

## Résumé

Les contraintes d'intégrité permettent d'assurer la cohérence des bases de données et de renseigner sur leur niveau de qualité. Dans les systèmes d'information géographique, la qualité des données provient également de la qualité de la localisation des objets et de leur niveau de cohérence spatiale.

En plus, dans les applications telles que Spatial Olap, qui manipulent les données stockées dans des entrepôts de données spatiales, la qualité de l'information est liée aussi aux méthodes de navigation dans le cube de données, et autres concepts relatifs aux systèmes SOLAP.

Dans ce mémoire nous cherchons à trouver des solutions pour la gestion des événements dans le réseau routier de la wilaya de Mostaganem. Pour corriger les erreurs d'affichage lors de l'application des opérateurs de navigation dans un entrepôt de données spatiales.

**Mots-clés:** Entrepôt de données spatