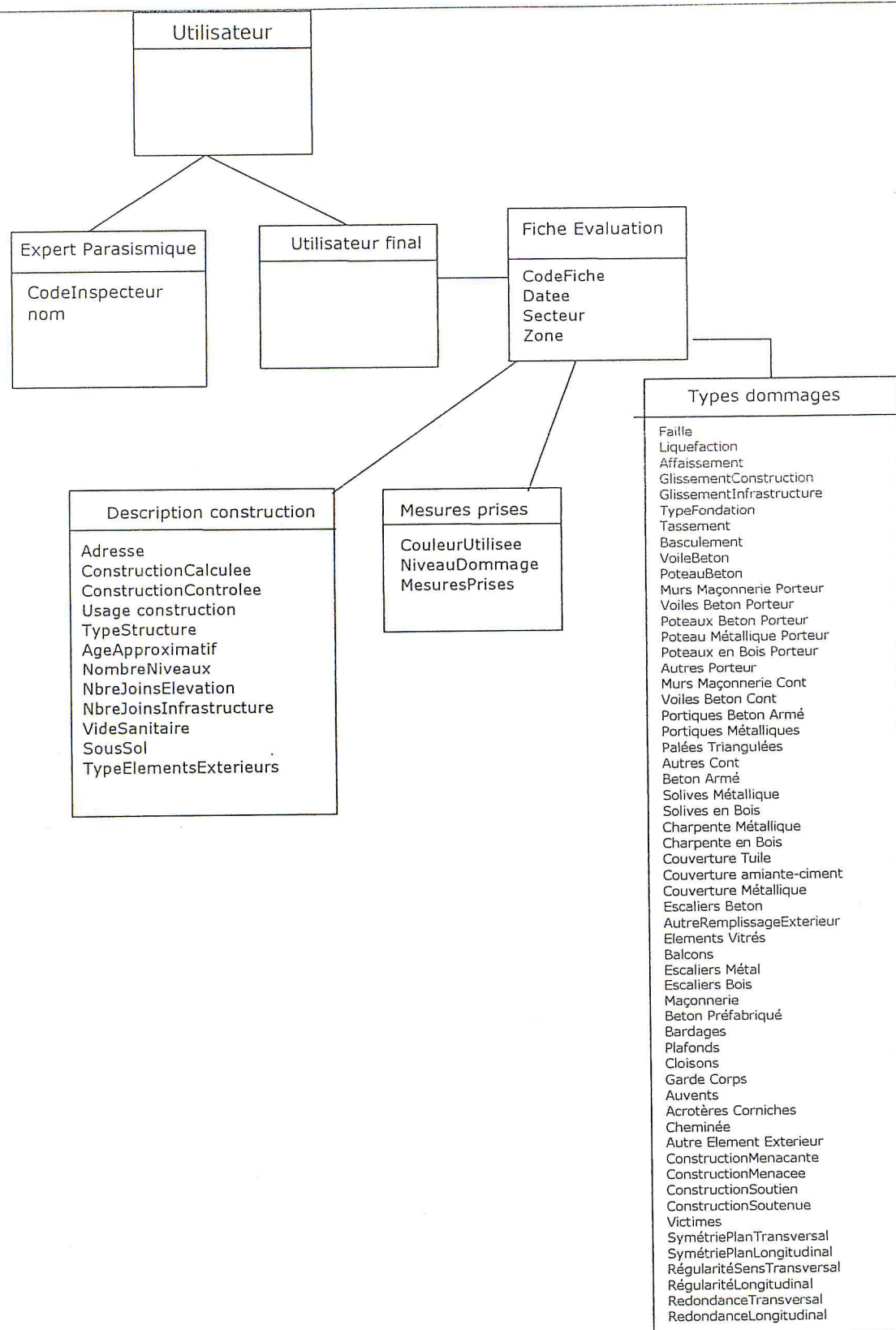


Figure 3.17 : Diagramme de classe de l'analyse

### 4. Conception

C'est la phase la plus importante du processus de développement d'un logiciel. Elle s'intéresse d'abord au « comment », à savoir la solution du problème énoncé.

La conception a pour but de décomposer le logiciel en modules, de préciser les interfaces et les fonctions de chaque module. A l'issue de cette étape, on obtient une description de l'architecture du logiciel et un ensemble de spécifications de ses divers composants [6].

Nous commençons par présenter une vue d'ensemble sur l'architecture du système (Figure 3.18), ensuite nous allons œuvrer à décomposer et détailler chaque composant à part.

#### 4.1. L'architecture du système :

En se basant sur les diagrammes décrits auparavant (Figure 3.18), nous proposons l'architecture suivante pour notre système :

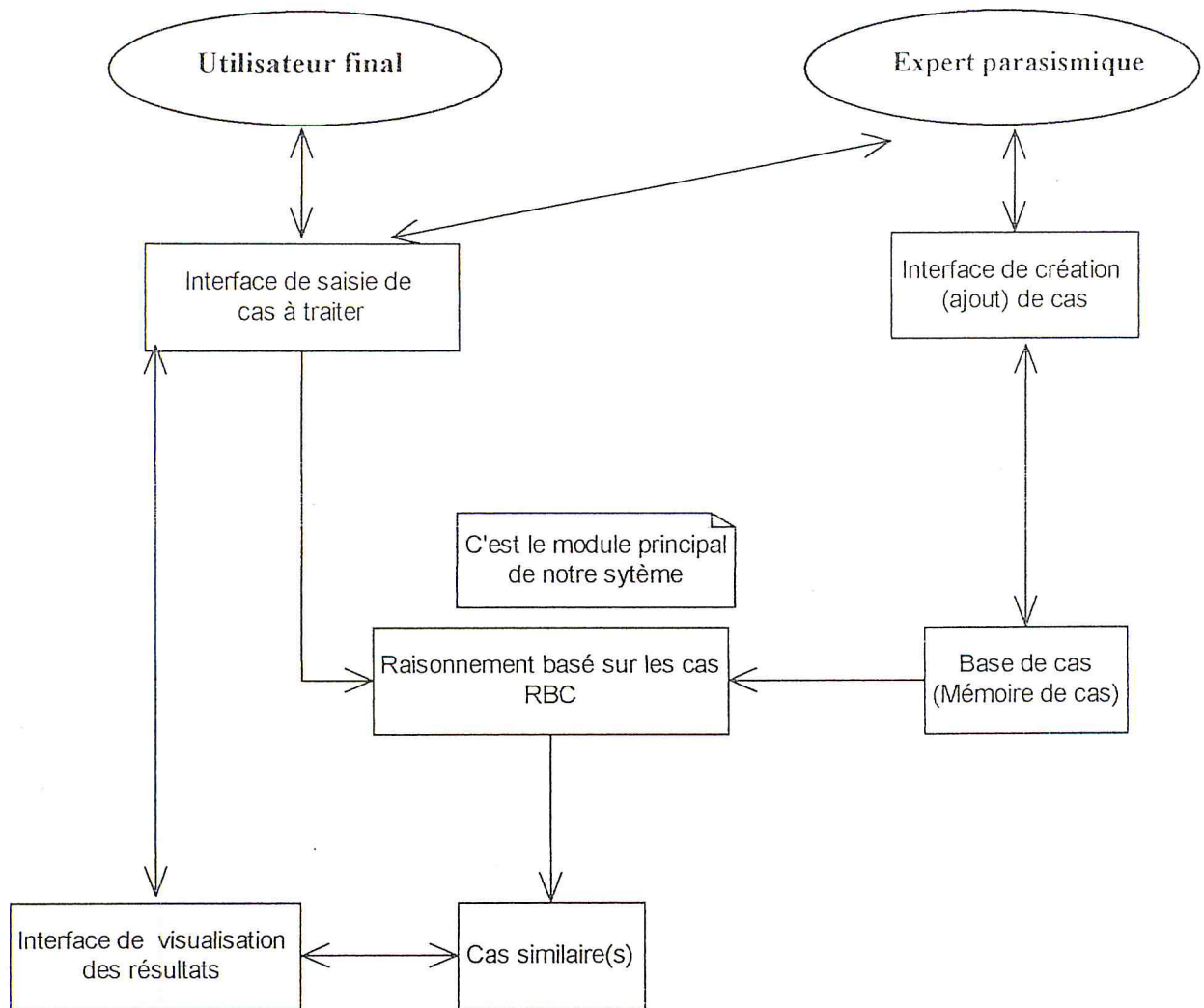


Figure3.18 : Architecture générale du système

Dans l'architecture que nous avons proposée, nous distinguons un module principal qui est le module de raisonnement basé sur les cas, c'est le noyau de notre système.

**a. Module de raisonnement basé sur les cas (Module d'évaluation)**

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

## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

---

Les résultats, qu'il fournit, constituent le résultat de l'évaluation des dommages post sismiques à savoir le niveau des dommages d'une construction ainsi que les mesures à prendre.

### b. Module Interface utilisateur :

- **Interface visualisation des résultats** : Elle permet à l'utilisateur de visualiser les différents cas similaires trouvés dans la base de cas.
- **Interface de saisie du cas à traiter** : Elle correspond à l'interface de saisie du cas, et d'attribution des poids aux différents attributs décrivant le cas dont le but de faire une évaluation.
- **Interface de création du cas** : Elle est chargée de visualiser la fiche d'évaluation pour l'ajout d'un nouveau cas à la base.

### 4.2. Diagramme d'activité :

Ce diagramme permet de décrire le déroulement d'un cas d'utilisation. Il est possible de décrire les acteurs responsables de chaque activité, par l'utilisation des «couloirs d'activités» qui permettent de répartir graphiquement les différentes activités entre les acteurs opérationnels [13].

Chaque activité est placée dans le «couloir» correspondant à l'acteur qui assume cette activité. Nous utiliserons ce formalisme pour présenter le diagramme d'activité de cas d'utilisation « Evaluation d'une construction endommagée » c'est-à-dire la recherche du cas le plus similaire.



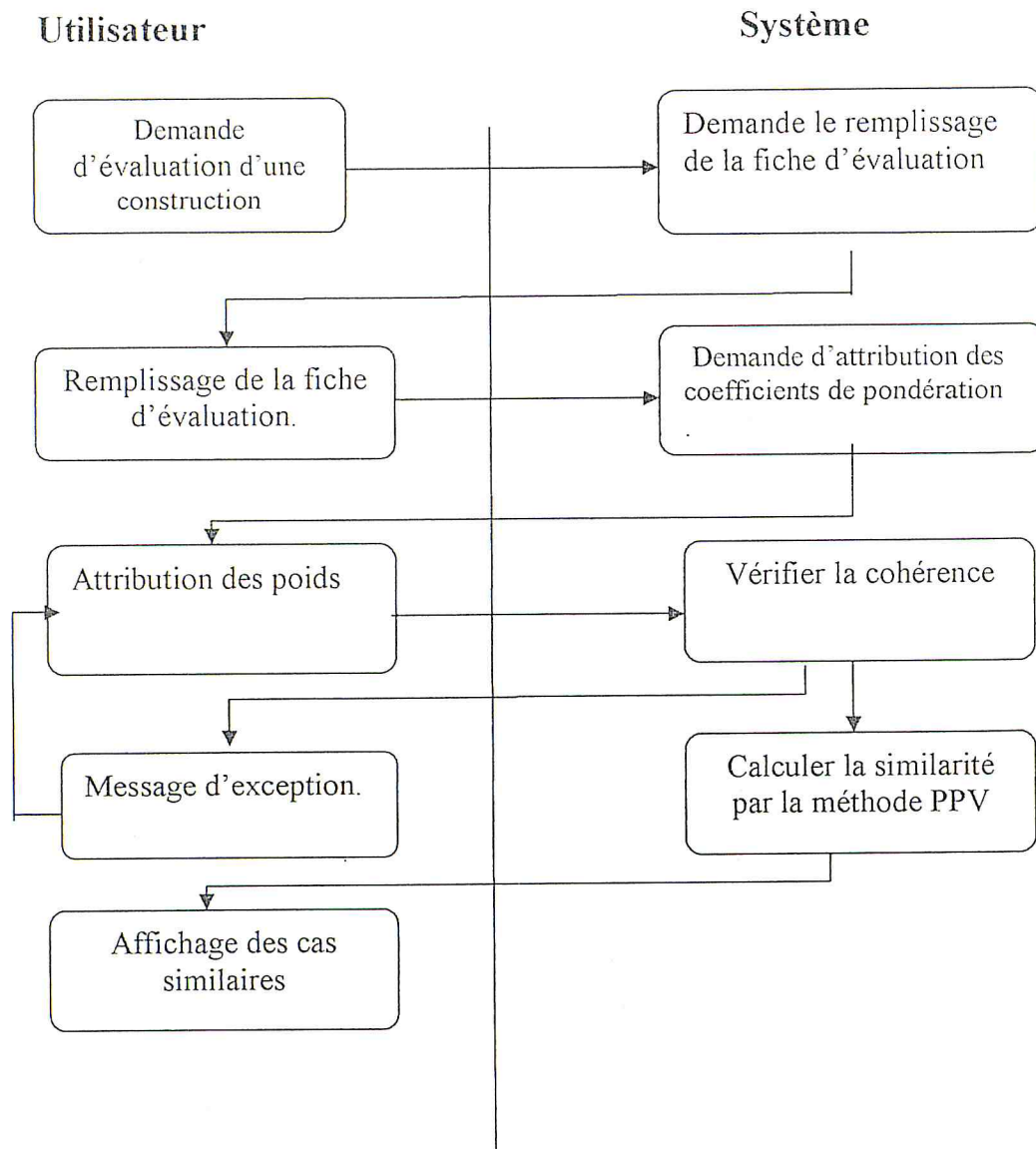


Figure 3.19 : Diagramme d'activité pour le cas d'utilisation « Évaluation d'une construction endommagée »

**Remarque :**

**Vérifier la cohérence :** Le système vérifie si les attributs remplis dans la fiche d'évaluation des dommages ont tous un poids dans la table des poids.

### 4.3. Diagramme de Classe

Le diagramme de classe montre la structure du système et les éléments des classes tels que: les classes, les relations d'héritage entre classes, les associations, dont les agrégations, les attributs, les opérations et la spécification d'opérations et contraintes au niveau des entités [4].

- Description des attributs :

Tableau 3-1 : Description des attributs.

Classe	Attributs	Code Attributs	Type	Valeurs
Cas	Numéro Cas	NumCas	Numérique	Variable
Description Cas	Code Fiche	CodeFiche	Numérique	Variable
	Code Inspecteur	CodeInspecteur	Numérique	Variable
	Date	Datee	Date	Variable
	Secteur	Secteur	Alphanumérique	Variable
	Zone	Zone	Alphanumérique	Variable
	Adresse	Adresse	Alphanumérique	Variable
	Construction Calculée	ConstructionCalculee	Alphabétique	[oui, non]
	Construction contrôlée	ConstructionControlee	Alphabétique	[oui, non]
	Usage construction	UsageConstruction	Alphabétique	Variable
	Age approximatif	AgeApproximatif	Numérique	Variable
	Nombre de niveaux	NombreNiveaux	Numérique	Variable
	Nbres joins élévation	NbreJoinsElevation	Numérique	Variable
	Nbres joins infrastructure	NbreJoinsInfrastructure	Numérique	Variable
	Vide sanitaire	VideSanitaire	Alphabétique	[oui, non]
	Sou sol	SousSol	Alphabétique	[oui, non]
	Eléments extérieurs	TypeElementsExterieurs	Alphabétique	[Escaliers, Auvent, passage]
	Faille	Faille	Alphabétique	[oui, non]
	Liquéfaction	Liquefaction	Alphabétique	[oui, non]
	Affaissement	Affaissement	Alphabétique	[oui, non]
	Glissement	GlissementConstruction	Alphabétique	[oui, non]
	Type fondation	TypeFondation	Alphabétique	[oui, non]
	Tassement	Tassement	Alphabétique	[oui, non]
	Glissement infrastructure	GlissementInfrastructure	Alphabétique	[oui, non]
	Basculement	Basculement	Alphabétique	[oui, non]
	Voile béton continu	VoileBeton	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Murs maçonnerie porteur	Murs Maçonnerie Porteur	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Voiles béton porteur	Voiles Beton Porteur	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Poteaux béton	PoteauBeton	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Poteaux métalliques	Poteau Métallique Porteur	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Poteaux bois	Poteaux en Bois Porteur	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Autres Elts porteurs	Autres Porteur	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Murs maçonnerie contreventement	Murs Maçonnerie Cont	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Voiles béton contreventement	Voiles Beton Cont	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Portique béton armé	Portiques Beton Armé	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Portique métallique	Portiques Métalliques	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Palées triangulées	Palées Triangulées	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Autres Elts contreventement	Autres Cont	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Béton armé	Beton Armé	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Solives métalliques	Solives Métallique	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Solives bois	Solives en Bois	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
Charpente métallique	Charpente Métallique	Numérique	[0-1-2-3-4-5]	
Charpente bois	Charpente en Bois	Numérique	[0-1-2-3-4-5]	
Couverture tuile	Couverture Tuile	Numérique	[0-1-2-3-4-5]	

### Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

Classes	Attributs	Codes Attributs	Type	Valeurs
	Couverture amiante	Couverture amianteciment	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Couvertures métalliques	Couverture Métallique	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Escaliers Béton	Escaliers Beton	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Escaliers Métal	Escaliers Métal	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Escaliers Bois	Escaliers Bois	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Maçonnerie	Maçonnerie	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Béton préfabriqué	Beton Préfabriqué	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Bardage	Bardages	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Plafonds	Plafonds	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Cloisons	Cloisons	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Éléments vitrés	Elements Vitrés	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Balcons	Balcons	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Garde Corps	Garde Corps	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Auvents	Auvents	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Acrotères corniches	Acrotères Corniches	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Cheminées	Cheminée	Numérique	[0-1-2-3-4-5]
	Autres Elts Extérieurs	Autre Element Extérieur	Alphabétique	[oui, non]
	Construction menace	ConstructionMenacante	Alphabétique	[oui, non]
	Construction menacée	ConstructionMenacee	Alphabétique	[oui, non]
	Construction soutenue	ConstructionSoutenue	Alphabétique	[oui, non]
	Construction soutien	ConstructionSoutien	Alphabétique	[oui, non]
	Victimes	Victimes	Alphabétique	[oui, non, peu être]
	Symétrie plan transversale	SymétriePlanTransversal	Alphabétique	[bon, moyen, mauvais]
	Symétrie plan longitudinale	SymétriePlanLongitudinal	Alphabétique	[bon, moyen, mauvais]
	Régularité en élévation transversale	RégularitéSensTransversal	Alphabétique	[bon, moyen, mauvais]
	Régularité en élévation longitudinale	RégularitéLongitudinal	Alphabétique	[bon, moyen, mauvais]
	Redondance des files transversale	RedondanceTransversal	Alphabétique	[bon, moyen, mauvais]
	Redondance des files longitudinale	RedondanceLongitudinal	Alphabétique	[bon, moyen, mauvais]
	Type de structure	TypeStructure	Alphabétique	[Poteau, poutre, voile, maçonnerie, mixte]
Solution	Niveau du dommage	NiveauDommage	Numérique	[1-2-3-4-5]
Cas	Couleur Utilisée	CouleurUtilisee	Alphabétique	[Vert, Orange, Rouge]
	Mesure à prendre	MesuresPrises	Alphabétique	Variable
Mesures de Similarité	Indice de similarité	Similarité	Numérique	Variable
Poids	Poids	Poids	Numérique	Variable
Expert parasismique	Code Inspecteur	CodeInspecteur	Numérique	Variable
	Nom	NomInspecteur	Alphabétique	Variable

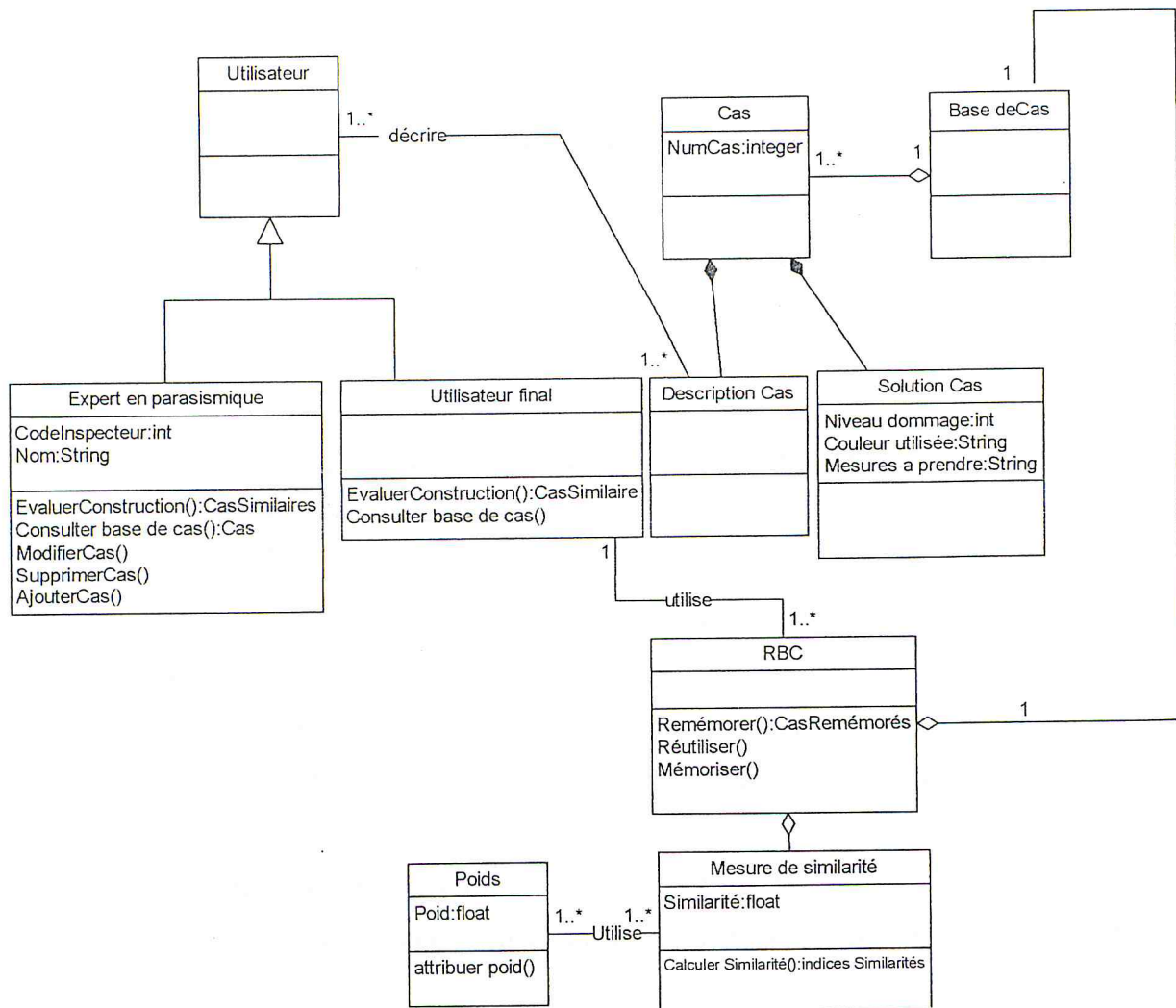


Figure 3.20 : Diagramme de classe de la conception

**Remarque :**

Les attributs de la classe DescriptionCas sont identiques à ceux présents dans la fiche d'évaluation sauf pour les attributs (CouleurUtilisée,MesuresPrises,NiveauDommages)qui ne figurent pas dans cette classe.

Afin de mieux comprendre les opérations des différentes Classes, nous proposons de faire une brève description de chacune d'elles.

### 5. Implémentation

Dans cette phase, nous exprimons la partie implémentation de notre projet, dont il s'agit d'implémenter la solution évoquée dans la partie conception. Autrement dit, l'implémentation est une phase au cours de laquelle les algorithmes (dans notre cas les diagrammes de séquences) définis dans la partie conception sont traduits dans un langage de programmation.

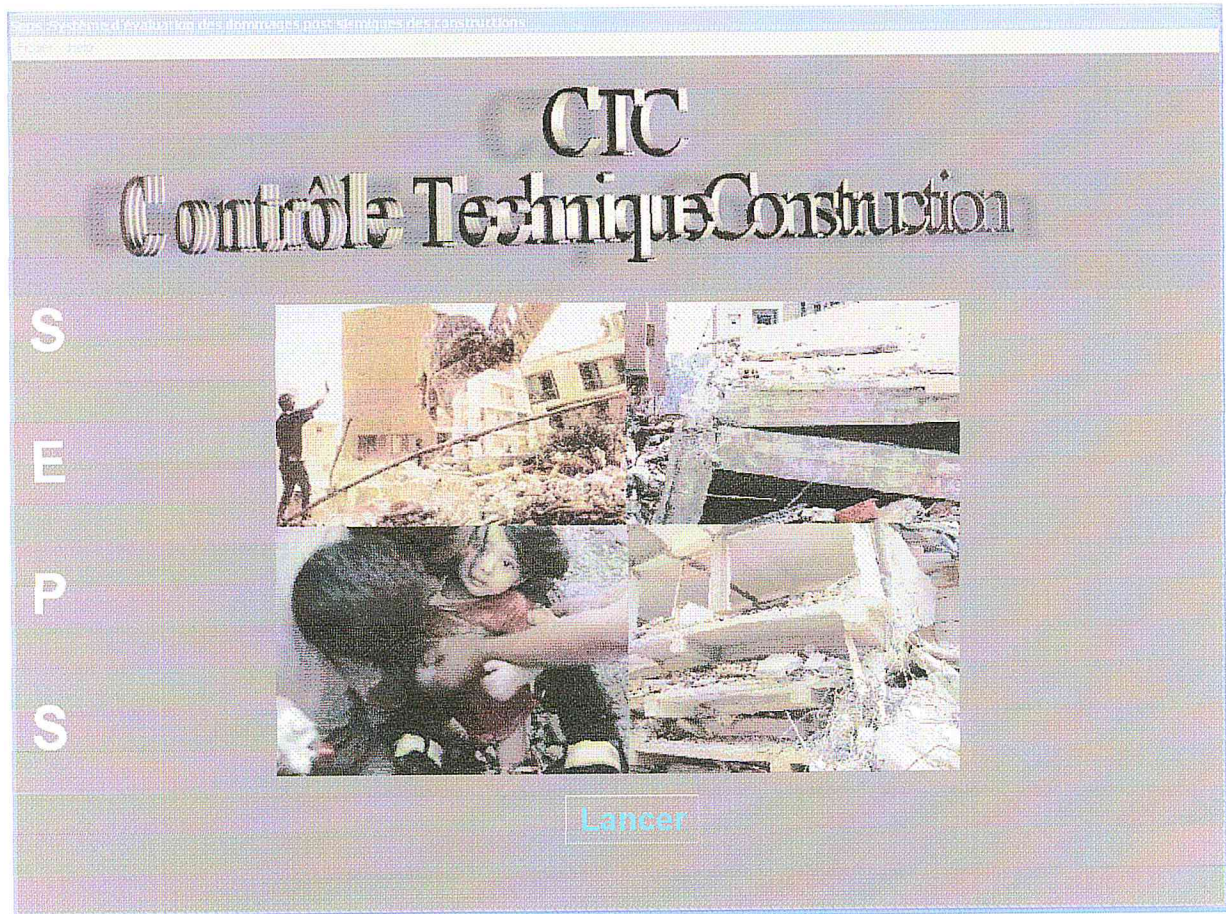
#### 5.1. Contexte matériel et logiciel

Le système que nous avons conçu est implémenté sous le système d'exploitation Windows. Cette implémentation est effectuée sur un PC (Personal Computer) en utilisant le langage de programmation Builder C++. Nous avons choisi ce langage car il est adapté à la programmation orientée objet, aussi il est portable et permet d'implémenter des interfaces rapides d'application sous Windows.

Dans le paragraphe qui suit nous allons présenter un ensemble de résultats obtenus pendant le développement de notre système d'évaluation post-sismique SEPS.

- **Mise en œuvre de l'interface utilisateur :**

La figure suivante illustre la page principale de notre système, un bouton « Lancer » permet d'accéder à ses différentes fonctionnalités.



**Figure 3.21 : représentation de la fenêtre principale de SEPS**

La deuxième page présente les différents types d'utilisateurs du système. Chaque type d'utilisateur possède une session qui contient des fonctionnalités qui lui sont propre.

### Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

---

La classe : Expert en parasismique

**Opération** : EvaluerConstruction() : Cas Similaires, cette opération consiste en la recherche dans la base de cas, du cas ou des cas les plus similaires au cas à traiter.

**Opération** : Consulter base de cas () : Cas, cette opération retourne l'ensemble des cas stockés dans la base.

**Opération** : Modification d'un cas (), permet la modification d'un cas de la base.

**Opération** : Ajout d'un cas (), permet l'ajout d'un cas dans la base des cas.

La Classe : Mesure de similarité

**Opération** : Calculée Similarité () : indices de similarité, permet de déterminer la ressemblance entre deux cas, elle retourne un indice de similitude pour chaque cas de la base.

La Classe : RBC

**Opération** : Remémorer () : Cas Remémorés, cette opération retourne l'ensemble des cas remémorés dans la base.

**Opération** : Réutiliser () : permet le choix du cas le plus similaire au cas à traiter.

**Opération** : Mémoriser (), elle permet le stockage d'un nouveau cas dans la base.

**Remarque** : les opérations Consulter base de cas () : Cas et EvaluerConstruction () : Cas Similaires, de la classe expert sont identiques à ceux de la classe Utilisateur final.

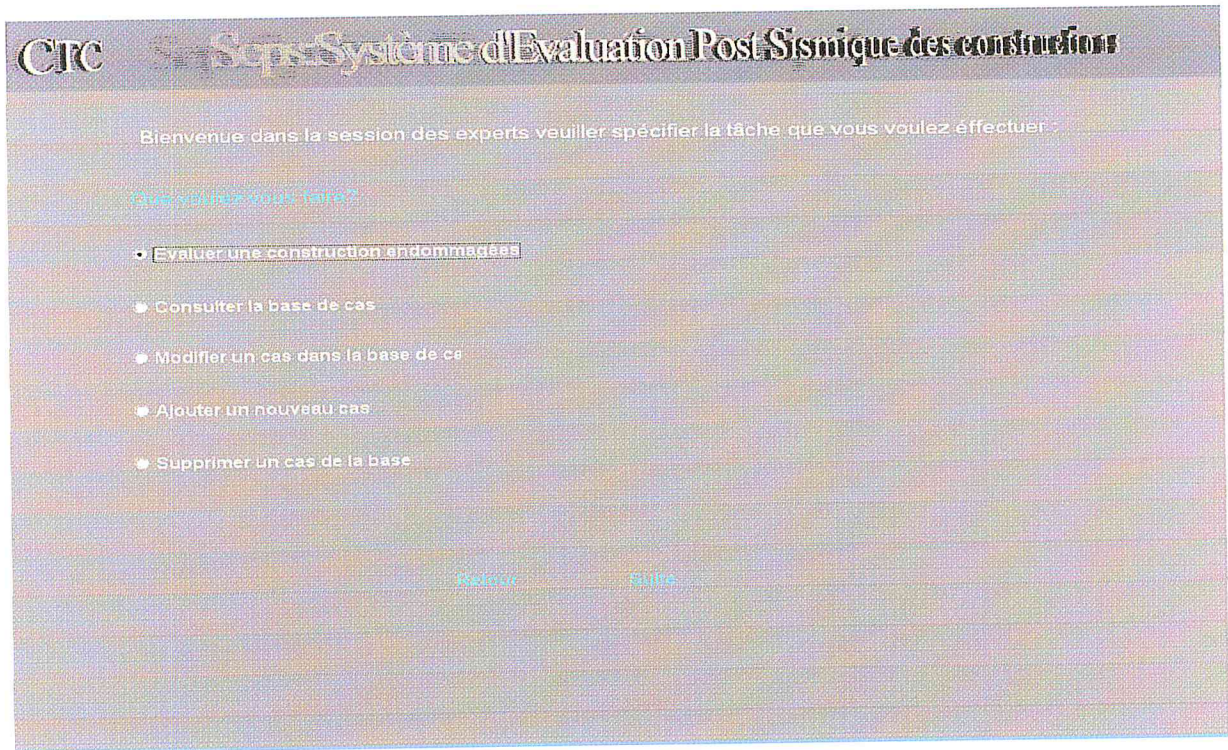




**Figure 3.22 : Interface utilisateurs de SEPS**

- **La Session Expert :**

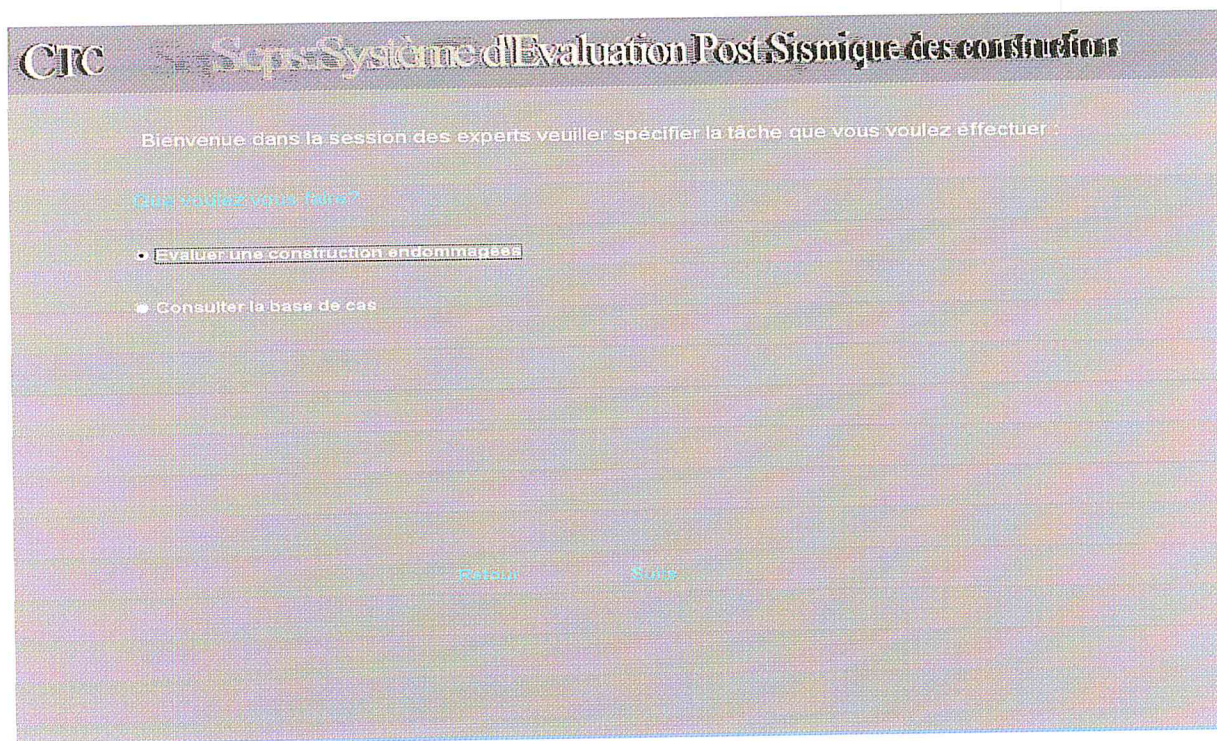
Le type d'opérations, que nous présentons dans cette session, correspond à l'insertion d'un nouveau cas, la suppression et la modification d'un cas. Comme précisé lors de l'étape de conception, ce type d'opérations ne peut être effectué que par les experts du domaine. Ce type d'utilisateur peut également effectuer une évaluation d'une construction endommagée ainsi qu'une consultation de la base de cas.



**Figure 3.23 : Interface de l'expert**

- **Session Utilisateur final :**

Ce type d'utilisateurs n'ayant pas une grande expérience du domaine, il n'a accès qu'à la consultation de la base de cas, et à l'évaluation d'une construction.



**Figure 3.24 : Interface de l'utilisateur final**

- **Consultation de la base de cas :**

La consultation de la base de cas peut se faire par n'importe quel type d'utilisateurs. Lors de la consultation, l'utilisateur a la possibilité de consulter toute la base ou bien d'activer une partie de celle-ci (ce que l'on a appelé la présélection) selon le type de structure. La figure 3.25 illustre un exemple de consultation de tous les cas de la base. Le bouton « Quitter » permet de revenir à la fenêtre principale.

## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

CONSULTATION DE LA BASE DE CAS

Type de Recherche:  Tout type

Date	Secteur	Zone	Adresse	CouleurUtilisee	NiveauDommage	MesuresPrises
11/11/1989	amia	centre	Bloc 200 (CHERCHELL)	Orange		3 A evacuer temporairement necessite
11/11/1989	amia	centre	Musee	Vert		2 Ouvrage fonctionnel
11/11/1989	amia	centre	Bloc chaire(CHERCHELL)	Vert		2 Ouvrage fonctionnel
11/11/1989	amia	centre	Villa D G E	Orange		4 A evacuer pour reparation
11/11/1989	amia	centre	Bibliothèque	Vert		2 Fonctionnel
11/11/1989	amia	centre	Bloc 300	Vert		2 Replatrage et colmatage des fissures
11/11/1989	amia	centre	M.E.S Officiers	Orange		3 Plafonds de la veranda a reparer
11/11/1989	amia	Tizirine	Villa TIZIRINE	Orange		4 A evacuer immediatement necessite
11/11/1989			Ville CDT	Vert		2 Necessite des reparations au niveau
11/11/1989	amia	Tizirine	TIZIRINE	Orange		3 A evacuer
11/11/1989	amia	centre	Villa MAAZOUZ	Orange		3 A evacuer
11/11/1989	amia		Bloc D C E	Vert		2 Ouvrage fonctionnel
11/05/1988	centre	blida	ouledyaich	Vert		2 Replatrage et colmatage des fissures
11/11/1989	amia	Tizirine	Bugalow	Orange		3 A reprendre les plafonds
11/11/1989	amia	centre	Bloc 200	Orange		3 A evacuer(Fissures importantes) jusq
29/10/1989		Tizirine	Villa Tizirine	Orange		4 A evacuer dans l'immediat.injection
11/11/1989	amia	centre	station lavage	Rouge		5 Demolition
11/11/1989	amia	centre	foyer(élevés 1er année)	Orange		3 Exploitable
11/11/1989			Hotel etat major	Vert		2 Fonctionnel
11/11/1989	amia	centre	complexe sportive	Vert		2 Replatrage et colmatage des fissures
04/06/2003	nord	est	Corso	Orange		3 Etayage par profiles metaliques et d
04/06/2003	nord	est	Zemour El Bahri	Vert		2 Replatrage et colmatage des fissures

Quitter

Figure 3.25 : Consultation de la base de cas

- **Evaluation d'une construction endommagée (Recherche du cas)**

Le module Evaluation d'une construction endommagée (recherche de cas) constitue la partie la plus importante de notre système de RBC d'évaluation post sismique SEPS.

Quand l'utilisateur de notre système (expert ou utilisateur final) veut effectuer une évaluation d'une construction endommagée, un formulaire de saisie de cas lui est affiché. Ce formulaire est composé de cinq feuillets. Ceci est dû au fait que la description d'un cas est relativement longue, qu'une seule feuille ne serait pas agréable à visualiser. Pour cela le premier feuillet correspond à l'identification de la construction, le deuxième concerne la description de la construction. Le troisième et quatrième sont nécessaires pour la saisie des dommages.

### Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

La figure 3.26 présente le feuillet 1. Il permet à l'expert de saisir les informations générales sur la construction et permet de situer le contexte de l'opération d'évaluation post sismique (code de l'inspecteur ayant réalisé l'opération d'évaluation ainsi que la date de l'opération et le code fiche du cas à évaluer). Une fois, les informations générales définies, il faut passer à la description de la construction à évaluer.

The screenshot shows a software window titled "FICHE D'EVALUATION DES DOMMAGES" with four tabs: "Identification de la construction", "Description Construction", "Saisie Dommages", and "Saisie des dommages". The "Identification de la construction" tab is active. It contains the following fields and controls:

- Code inspecteur:
- Code Plan:
- Code:
- Date:  Zone:
- Adresse ou adresse d'identification:
- Construction calculée à l'état:  Oui  Non
- Construction contrôlée:  Oui  Non

Figure 3.26 : Saisie de l'identification de la construction

## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

LOGIC D'ÉVALUATION DES DOMMAGES

Identification de la construction | Description Construction | Saisie Dommages | Saisie des dommages

**USAGE DE LA CONSTRUCTION**

- Logement
- Administratif
- Socio-Culturel
- Aulres (à préciser)
- Scolaire
- Hospitalier
- Sportif
- Commercial
- Industriel
- Réservoir d'

**DESCRIPTION SOMMAIRE**

Age approximatif : 0

Nombre de niveaux : 0

Nombre de niveaux de hauteur en élévation : 0

Infrastructure : 0

Vie Sanitaire :  Oui  Non

Sous-Sol :  Oui  Non

Type de Structure : Poteau-Poutre

Éléments extérieurs indépendants :  escaliers  auvent  passage

**ÉTATS DES ÉLÉMENTS DE LA CONSTRUCTION**

Telle :  Oui  Non

Liquéfaction :  Oui  Non

Arrosage/Spillage :  Oui  Non

Glissement :  Oui  Non

**FONDEMENTS (INFRASTRUCTURE)**

Type de fondation :  Radier  Semelles isolées  Semelles filantes  Pieux  Autre

Tassement uniforme :  Oui  Non

Glissement :  Oui  Non

Écroulement :  Oui  Non

Infrastructure (dans le cas d'une base) : Voile béton continu : 0   Poteaux béton avec remplissage : 0

«< »>»

**Figure 3.27 : Saisie de la description de la construction**

La figure 3.27 présente le deuxième feuillet permettant de compléter la saisie du nouveau cas, il permet de donner une description sommaire de la construction (usage de la construction, l'âge de la construction, type de fondation, etc.).

Le troisième feuillet présenté en figure 3.28 illustre la saisie des dommages observés. L'expert peut ainsi évaluer aussi bien la structure résistante que les éléments secondaires en se basant sur l'observation visuelle. Il pourra ainsi attribuer une valeur comprise entre 1 et 5 pour chaque attribut représentant le cas.

### Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

**Identification de la construction** | **Description Construction** | **Saisie Dommages** | **Saisie des dommages**

**Influences des constructions**

**Éléments porteurs (charges verticales)**

- Murs en maçonnerie: 0 [←] [→]
- Voiles béton: 0 [←] [→]
- Poteaux Béton: 0 [←] [→]
- Poteaux métalliques: 0 [←] [→]
- Poteaux bois: 0 [←] [→]
- Autres: 0 [←] [→]

**Éléments de contreventement**

- Murs en maçonnerie: 0 [←] [→]
- Voiles béton: 0 [←] [→]
- Portiques béton armé: 0 [←] [→]
- Portiques métalliques: 0 [←] [→]
- Poutres triangulées: 0 [←] [→]
- Autres: 0 [←] [→]

**Planchers - Toiture terrasses**

- Béton armé: 0 [←] [→]
- Solives métalliques: 0 [←] [→]
- Solives en bois: 0 [←] [→]

**Toiture inclinée**

- Charpente métallique: 0 [←] [→]
- Charpente bois: 0 [←] [→]
- Couverture tuile: 0 [←] [→]
- Couverture amiante ciment: 0 [←] [→]
- Couverture métallique: 0 [←] [→]

**Autres éléments**

**Escaliers**

- Béton: 0 [←] [→]
- Métal: 0 [←] [→]
- Bois: 0 [←] [→]

**Autres éléments intérieurs**

- Plafonds: 0 [←] [→]
- Cloisons: 0 [←] [→]
- Éléments vitrés: 0 [←] [→]

**Influences des dommages**

**Remplissage extérieur**

- Maçonnerie: 0 [←] [→]
- Béton préfabriqué: 0 [←] [→]
- Bardage: 0 [←] [→]
- Autres: 0 [←] [→]

**Éléments extérieurs**

- Balcon: 0 [←] [→]
- Garde corps: 0 [←] [→]
- Aluvent: 0 [←] [→]
- Acrotère - corniches: 0 [←] [→]
- Cheminsées: 0 [←] [→]
- Autres: 0 [←] [→]

Figure 3.28 : Saisie des dommages

La figure 3.29 illustre aussi la saisie des dommages observés (influences des constructions adjacentes, victimes, commentaires sur la nature et la cause probable des dommages).

**Identification de la construction** | **Description Construction** | **Saisie Dommages** | **Saisie des dommages** | **Evaluation Finale**

**INFLUENCES DES CONSTRUCTIONS ADJACENTES**

La construction est-elle en mauvais état par rapport à une construction voisine?

- Oui
- Non

La construction est menacée par une autre construction voisine?

- Oui
- Non

La construction peut être stabilisée par une autre construction voisine?

- Oui
- Non

**Commentaires sur la nature et la cause probable des dommages**

**État Transversal**

État des murs:  bon  moyen  mauvais

État des poteaux:  bon  moyen  mauvais

État des planchers:  bon  moyen  mauvais

**État Longitudinal**

État des murs:  bon  moyen  mauvais

État des poteaux:  bon  moyen  mauvais

État des planchers:  bon  moyen  mauvais

Figure 3.29 : Saisie des dommages

### Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

Après avoir rempli les différents champs du formulaire, l'utilisateur clique sur le bouton « suite » pour passer à la page suivante. Une autre fenêtre s'affiche donnant à l'utilisateur la possibilité de mettre à jour la table des poids des attributs intervenant dans le calcul de similarité. Cette mise à jour permet de modifier les coefficients de pondération des attributs. La liste des champs comparés comprend le nom du champ à prendre en compte, ainsi que le poids qui lui est affecté. Pour affecter les poids, l'utilisateur a le choix entre les poids du sondage effectué auprès des experts du CTC ; pour cela un simple clique sur le bouton « par défaut », permettra l'affectation des différentes valeurs aux attributs comparés, ou bien il peut introduire ces propres poids.

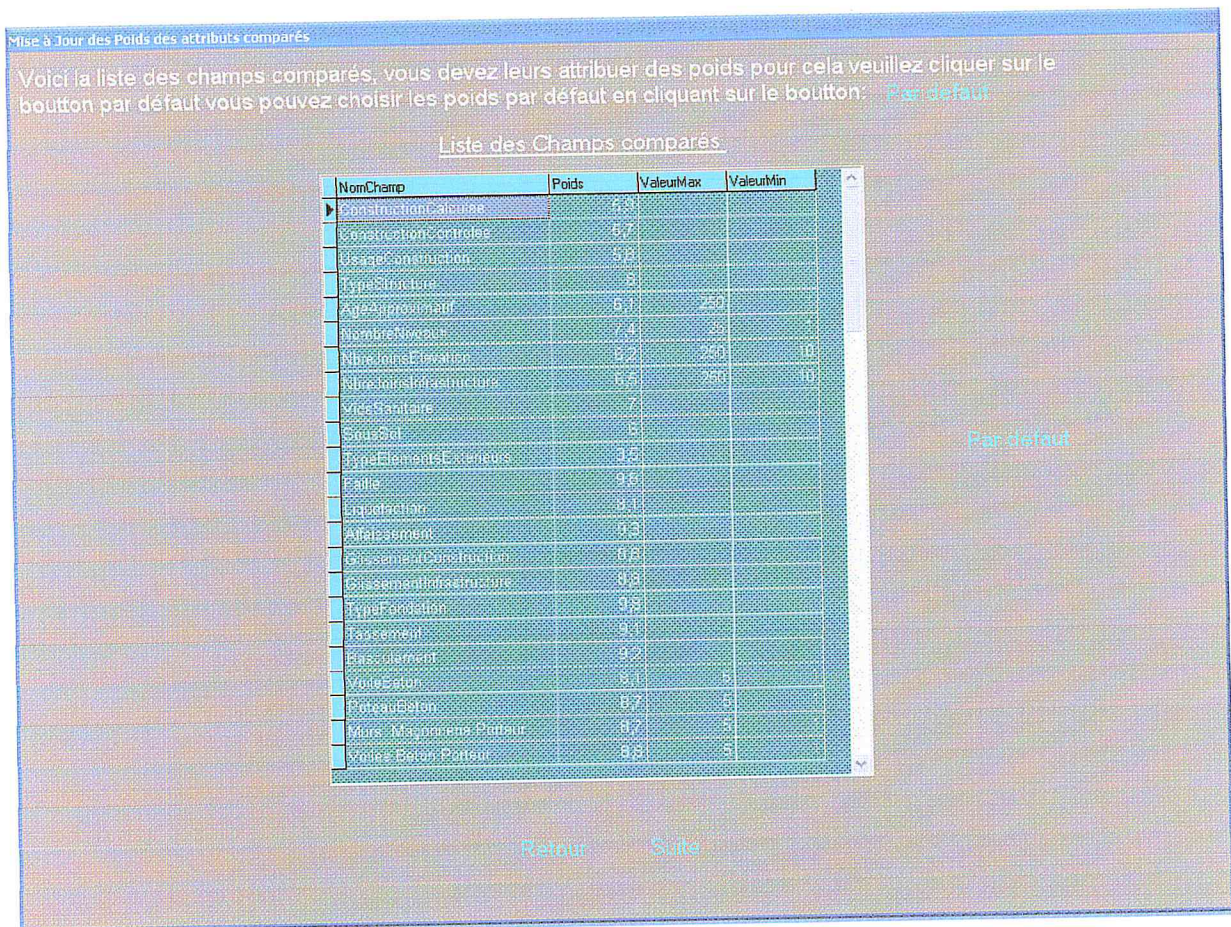


Figure 3.30 : Mise à jour des poids des attributs

Pour passer à l'étape suivante l'utilisateur appuie sur le bouton « suite », la fenêtre d'évaluation lui est affichée, elle est structurée en deux parties : la partie supérieure de la page contient le cas à traiter, la partie inférieure contient les cas similaires répertoriés. Un bouton



## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

« Recherche » permet de lancer la recherche des cas similaires La figure 3.31 illustre un cas de calcul de similitude. Le cas à traiter est rempli automatiquement par les différentes valeurs saisies par l'expert dans le formulaire électronique. Pour ce cas, le calcul de similitude a donné une valeur maximale de 0,727 et une valeur minimale de 0,2355. C'est-à-dire qu'il n'y a pas de cas dans la base qui soit réellement identique à celui analysé. L'expert est le seul décideur dans ce genre de situation.

Recherche de Cas Similaires

Voici le cas que vous voulez évaluer pour obtenir les cas similaires à ce cas veuillez cliquer sur le bouton: [Rechercher](#)

**CAS A TRAITER :**

ConstructionCalculee	ConstructionControlee	UsageConstruction	TypeStructure	AgeApproximatif	NombreNiveaux	NbreJoinsElevation	NbreJoinsInfra
Oui	Oui	administratif	Poteau-Poutre	25	10	8	

**CAS TROUVES :**

Similitude	Datee	Secteur	Zone	Adresse	CouleurUtilisee	NiveauDomage	MesuresPrises
0.72761087	10/11/2003	Issers	Si Mustapha	Choe Couvert	Vert	2	Réparations légères
0.7262725	10/11/2003	Issers	Si Mustapha	Rue Benzerga	Vert	1	Fonctionnel
0.72651656	10/11/2003	Issers	Si Mustapha	Rue Tabarout	Vert	1	fonctionnel
0.72234351	10/11/2003	Issers	Si Mustapha	Vieux Village	Vert	1	Fonctionnel
0.71823633	09/11/2003	Chabet	Ben n'tas	Vieux Village	Rouge	3	A évacuer temporairement
0.71452073	10/11/2003	Issers	Si Mustapha	Rue benzerga	Orange	1	Réparation
0.70544998	10/11/2003	Issers	Si Mustapha	Vieux Village	Vert	1	Réparations légères
0.70003256	10/11/2003	Issers	Si Mustapha	Rue de la Gare	Vert	1	Fonctionnel
0.69085399	10/11/2003	Issers	Si Mustapha	Rue Benzerga	Vert	1	Fonctionnel
0.63703347	11/11/1989	amia	centre	Bibliothèque	Vert	2	Fonctionnel
0.63290707	11/11/1989	amia		Blac D.G.E	Vert	2	Ouvrage fonctionnel
0.60551396	11/11/1989			Ville CDT	Vert	2	Nécessite des réparation

Rechercher Retour Quitter

Figure 3.31 : Recherche de cas similaire

- **L'ajout d'un nouveau cas dans la base de cas**

L'ajout d'un cas dans la base de cas, étant une tâche propre aux experts du domaine, une authentification de l'utilisateur est exigée. Pour cela, le système lui demande de saisir son mot de passe, ainsi que son nom d'utilisateur. Après contrôle du mot de passe et du nom d'utilisateur, le formulaire de saisie de cas s'affiche (c'est la fiche d'évaluation). En plus des quatre feuillets cités précédemment un cinquième feuillet vient s'ajouter, c'est celui de

### Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

l'évaluation finale. Il permet de saisir l'évaluation finale de la construction. Après avoir rempli le cas correctement (le code fiche, le code et le nom inspecteur sont obligatoires), l'expert peut ajouter son cas en appuyant sur le bouton « ajout ». Afin que la base de cas ne soit pas rempli avec des cas redondant, un calcul de similarité invisible à l'utilisateur est effectué, dans le but de s'assurer de la non existence d'un cas identique dans la base. Si un cas identique est retrouvé (similitude=1), un message informant qu'un cas identique au cas saisi existe déjà dans la base et l'ajout est annulé, sinon un message informant de la non existence de cas identique s'affiche, et la base de cas est mise à jour automatiquement L'expert peut lui-même vérifier la prise en compte du nouveau cas en lançant la consultation de la base de cas.

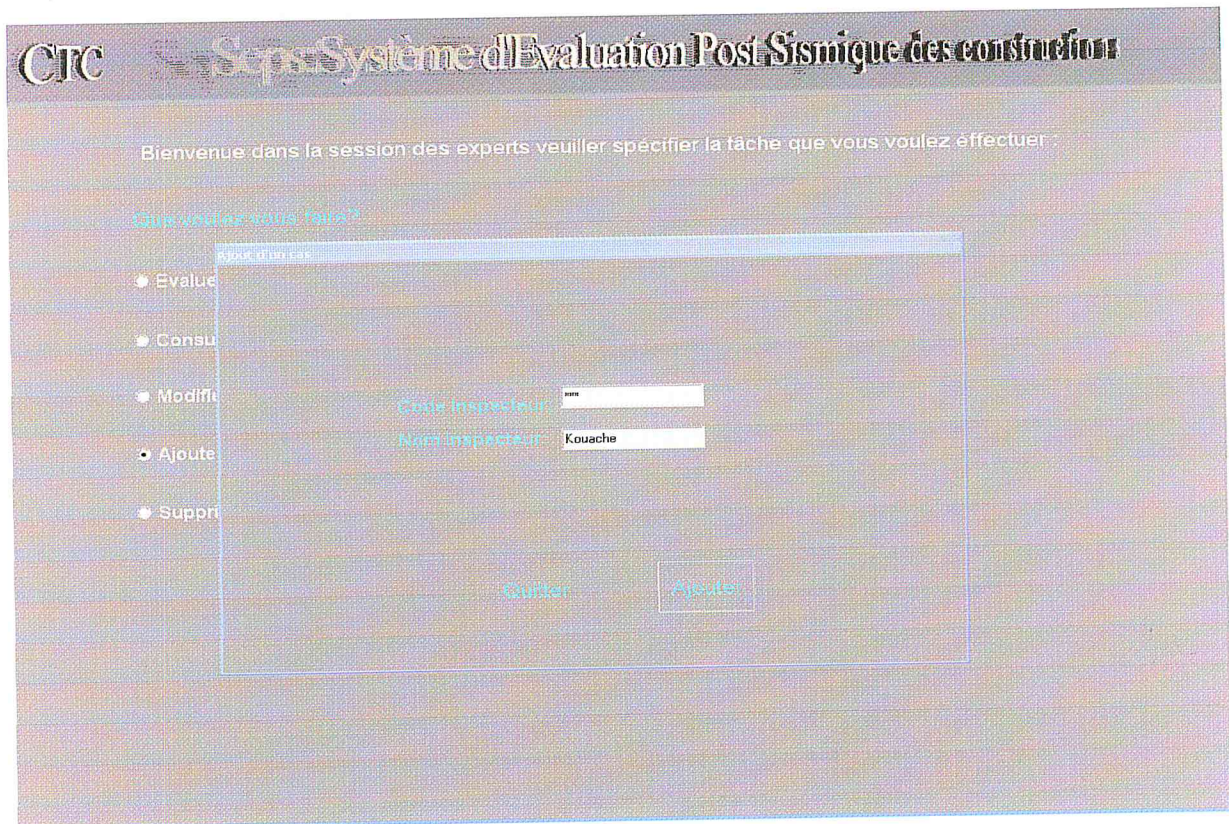
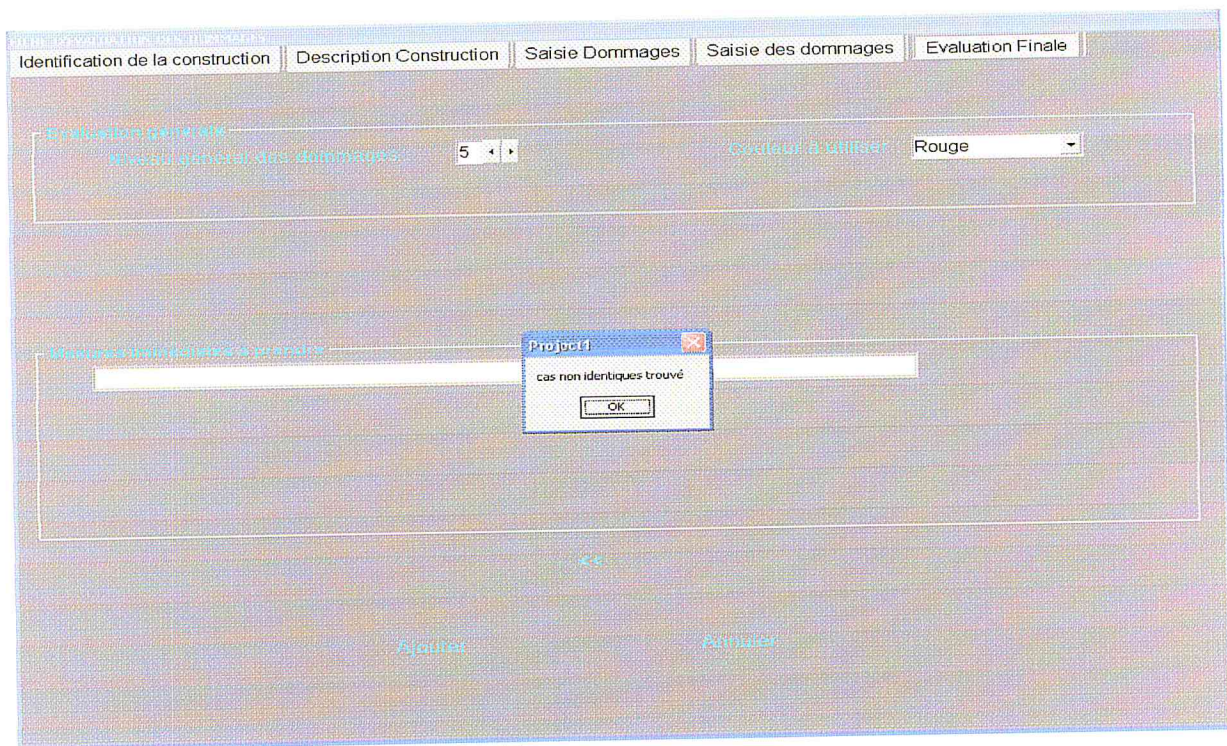


Figure 3.32 : demande d'ajout d'un cas



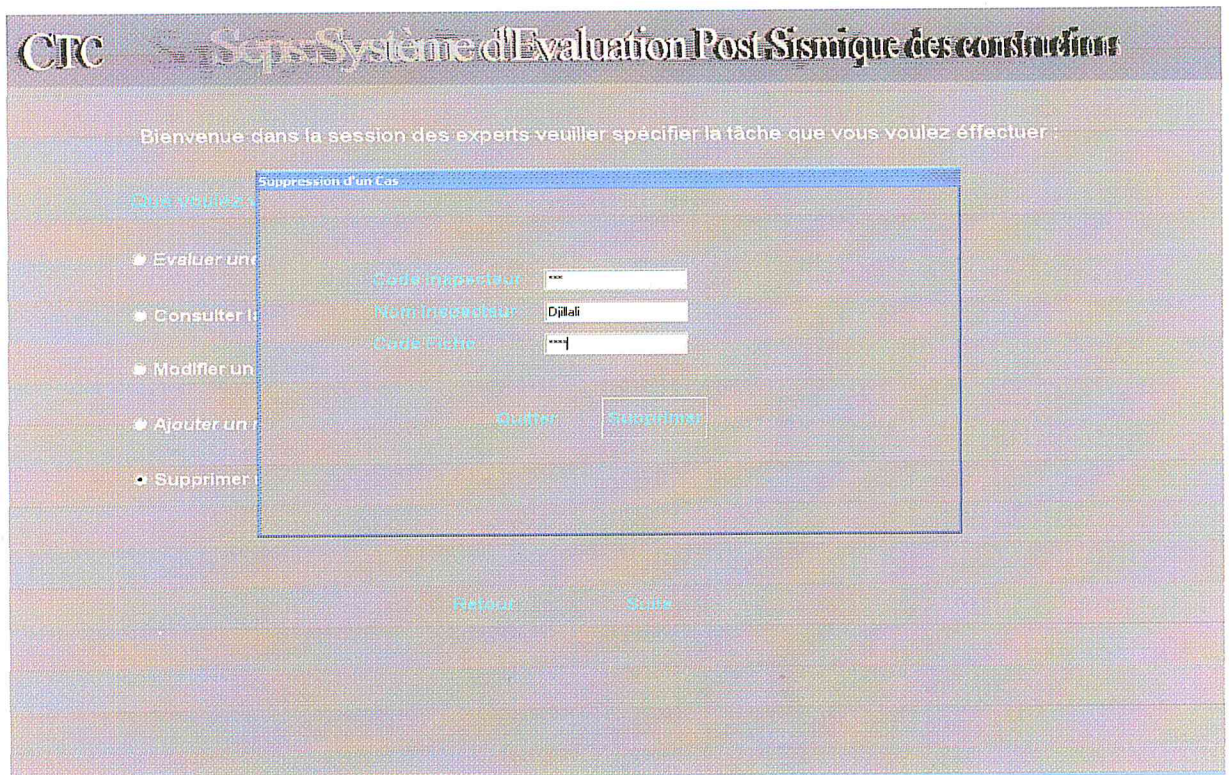
**Figure 3.33 : Saisie de l'évaluation finale**

**Remarque :** contrairement à l'ajout d'un cas, l'évaluation d'une construction ne considère pas les attributs du feuillet de l'évaluation finale comme des champs comparés, car la similitude est calculée dans le but de déterminer l'évaluation finale.

- **Suppression et modification d'un cas dans la base de cas**

Comme l'ajout d'un cas, la suppression et la modification d'un cas sont des opérations effectuées uniquement par les experts du domaine.

La suppression d'un cas commence par l'authentification de l'expert. Pour supprimer un cas, l'expert doit introduire son nom, son code inspecteur et le code fiche du cas qu'il veut supprimer. Cette authentification assurera, que la suppression ne concernera uniquement que les cas saisis par cet expert. La suppression est illustrée par la figure3.34.



**Figure 3.34 : suppression d'un cas de la base de cas**

**Remarque :** dans la situation où le cas n'existe pas dans la base, un message d'information s'affiche signalant que celui-ci n'existe pas.

L'opération de modification d'un cas nécessite elle aussi la spécification : Du code fiche, du nom et du code de l'inspecteur de la part de l'expert. Si le cas existe, un message de confirmation de suppression de cas s'affiche à l'utilisateur, si l'utilisateur accepte la suppression, le cas est supprimé et la fenêtre du formulaire électronique de saisi de cas s'affiche à l'expert pour ressaisir son cas, en introduisant ses modifications. Sinon la modification est annulée.

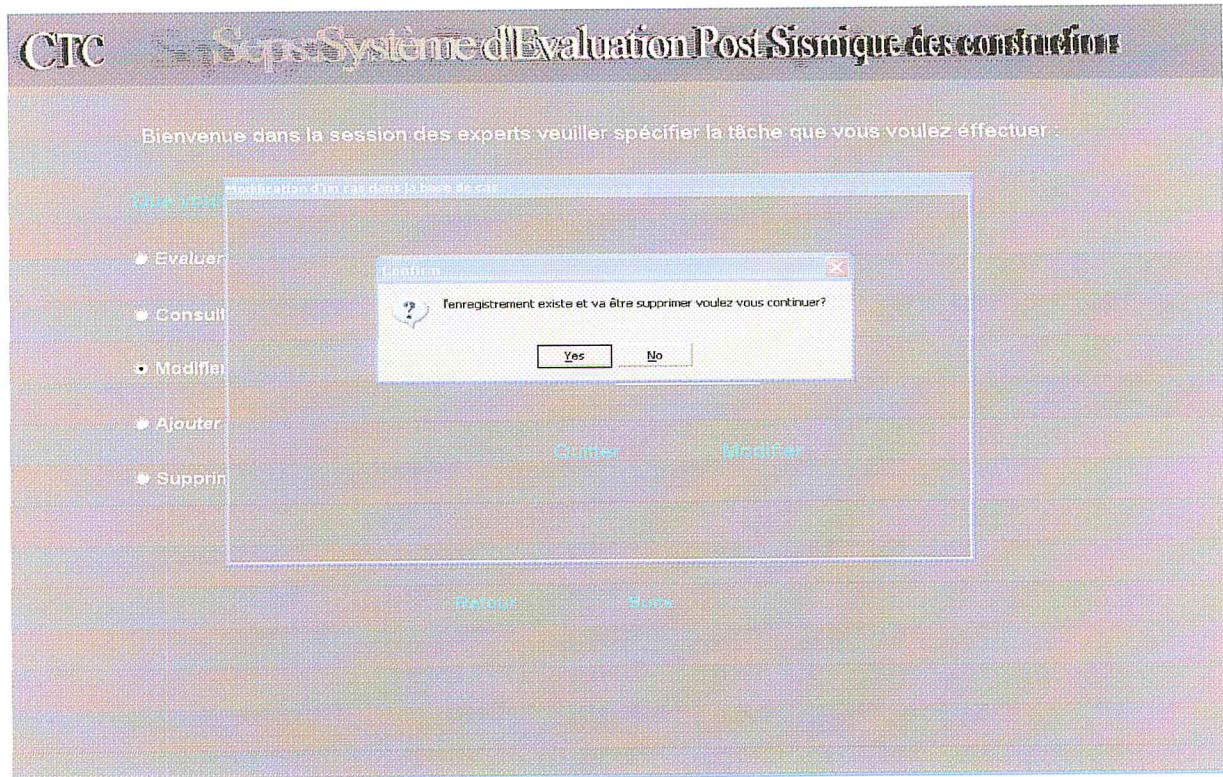


Figure 3.35 : demande de modification d'un cas

### Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

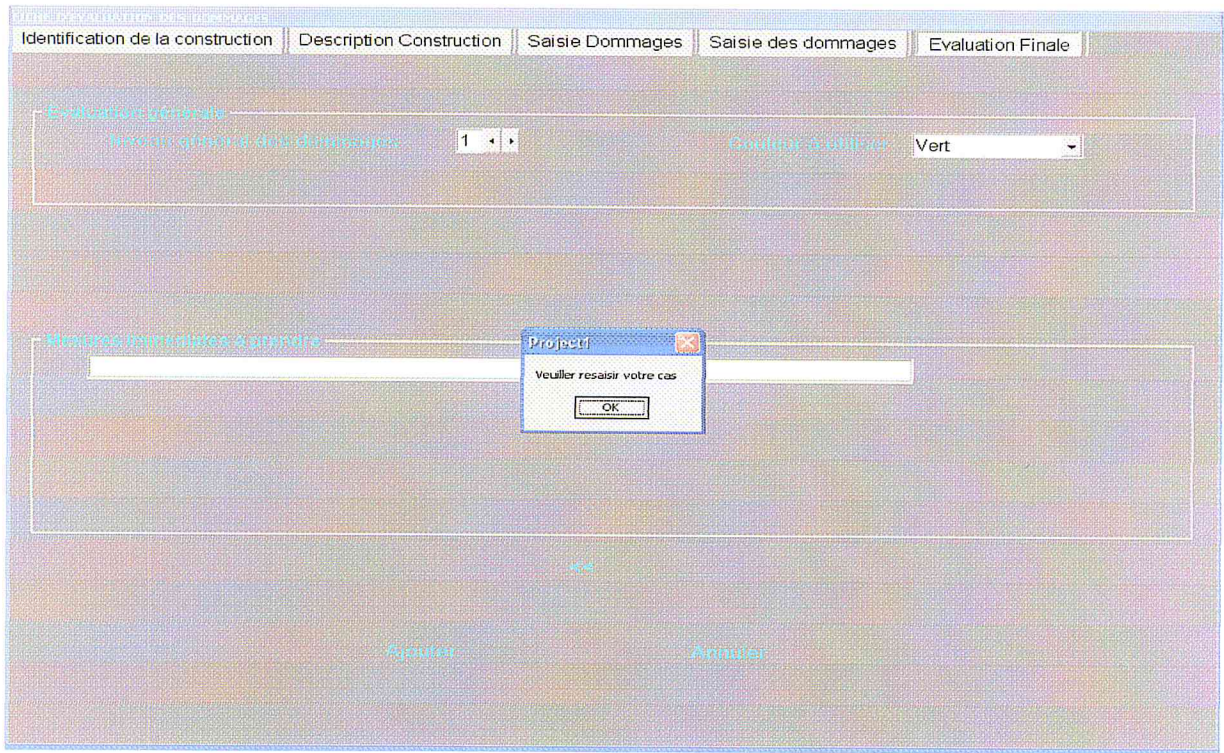


Figure 3.36 : saisie du cas après modification

### 6. Test du logiciel

Pour pouvoir confirmer le bon fonctionnement de notre système SEPS, nous avons élaboré un test, afin de pouvoir vérifier que celui-ci fonctionne correctement, et ne produit pas de faux résultats. Nous avons introduit des fiches techniques réelles, que nous avons recueilli auprès des différents sièges du CTC ( Boumérdes, Chelf, Chenoua, Ain Defla) et comparé leurs résultats avec ceux du programme réalisé. L'utilisation du système consiste dans un premier temps en la saisie des différentes caractéristiques descriptives de la construction, puis dans l'attribution des poids aux différents champs de la fiche.

La base de cas contient actuellement 80 cas, la validation consiste à saisir de nouvelles fiches, et de comparer pour chaque fiche saisie, les résultats donnés par le système avec ceux déjà existants sur la fiche. Pour cela nous avons procédé à la saisie de 40 nouvelles fiches.

La feuille suivante illustre la fiche d'évaluation de l'hôtel Mercure, cet hôtel se situe à Babzzouar, et a été endommagé lors du séisme du 21 Mai 2003.

<b><u>FICHE D'ÉVALUATION DES DOMMAGES</u></b> <b><u>DU SEISME DU 21 MAI 2003</u></b>		
Code inspecteur Date : 03/06/2003 <b>IDENTIFICATION DE LA CONSTRUCTION</b>		
Secteur	<b>ZONE</b>	Construction calculée au séisme : <b>Oui-Non</b>
Adresse ou éléments d'identification <b>Babzzouar</b>		Construction Contrôlée : <b>Oui-Non</b>
<b>USAGE DE LA CONSTRUCTION</b>		
Logement	Scolaire	Commercial
Administratif	Hospitalier	Industriel
Socioculturel	Sportif	Réservoir d'eau
Autre (à préciser) : <b>Hôtel</b>		
<b>DESCRIPTION SOMMAIRE</b>		
Age approximatif : <b>10ans</b>	Vide sanitaire :	<b>Oui-Non</b>
Nombre de niveaux : <b>13</b>	Sous sol :	<b>Oui-Non</b>
Nombre de joints de dilatation :	Eléments extérieurs indépendant (escalier, auvent, passage couvert)	
- en élévation :		
- en infrastructure :		
<b>Problème de sol autour de la construction</b>		
Faïlle : <b>Oui-Non</b>	- Affaissement	-Soulèvement : <b>Oui-Non</b>
Liquéfaction : <b>Oui-Non</b>	- Glissement	: <b>Oui-Non</b>
<b>FONDATION-INFRASTRUCTURE</b>		
<b>Fondations</b>	<b>Infrastructure (dans le cas vs ou s/sol)</b>	
- type de fondation	- Voile béton continu :	<b>1-2-3-4-5</b>
-type de dommages	- Poteaux béton avec remplissage	<b>1-2-3-4-5</b>
-tassement uniforme : <b>Oui-Non</b>		
- Glissement : <b>Oui-Non</b>		
- Basculement : <b>Oui-Non</b>		
<b>STRUCTURE RESISTANTE</b>		
<b>Escaliers</b>	<b>Remplissage extérieurs</b>	
- béton <b>1-2-3-4-5</b>	- maçonnerie	<b>1-2-3-4-5</b>
- métal <b>1-2-3-4-5</b>	- béton préfabriqué	<b>1-2-3-4-5</b>
- bois <b>1-2-3-4-5</b>	- bardages	<b>1-2-3-4-5</b>
	- autres	<b>1-2-3-4-5</b>
<b>Autres éléments intérieurs</b>	<b>Eléments extérieurs</b>	
- plafonds <b>1-2-3-4-5</b>	- balcons	<b>1-2-3-4-5</b>
-cloisons <b>1-2-3-4-5</b>	- garde-corps	<b>1-2-3-4-5</b>
-éléments vitrés <b>1-2-3-4-5</b>	- au vent	<b>1-2-3-4-5</b>
	- acrotères-corniches	<b>1-2-3-4-5</b>
	- cheminées	<b>1-2-3-4-5</b>
	- autres	<b>1-2-3-4-5</b>



### Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

<u>Elément Porteurs (charges verticales)</u>		<u>Elément de Contreventement</u>	
-murs en maçonnerie	1-2-3-4-5	- murs en maçonnerie	1-2-3-4-5
-Voile béton	1-2-3-4-5	- Voile béton	1-2-3-4-5
-poteau béton	1-2-3-4-5	- portiques béton armé	1-2-3-4-5
-poteau métallique	1-2-3-4-5	- portiques métalliques	1-2-3-4-5
-poteau bois	1-2-3-4-5	- palées triangulées	1-2-3-4-5
-autre	1-2-3-4-5	- autres	1-2-3-4-5
<u>Planchers-Toiture Terrasse</u>		<u>Toiture inclinée</u>	
- béton armé	1-2-3-4-5	- charpente métallique	1-2-3-4-5
- solives métalliques	1-2-3-4-5	- charpente bois	1-2-3-4-5
-solives bois	1-2-3-4-5	- couverture tuile	1-2-3-4-5
		- couverture amiante-ciment	1-2-3-4-5
		-couverture métallique	
<b>ELEMENTS SECONDAIRES</b>			
<u>Escaliers</u>		<u>Remplissage extérieurs</u>	
- béton	1-2-3-4-5	- maçonnerie	1-2-3-4-5
- métal	1-2-3-4-5	- béton préfabriqué	1-2-3-4-5
- bois	1-2-3-4-5	- bardages	1-2-3-4-5
		- autres	1-2-3-4-5
<u>Autres éléments intérieurs</u>		<u>Eléments extérieurs</u>	
- plafonds	1-2-3-4-5	- balcons	1-2-3-4-5
-cloisons	1-2-3-4-5	- garde-corps	1-2-3-4-5
-éléments vitrés	1-2-3-4-5	- au vent	1-2-3-4-5
		- acrotères-corniches	1-2-3-4-5
		- cheminées	1-2-3-4-5
		- autres	1-2-3-4-5
<b>INFLUENCE DES CONSTRUCTIONS ADJACENTES</b>			
La construction menace une autre construction			Oui-Non
La construction est menacée par une autre construction			Oui-Non
La construction peut être soutien par une autre construction			Oui-Non
La construction peut être soutenue par une autre construction			Oui-Non
<b>VICTIMES</b>			
Oui- Non- Peu être			
<b>COMMENTAIRES SUR LA NATURE ET LA CAUSE PROBABLE DES DOMMAGES</b>			
	<u>Sens transversal</u>		<u>Sens longitudinal</u>
-symétrie en plan	bon – moyen - mauvais		bon - moyen – mauvais
-régularité en élévation	bon – moyen - mauvais		bon - moyen – mauvais
-redondances des files	bon – moyen - mauvais		bon - moyen – mauvais
<b>AUTRES COMMENTAIRES</b>			
<b>EVALUATION FINALE</b>			
<u>Niveau général des dommages</u>			<u>Couleur à utiliser</u>
1- 2 - 3 - 4 - 5			VERT-ORANGE-
ROUGE			

## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

Parmi les cas de la base voici les cas les plus similaires du cas que nous traitons, du plus proche au moins proche.

Recherche de cas similaires

Voici le cas que vous voulez évaluer pour obtenir les cas similaires à ce cas veuillez cliquer sur le bouton: [Rechercher](#)

**CAS A TRAITER :**

ConstructionCalculee	ConstructionControlee	UsageConstruction	TypeStructure	AgeApproximatif	NombreNiveaux	NbreJoinsElevation	NbreJoinsInfr
oui	oui	hotel	Poteau-Poutre	10	13	0	

**CAS TROUVES :**

Similitude	Datee	Secteur	Zone	Adresse	CouleurUtilisee	NiveauDomnige	MesuresPrises
0.82798088	10/11/2003	Issers	SI Mustapha	Chos Couvert	Vert	2	Reparations legeres
0.82021957	10/11/2003	Issers	SI Mustapha	Rue Benzerga	Vert	1	Fonctionnel
0.81786798	10/11/2003	Issers	SI Mustapha	Rue Tabarout	Vert	1	Fonctionnel
0.81431427	10/11/2003	Issers	SI Mustapha	Vieux Village	Vert	1	Fonctionnel
0.77812132	10/11/2003	Issers	SI Mustapha	Rue de la Gare	Vert	1	Fonctionnel
0.77218273	10/11/2003	Issers	SI Mustapha	Vieux Village	Vert	1	Reparations legeres
0.75686146	10/11/2003	Issers	SI Mustapha	Rue benzerga	Orange	1	Reparation
0.76382453	10/11/2003	Issers	SI Mustapha	Rue Benzerga	Vert	1	Fonctionnel
0.74907237	09/11/2003	Chabet	Beni n'tas	Vieux Village	Rouge	3	A evacuer temporairement
0.63706315	11/11/1989	amis		Bloc D.G.E	Vert	2	Ouvrage fonctionnel
0.63197498	11/11/1989			Villa CDT	Vert	2	Necessite des reparations
0.60793855	11/11/1989	amis	centre	Bibliothèque	Vert	2	Fonctionnel

Rechercher

**Figure 3.37 : Test du logiciel Page1**

Le cas le plus proche de celui de l'hôtel mercure a une similitude égale à 0.82. (C'est le premier cas de la liste).

La solution proposée dans ce cas est Vert 2. Si on consulte le bas de la feuille précédente (c'est-à-dire la fiche d'évaluation de l'hôtel Mercure) on remarque que c'est exactement la solution proposée par l'expert lors du séisme du 21 Mai.

Le cas qui suit a aussi une mesure de similarité égale à 0.82 ; la solution proposée est aussi Vert.

## Chapitre3 : Démarche de développement de SEPS

Il en est de même pour les 4 autres cas qui suivent, où l'on trouve deux mesures de similarités égales à 0.81 et deux autres égales à 0.77. De ce fait, pour les six cas les plus proches de celui étudié (hôtel Mercure) les solutions proposées sont « Vert ». Cela laisse supposer sans aucune ambiguïté, que la solution pour ce nouveau cas est aussi Vert.

Voici le cas que vous voulez évaluer pour obtenir les cas similaires à ce cas veuillez cliquer sur le bouton: [Raccourci](#)

**CAS A TRAITER :**

ConstructionCubee	ConstructionControlee	UsageConstruction	TypeStructure	AgeApproximatif	NombreNiveaux	NbreJoinsElevation	NbreJoinsInfra
Oui	Oui	hotel	Poteau-Poutre		10	13	0

**CAS TROUVES :**

Similitude	Datee	Secteur	Zone	Adresse	CouleurUtilisee	NiveauDomage	MesuresPrises
0.60289756	11/11/1989	amia	centre	Bibliothèque	Vert	2	Fonctionnel
0.59222672	11/11/1989	amia	centre	Bloc 300	Vert	2	Repiatrage et coiffage
0.58134543					Vert	1	
0.56429172	11/11/1989	amia	centre	Bloc 200 (CHERCHELL)	Orange	3	A evacuer temporairement
0.55779309					Vert	1	
0.54915918	11/11/1989	amia	centre	Bloc 600	Vert	2	Necessite quelques rep
0.54428843	11/11/1989	amia	centre	M.E.S Officers	Orange	3	Plafonds de la veranda
0.54043606	11/11/1989			Hotel etat major	Vert	2	Fonctionnel
0.50744222	11/11/1989	amia	centre	Academie militaire HERC	Orange	3	A evacuer(Salles de cou
0.50443691	11/11/1989	amia	centre	Bloc 200	Orange	3	A evacuer(Fissures impe
0.48206611	11/11/1989	amia	centre	station lavage	Rouge	5	Demolition
0.41731727	04/05/2003	sud	ouest	Regala	Orange	4	Demolition

Figure 3.38 : Test du Logiciel Page2

On a testé également ce système pour l'évaluation de 40 constructions (cas), diverses, choisies des séismes précédents (Chenoua, Chlef et Boumerdes), pour établir un pourcentage de fiabilité des résultats donnés par le système.

Le même travail a été fait pour les autres 40 fiches saisies. Les résultats sont assez favorables, une marge d'erreur égale à 15% a été établit, c'est-à-dire que sur 40 fiches, 34 correspondent exactement à l'évaluation apportée par l'ingénieur chargé de l'expertise, soit un pourcentage de 85% de réussite.

### **Résultats et interprétation du test :**

Suite aux résultats établis par le test, nous avons constaté que le résultat est assez satisfaisant. Ce qui prouve la fiabilité du système.

Nous avons présenté ces résultats aux responsables du CTC, qui ont été très motivés par ce que peut apporté ce système au jeune ingénieur en parasismique, et qui n'ont pas une grande expérience du domaine.

## **7. Conclusion**

Nous avons présenté, au cours de ce chapitre, la mise en œuvre d'un système de raisonnement basé sur les cas pour l'évaluation des dommages post-sismiques des constructions, pour cela on a choisi le formalisme de modélisation UML dans une approche orientée objet .

Nous avons commencé la démarche de développement par l'identification des différents besoins de l'utilisateur face au problème d'évaluation des bâtiments endommagés, puis à la conception du système.

Aussi nous avons élaboré la partie implémentation de notre projet, en donnant un exemple sur l'évaluation, la modification, la suppression et l'ajout d'un cas dans la base. Enfin la partie test du logiciel, nous a permit de donner un pourcentage quant à la fiabilité du système.

## Conclusions et perspectives

---

Dans notre projet, nous vérifions que la réutilisation des cas enregistrés au niveau du CTC, par l'utilisation d'un processus de raisonnement à base de cas structurel est efficace pour aider les ingénieurs en parasismique dans leur évaluation.

Le raisonnement basé sur les cas s'appuie sur des solutions de cas rencontrés pour résoudre de nouveaux problèmes. Il exploite une mémoire des cas passés dans un cycle de raisonnement comportant les étapes principales suivantes : la remémoration d'un cas jugé similaire à un nouveau cas, la réutilisation de la solution du cas remémoré, la révision et la mémorisation du nouveau cas pour une réutilisation ultérieure éventuelle.

Cependant dans le cadre de SEPS, certaines modifications ont été opérées sur le principe du raisonnement à base de cas. Ces modifications consistent en :

- La phase d'adaptation par modification de la solution qui existe dans certains systèmes de RBC, n'existe pas dans SEPS, compte tenu de la complexité de sa réalisation.
- La phase de révision n'est pas élaborée dans SEPS, car cette dernière consiste à tester si les techniques de réparation et de renforcement proposées par l'expert sont efficaces. Or ceci prendrait un temps considérable, des mois, voire des années avant de pouvoir donner une réponse définitive.

### Proposition d'améliorations

De nombreuses améliorations sont bien sûr possibles.

Une amélioration qui faciliterait le dialogue avec l'utilisateur consiste de lui présenter des photos montrant les différents types de dommage et les mesures à prendre.

Un autre axe de développement du système consiste à implémenter l'accès à distance, en veillant bien sûr à la sécurité des données. Les différents utilisateurs avec des droits d'accès prédéfinis peuvent à partir de leur lieu de travail pénétrer la base de données et extraire les informations qu'ils recherchent. Cela peut être mené en fixant deux objectifs principaux : offrir un environnement capable de gérer la masse importante d'informations et permettre un accès aux données via Internet. Le Web apporte la puissance et la convivialité de la navigation hypertexte pour accéder aux données. Les bases de cas peuvent être consultées, modifiées via le Web pour les différents acteurs en fonction de leurs droits sur le système.

Un volet important de nos perspectives est une ouverture vers l'ajout d'une notion qui n'a pas été traitée, soit la notion **d'oubli**. En effet, il est essentiel de reprendre la base des cas régulièrement afin de l'épurer. Par exemple, nous pouvons nous demander si des cas vieux de plusieurs années sont non seulement d'actualité, mais aussi apportent une information ou une connaissance marginale suffisante. Si la réponse est non, il est important de définir un âge limite des données et de procéder à leur élimination.

Enfin toute autre proposition a la quelle nous n'avons pas pensé et qui serait apte à fournir des éléments de réponse et une aide conséquente pour l'évaluation des dommages post-sismique serait des plus appréciée.

---

# ANNEXES

---

## Conclusions et perspectives

---

Dans la mise en œuvre de notre système d'évaluation des dommages post-sismiques, les principales difficultés, que nous avons rencontré concernent d'une part le choix de la fonction de similarité, car cette dernière conditionne les résultats obtenus par le système. En fait puisque certains attributs d'un cas sont plus important que d'autres, l'utilisation d'une fonction pondérée s'est avérée nécessaire, ainsi notre choix c'est arrêté sur la méthode du plus proche voisin.

D'autre part la deuxième difficulté, résidait dans la détermination des poids correspondants aux différents attributs de la fiche. Pour cela nous avons élaboré un sondage, auprès des experts du CTC pour classifier ces attributs selon leurs importances.

Dans notre application, nous avons donné à l'expert, la possibilité de modifier les coefficients de pondération des différents attributs, car certains attributs du cas sont plus significatifs que d'autres dans l'évaluation du dommage.

D'une manière générale, notre système SEPS, acronyme de Système d'Evaluation Post Sismique des constructions permet de :

- Suggérer des mesures à prendre.
- Aider les nouveaux ingénieurs experts à situer la sévérité de l'endommagement.
- Stocker les connaissances dans la base des cas dans le but de leur réutilisation en cas de nouveau séisme.
- Aider à former des ingénieurs en évaluation post-sismiques
- Ce système peut être utilisé à la fois comme source de connaissance et comme simulateur.

Enfin, il est à souligner que les responsables et cadres du CTC de Chlef et Boumerdes que nous avons contacté ont été motivés par notre travail et ont jugé que ce système leur serait d'une grande aide.



## Annexe A : La fiche d'évaluation des dommages

FICHE D'EVALUATION DES DOMMAGES		
SEISME DE TARNANA DU 28-05-2003		
Code Inspecteur :	ZETROUKI	
Date :		
IDENTIFICATION DE LA CONSTRUCTION		
Secteur :	Zone :	Construction calculée au séisme : Oui - Non
Adresse ou éléments d'identification :		Construction contrôlée : Oui - Non
USAGE DE LA CONSTRUCTION (*)		
Logement	Scolaire	Commercial
Administratif	Hospitalier	Industriel
Socio-culturel	Sportif	Réservoir d'eau
Autres (à préciser) : .....		
DESCRIPTION SOMMAIRE		
Age approximatif :	Vide sanitaire : Oui - Non (*)	
Nombre de niveaux :	Sous-sol : Oui - Non (*)	
Nombre de joints de dilatation :	Eléments extérieurs indépendants (escaliers, auvent, passage couvert...)	
- en élévation :	.....	
- Infrastructure :	.....	
PROBLEME DE SOL AUTOUR DE LA CONSTRUCTION (*)		
Raille : Oui - Non	- Affaissement - soulèvement : Oui - Non	
Liquéfaction : Oui - Non	- Glissement : Oui - Non	
FONDATIONS - INFRASTRUCTURE (*)		
Fondations :	Infrastructure (dans le cas VS ou S/Sol)	
- type de fondation :	- voiles béton continu : 1-2-3-4-5	
- type de dommages :	- poteaux béton avec remplissage : 1-2-3-4-5	
- tassement uniforme : Oui - Non		
- Glissement : Oui - Non		
- Basculement : Oui - Non		
STRUCTURE RESISTANTE (*)		
Eléments porteurs (charges verticales)		Eléments de contreventement
- murs en maçonnerie : 1-2-3-4-5		- murs en maçonnerie : 1-2-3-4-5
- Voiles béton : 1-2-3-4-5		- voiles béton : 1-2-3-4-5
- poteaux béton : 1-2-3-4-5		- portiques béton armé : 1-2-3-4-5
- poteaux métalliques : 1-2-3-4-5		- portiques métalliques : 1-2-3-4-5
- poteaux bois : 1-2-3-4-5		- poutres triangulées : 1-2-3-4-5
- autres : 1-2-3-4-5		- autres : 1-2-3-4-5
Planchers - Toiture terrasse		Toiture inclinée
- béton armé : 1-2-3-4-5		- charpente métallique : 1-2-3-4-5
- solives métalliques : 1-2-3-4-5		- Charpente bois : 1-2-3-4-5
- solives bois : 1-2-3-4-5		- Couverture tuile : 1-2-3-4-5
		- Couverture amiante ciment : 1-2-3-4-5
		- Couverture métallique : 1-2-3-4-5
(*) entourer la mention utile, dans le cas de numéros : un ou plusieurs numéros peuvent être entourés		

Annexe A : La fiche d'évaluation des dommages

ELEMENTS SECONDAIRES

<u>Escaliers</u>		<u>Remplissages extérieurs</u>	
- Béton	: 1-2-3-4-5	- maçonnerie	: 1-2-3-4-5
- métal	: 1-2-3-4-5	- béton préfabriqué	: 1-2-3-4-5
- bois	: 1-2-3-4-5	- bardages	: 1-2-3-4-5
		- autres	: 1-2-3-4-5
<u>Autres éléments intérieurs</u>		<u>Éléments extérieurs</u>	
- plafonds	: 1-2-3-4-5	- balcons	: 1-2-3-4-5
- cloisons	: 1-2-3-4-5	- garde-corps	: 1-2-3-4-5
- éléments vitrés	: 1-2-3-4-5	- auvents	: 1-2-3-4-5
		- acrotères-corniches	: 1-2-3-4-5
		- cheminées	: 1-2-3-4-5
		- autres	: 1-2-3-4-5

INFLUENCE DES CONSTRUCTIONS ADJACENTES (\*)

La construction menace une autre construction	: OUI - NON
La construction est menacée par une autre construction	: OUI - NON
La construction peut être un soutien pour une autre construction	: OUI - NON
La construction peut être soutenue par une autre construction	: OUI - NON

VICTIMES (\*)

Oui - Non - Peut-être - Si oui combien ? .....

COMMENTAIRES SUR LA NATURE ET LA CAUSE PROBABLE DES DOMMAGES

	<u>Sens transversal (*)</u>	<u>Sens longitudinal (*)</u>
- symétrie en plan	: bon - moyen - mauvais	bon - moyen - mauvais
- régularité en élévation	: bon - moyen - mauvais	bon - moyen - mauvais
- redondances des files	: bon - moyen - mauvais	bon - moyen - mauvais

AUTRES COMMENTAIRES :

EVALUATION FINALE (\*)

Voau général des dommages

1 - 2 - 3 - 4 - 5

Couleur à utiliser

VERT - ORANGE - ROUGE

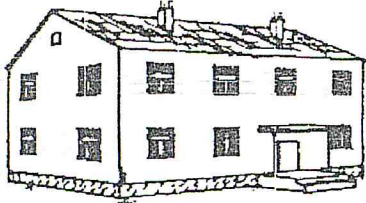
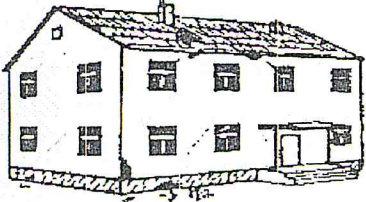
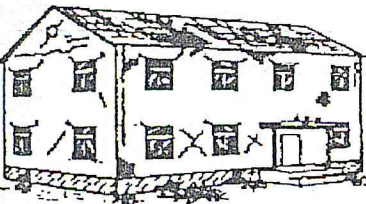
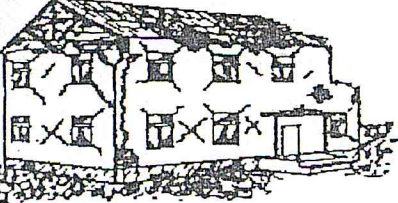

MESURES IMMEDIATES A PRENDRE :

## Annexe B : Le manuel d'estimation des dégâts

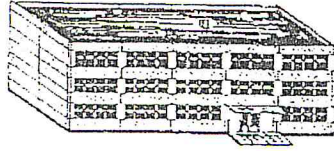
Manuel l'évaluation des dégâts mis a jour en 2001 par la commission du centre Européen de géodynamique et de sismologie.

### Classification des dégâts

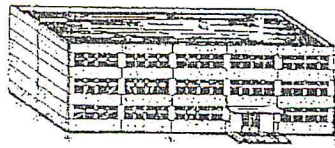
Remarque: la manière dont un bâtiment se déforme sous la charge d'un tremblement de terre dépend de sa nature. Pour une classification grossière, on peut regrouper les bâtiments en maçonnerie ainsi que les bâtiments en béton armé.

Classification des dégâts aux bâtiments en maçonnerie	
	<b>Degré 1: Dégâts négligeables à légers</b> (aucun dégât structural, légers dégâts non structuraux) Fissures capillaires dans très peu de murs. Chute de petits débris de plâtre uniquement. Dans de rares cas, chute de pierres descellées provenant des parties supérieures des bâtiments.
	<b>Degré 2: Dégâts modérés</b> (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés) Fissures dans de nombreux murs. Chutes de grands morceaux de plâtre. Effondrement partiel des cheminées.
	<b>Degré 3: Dégâts sensibles à importants</b> (dégâts structuraux modérés, dégâts non structuraux importants) Fissures importantes dans la plupart des murs. Les tuiles des toits se détachent. Fractures des cheminées à la jonction avec le toit; défaillance d'éléments non structuraux séparés (cloisons, murs pignons).
	<b>Degré 4: Dégâts très importants</b> (dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants) Défaillance sérieuse des murs; défaillance structurale partielle des toits et des planchers.
	<b>Degré 5: Destruction</b> (dégâts structuraux très importants) Effondrement total ou presque total.

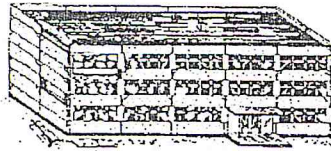
Classification des dégâts aux bâtiments en béton armé



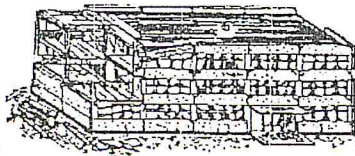
**Degré 1: Dégâts négligeables à légers**  
(aucun dégât structural, légers dégâts non structuraux)  
Fissures fines dans le plâtre sur les parties de l'ossature ou sur les murs à la base.  
Fissures fines dans les cloisons et les remplissages.



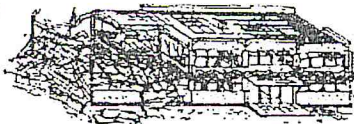
**Degré 2: Dégâts modérés**  
(dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés)  
Fissures dans les structures de types poteaux-poutres et dans structures avec murs.  
Fissures dans les cloisons et les murs de remplissage, chute des revêtements fragiles et du plâtre. Chute du mortier aux jonctions entre les panneaux des murs.



**Degré 3: Dégâts sensibles à importants**  
(dégâts structuraux modérés, dégâts non structuraux importants)  
Fissures dans les poteaux et dans les murs à la base de l'ossature et aux extrémités des poteaux des murs avec des ouvertures, feuillage du revêtement de béton, flambement des barres d'armature longitudinale.  
Fissures importantes dans les cloisons et les murs de remplissage, défaillance de certains panneaux de remplissage.



**Degré 4: Dégâts très importants**  
(dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants)  
Fissures importantes dans les éléments structuraux avec défaillance en compression du béton et rupture des barres à haute adhérence; perte de l'adhérence barres-béton; basculement des poteaux; Écroulement de quelques poteaux ou d'un étage supérieur.



**Degré 5: Destruction**  
(dégâts structuraux très importants)  
Effondrement total du rez-de-chaussée ou de parties de bâtiments.

Ministère des Etudes Supérieures et de la Recherche Scientifique  
Université de Blida

Nom : .....
Prénom : .....
CTC : .....
Avoir déjà participer au séisme de : .....

Sondage technique sur l'évaluation des dommages  
lors d'un séisme

*Dans le cadre de la préparation de notre mémoire de fin d'étude, c'est avec un grand honneur que nous avons le plaisir de vous faire contribuer a ce sondage, dont le but est de pouvoir bénéficier de votre grande expérience et ainsi acquérir des résultats permettant de tirer un coefficient qui rendra ce travail de recherche le plus proche possible de la réalité, dans l'espoir qu'un jour il pourra être à votre disposition et à votre service.*

*\* Suivant votre expérience et votre jugement, Veuillez donner **une note** dans les colonnes vides allant de (1 à 10) aux critères d'évaluation des dommages post-sismique suivant leurs importances.*

IDENTIFICATION DE LA CONSTRUCTION					
Construction Calculée					
Construction Contrôlée					
USAGE DE LA CONSTRUCTION					
Logement		Scolaire		Commercial	
Administration		Hospitalier		Industriel	
Socio- Culturel		Sportif		Réservoir d'eau	
Autre					

DESCRIPTION SOMMAIRE				
Age approximatif				Vide sanitaire
Nombre de niveaux				Sous sol
Nombre de joints de En élévation		Nombre de joints de Infrastructure		Eléments extérieurs : indépendant (escaliers, au vent, passage couvert)
TYPE DE STRUCTURE				
Poteau- poutre				
Mixte				
Voile				
Maçonnerie non chaînée				
Maçonnerie chaînée				
PROBLEME AUTOUR DE LA CONSTRUCTION				
Faïlle		Affaissement- Soulèvement		Glissement
Liquéfaction				
FONDATIONS – INFRASTRUCTURES				
<b>Type de fondation</b>		Glissement		Voile béton continu
Radier				
Semelles isolées				
Semelles filantes				
Pieux				
Autre				
Tassement uniforme				
STRUCTURES RESISTANTES				
<b>Eléments porteurs (charges verticales)</b>		<b>Elément de contreventement</b>		
Murs en maçonnerie		Murs en maçonnerie		
Voiles béton		Voiles béton		
Poteaux béton		Portiques béton armé		
Poteaux métalliques		Portiques métalliques		
Poteaux bois		Palées triangulaires		
Autres		Autres		
<b>Planchers – Toitures terrasse</b>		<b>Toitures inclinées</b>		
Béton armé		Charpente métallique		
Solives métalliques		Couverture amiante ciment		

Solive Bois		Couverture métallique	
		Charpente bois	
		Couverture tuile	
<b>ELEMENTS SECONDAIRES</b>			
<b>Escaliers</b>		<b>Remplissage extérieur</b>	
Béton		Maçonnerie	
Métal		Béton préfabriqué	
Bois		Bardages	
		Autres	
<b>Autres éléments intérieurs</b>		<b>Eléments extérieurs</b>	
Plafonds		Balcon	
Cloisons		Garde corps	
Eléments vitrés		Auvent	
		Acrotère – Corniches	
		Cheminées	
		Autres	
<b>VICTIMES</b>			
<b>INFLUENCE DES CONSTRUCTIONS ADJACENTES</b>			
- La construction menace une autre construction.			
- La construction est menacée par une autre construction.			
- La construction peut être un soutien pour une autre construction.			
- La construction peut être soutenue par une autre construction.			
<b>COMMENTAIRE SUR LA NATURE ET LA CAUSE DES DOMMAGES</b>			
<b>Sens transversal</b>		<b>Sens longitudinal</b>	
Symétrie en plan		Symétrie en plan	
Régularité en élévation		Régularité en élévation	
Redondance des files		Redondance des files	
<b>EVALUATION FINALE</b>			
Mesures Prises			
Niveau des dommages			
Couleur Utilisée			

*Sur ceux, nous vous prions d'agréer, Monsieur toute notre gratitude et nos remerciements les plus chaleureux avec l'expression de nos sincères salutations les plus distinguées.*

*M<sup>elle</sup> Djillali Asma*  
*M<sup>elle</sup> : Kouache Souad*

## 1. Introduction :

UML (Unified Modeling Language), ou bien 'langage de modélisation unifié est une notation permettant de modéliser un problème de façon standard. Ce langage est né de la fusion de plusieurs méthodes existant auparavant, et est devenu désormais la référence en terme de modélisation objet.

A partir de 1997, UML est devenue une norme de l'OMG (Object Management Group), ce qui lui a permis de s'imposer en tant que langage de modélisation pour les méthodes objet et être reconnue et utilisée par de nombreuses entreprises.

## 2. Concepts et notations

Nous décrivons dans cette partie les concepts de base du langage UML. Ce dernier est l'acronyme de « Unified Modeling Language », il représente l'état de l'art des langages de modélisation objets.

UML s'appuie sur des concepts, des relations et des diagrammes :

- Des concepts (structurels, comportementaux, annotationnels, groupements).
- Des relations (association, généralisation, agrégations, compositions...etc.).
- Des diagrammes (statiques et dynamiques).

### 2.1. Les concepts

UML supporte quatre types de concepts : [3]

- Les concepts structurels : représentés par les classes, les interfaces, les collaborations...
- Les concepts comportementaux : représentés par les interactions et les états des objets.
- Les concepts annotationnels : représentés par les notes. Une note est un commentaire attaché à un ou plusieurs éléments de modélisation [12].



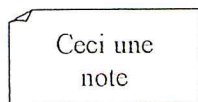


Figure D.1.Représentation d'une note

- Les concepts de groupement : représentés par les sous-systèmes et les paquets.

**Les paquets** : Le concept de paquetage unifié les concepts de catégorie et de sous système [15] cas d'utilisation, classes, objets, modules ou composant. L'importation permet aux éléments d'un paquetage d'accéder aux éléments d'un autre paquetage. Cette relation est à sens unique et est représentée par une relation de dépendance associée à un stéréotype « import ». L'accès d'un paquetage à un autre paquetage est présenté par le stéréotype « accède ».

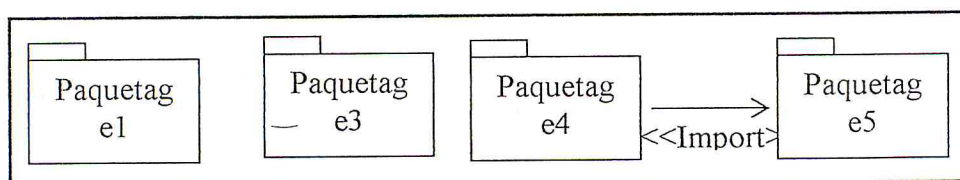


Figure D.2.Représentation graphique d'un paquetage

## 2.2. Les relations

Elles permettent de relier les concepts entre eux. On distingue quatre types de relations, les associations, les généralisations, les agrégations, les compositions ...etc. [3]

### 2.2.1. L'association

Relation structurelle précisant que les objets d'un élément sont reliés aux objets d'un autre élément.

### 2.2.2. La généralisation

Relation entre un élément général et un élément dérivé de celui-ci, mais plus spécifique (désigné par sous-élément ou élément fils).

Le plus souvent, la relation de généralisation est utilisée pour représenter une relation d'héritage.

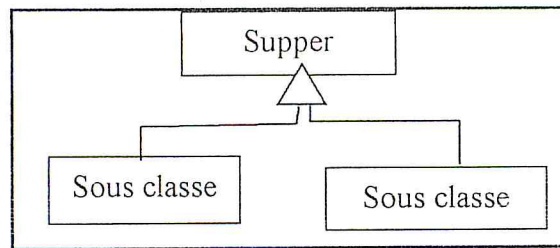


Figure D.3 : Représentation graphique d'une généralisation

### 2.2.3. L'agrégation

Représente une association non symétrique dans laquelle une extrémité joue un rôle prédominant par rapport à l'autre extrémité [12].

### 2.2.4. La composition

Relation d'agrégation mettant en avant une notion de propriété forte et de coïncidence des cycles de vie. Les parties sont créées et détruites en même temps que le tout [3]. Elle est distinguée par un losange plein.

## 2.3. Les diagrammes d'UML

UML définit neuf types de diagrammes qui sont présentés dans l'extrait du méta modèle suivant :

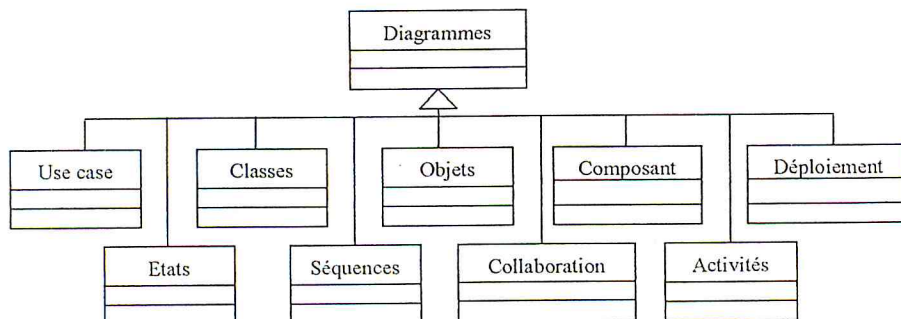


Figure D.4 : Les diagrammes d'UML

L'une des caractéristiques principales d'UML, est qu'il permet de représenter un système selon différentes vues complémentaires par neuf types de diagrammes :

- **Les diagramme d'activités** : ils représentent le comportement d'une méthode ou d'un cas d'utilisation.
- **Les diagrammes de cas d'utilisations** : ils représentent les fonctions du systèmes du point de vues des utilisateurs.
- **Les diagrammes de classes** : ils représentent la structure statique en terme de classes et de relations.
- **Les diagrammes de collaboration et de séquence** : ils présentent les objets et leurs interactions. Les diagrammes de séquences mettent l'accent sur le classement chronologique des interactions, alors que les diagrammes de collaboration mettent l'accent sur l'organisation structurelle des objets qui interagissent.
- **Les diagrammes de composants** : ils représentent les composants physiques d'une application.
- **Les diagrammes de déploiements** : ils représentent des composants sur les dispositifs matériel.
- **Les diagrammes d'états- transitions** : ils représentent le comportement des objets d'une classe en terme d'états.
- **Les diagrammes d'objets** : ils représentent les objets et leurs liens ils correspondent a des diagrammes de collaboration simplifiés, sans représentation des envois de messages.

Dans le paragraphe suivant nous essayerons de donner les principales caractéristiques de chaque diagramme :

### 2.3.1. Diagramme de cas d'utilisation :

Un diagramme de cas d'utilisation permet de décrire les interactions entre les acteurs de l'organisation et le système dans chacun des cas d'utilisation envisagés. Il décrit le comportement d'un système au point de vue de l'utilisateur et fixe les limites du système et les relations entre le système et l'environnement [12].

Les divers cas d'utilisation du système vont être présentés dans les diagrammes de cas d'utilisation. Les cas d'utilisation peuvent être liés les uns aux autres par trois types de relations.

➤ La relation d'utilisation : lorsque une ou plusieurs tâches sont utilisées régulièrement, on peut les factoriser dans un même use case et faire de telle sorte que d'autres use cases l'utilisent en le pointant par une flèche [8].

Cet use case est en fait une sous partie de chaque use case qui l'utilise. Ce qui permet de décomposer un use case complexe en plusieurs uses cases.

➤ La relation d'inclusion : le cas d'utilisation source comprend également le comportement de son cas d'utilisation destination. Cette relation a un caractère obligatoire (à la différence de la généralisation) et permet ainsi de décomposer des comportements partageables entre plusieurs cas d'utilisation différents [8].

➤ La relation d'extension : le cas d'utilisation source ajoute son comportement au cas d'utilisation destination. L'extension peut-être soumise à condition. Cette relation permet de modéliser des variantes de comportement d'un cas d'utilisation [8].

### 2.3.2. Diagramme de classes

Les diagrammes de classes montre la structure du système et les éléments des classes tels que: les classes, les relations d'héritages entre classes, les associations, dont les agrégations, les attributs, les opérations et la spécification d'opérations et contraintes au niveau des entités [8].

### 2.3.3. Diagramme des activités

Ce diagramme permet de décrire le déroulement d'un cas d'utilisation particulier. Il est possible de décrire les acteurs responsables de chaque activités par l'utilisation des «couloirs d'activités» qui permettent de répartir graphiquement les différentes activités entre les acteurs opérationnels [13]. Chaque activité est placée dans le «couloir» correspondant à l'acteur qui assume cette activité.

### 2.3.4. Diagrammes de composants :

Composant : élément physique qui représente une partie implémentée d'un système. Il peut être du code, un script, un fichier de commandes, etc. les composants présentent un ensemble d'interfaces [3].

Les diagrammes de composants permettent de décrire l'architecture physique et statique d'une application en terme de modules : fichiers sources, librairie, exécutables etc. [13]. Ils décrivent les éléments physiques et leurs relations dans l'environnement de réalisation, ils montrent les choix de réalisation [12].

Les composants du systèmes : le sous système, le module, le programme et le sous programme, le processus et la tâche.

➤ *Module* : un système peut être décomposé en modules, chaque module correspond à un ensemble d'éléments physiques (fichiers, bibliothèques, sous ensembles de logiciel.) [8]. La figure suivante donne le formalisme d'un module.

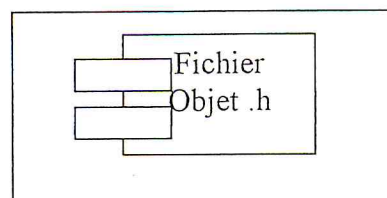


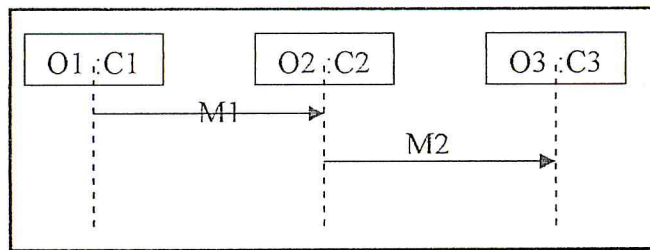
Figure D.5 : Représentation d'un composant (fichier)

**2.3.5. Diagramme de séquences :**

Les diagrammes de séquences permettent de représenter les interactions entre objets en précisant la chronologie des échanges de messages. Ils peuvent être utilisés pour représenter les scénarios d'un cas d'utilisation donné [8].

➤ *Interactions*: modélisent un comportement dynamique entre objets [12]. Elles se traduisent par l'envoi de messages entre objets. Un diagramme de séquence représente une interaction entre objets, en insistant sur la chronologie des envois de messages [3].

➤ *Les messages* : Les messages échangés sont représentés au moyen de flèches horizontales partant de l'émetteur vers le récepteur. L'ordre de l'envoi est donné par la position sur l'axe vertical [15].



**Figure D.6 : Agencement de messages**

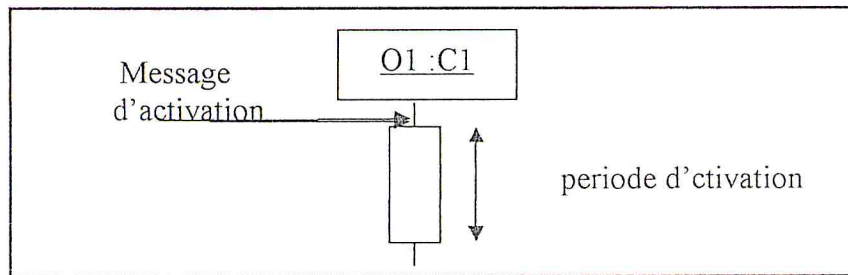
Le diagramme de séquence distingue 4 types de messages prédéfinis qui sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau D.1 : Les différents types de messages**

Type de message	La signification
	Message simple, exemple : à une passation de contrôle en mono tâche.
	Message asynchrone, pas de réponse attendue par l'émetteur.
	Message synchrone, réponse nécessaire du destinataire
	Message déroband, le destinataire doit être à l'écoute

➤ *Période d'activation*

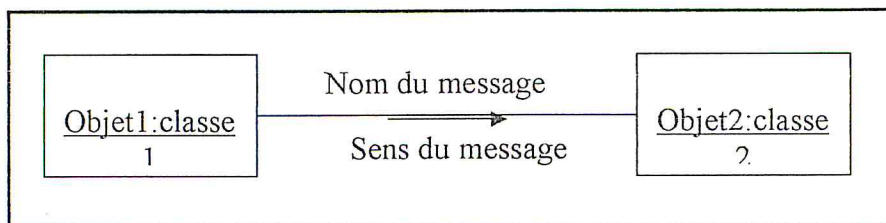
Correspond au temps pendant lequel un objet effectue une action, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un autre objet.



**Figure D.7 : Activation d'un objet de manière simple.**

**2.3.6. Diagrammes de collaboration**

Les Diagrammes de collaboration montrent des interactions entre les objets et les acteurs. Ils permettent de représenter le contexte d'une interaction, car on peut y préciser les états des objets qui interagissent et peuvent être utilisés pour identifier les principaux objets [8]. La figure suivante présente le formalisme de base d'un diagramme de collaboration : un échange de message entre deux objets.



**Figure D.8 : Formalisme de base du diagramme de collaboration**

**2.3.7. Diagramme d'état-transition :**

Un diagramme d'état-transition est un graphe constitué de nœuds représentant des états ainsi que des flèches représentant des transitions, portant des paramètres et des noms d'événements [15]. Les diagrammes d'états permettent de définir le comportement d'un objet particulier vis-à-vis des sollicitations internes ou externes auxquelles il peut être soumis [8].

### **2.3.8 .Diagramme d'objets :**

Ce type de diagramme UML montre des objets (instances de classes dans un état particulier) et des liens entre ces objets.

Les diagrammes d'objets s'utilisent principalement pour montre un contexte, par exemple avant ou après une interaction, mais également pour faciliter la compréhension des structures de données complexes, comme les structures récursives [12].

### **2.3.9. Diagramme de déploiements :**

Les diagrammes de déploiement montrent la disposition physique des matériels qui composent le système et la répartition des composants sur ces matériels. Ils peuvent monter des classes de nœuds ou des instances de nœuds [12].

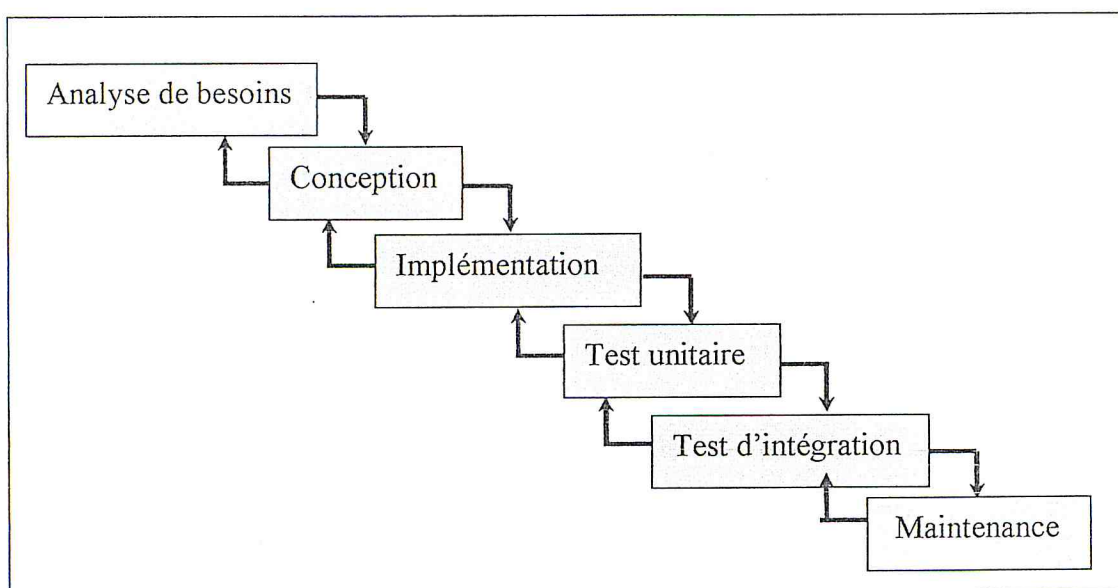
Un diagramme de déploiement permet également de représenter les relations entre différents nœuds.



### 1. Introduction

Ce modèle est décrit par Royce en 1970, qui a été largement employé depuis, pour la description générale des activités liées au logiciel [12].

Le modèle «en cascade» présente un cycle de vie d'un logiciel par une suite de phases ou d'étapes (analyse, conception, implémentation, test et validation) (Figure E.1) qui s'enchaînent dans un déroulement linéaire depuis l'analyse des besoins jusqu'à la maintenance [12]. Les résultats de chaque étape sont testés, et on ne passe à l'étape suivante que s'ils sont validés.



**Figure E.1 : Le modèle de développement en cascade plus détaillé.**

#### a. Analyse et définition des besoins

Les fonctionnalités du système et les contraintes sont établies en consultant les usagers (utilisateurs), elles doivent être définies d'une façon compréhensible ce dernier et par l'équipe du développement.

### **b. Spécification et conception**

En partant de l'analyse des besoins, on représente les diverses fonctions du système d'une manière permettant d'obtenir un ou plusieurs programmes réalisant ces fonctions.

### **c. Réalisation et test unitaire**

On réalise un ensemble d'unités de programmes en langage exécutable. Les tests unitaires permettent de vérifier que ces unités répondent à leurs spécifications.

### **d. Test du système**

On intègre les unités du programme et on réalise des tests globaux pour être sûr que les besoins ont été satisfaits, le système est alors livré au client.

### **e. Exploitation et maintenance**

C'est la plus longue étape, elle consiste à :

- Corriger les erreurs qui n'ont pas été découvertes lors des étapes précédentes.
- Améliorer la réalisation des unités du système, et augmenter ses fonctionnalités au fur et à mesure que de nouveaux besoins apparaissent.

## Références

---

- [1] Afouba Marietta, « Le raisonnement à partir de cas : définitions et principes de fonctionnement », 2004.  
<http://www-ext.cert.fr/dcsd/THESES/lesire/IA/cbr03.pdf>
- [2] Alain Mille, Raisonnement à partir de cas, 2001.
- [3] Beauboucher, « ANAIS : Raisonnement à partir de cas en résolution de problèmes », Thèse en Informatique pour obtenir le titre de Docteur de l'Université de Paris VI, juin 1994.
- [4] Bernardi, Méthode d'analyse orienté objet UML, DUNOD, 2002.
- [5] Bouarfa H, « Conception d'une mémoire d'entreprise virtuelle pour l'évaluation post-sismique », Thèse de Doctorat d'Etat, Institut National d'Informatique (INI), Novembre 2004.
- [6] Bres, ateliers de génie logiciel, Masson, 1993.
- [7] Diday Edwin, Jacques Lemaire, Jean Pouget, and Françoise Testu. « éléments d'analyse de données », DUNOD ,1982.
- [8] Joseph Gabay, Merise vers OMT et UML, Masson 1998.
- [9] Lefebure René, Data mining : Gestion de la relation client, personnalisation de web, EYROLLES, deuxième édition 2001
- [10] Luc Lamontagne , « Une approche CBR textuel de réponse au courrier électronique », Thèse en Informatique en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D.) en informatique, Université de Montréal, 2004.
- [11] Malek M. « Un modèle hybride de mémoire pour le raisonnement à partir de cas », Thèse de l'Université Joseph Fourier, Grenoble, 1996.

- [12] Muller, « modélisation objet avec UML », EYROLLES, 1997
- [13] Muller, « modélisation objet avec UML », EYROLLES, 2001.
- [14] Muller, « *modélisation objet avec UML* », EYROLLES, 2002.
  
- [15] Rémy Fannader, Hervé Lerroux, UML principes de modélisation, DUNOD, 2000.
- [16] Smail Malika, « raisonnement à base de cas pour recherche évolutive d'information, Prototype Cabri-n. vers la définition d'un cadre d'acquisition de connaissances », Thèse en Informatique pour l'obtention du Doctorat de l'Université Henri Poincaré Nancy I, octobre 1994.
- [17] Somerville, le génie logiciel et ses applications, paris, 1988.
- [18] [http:// www.uml.free.com](http://www.uml.free.com).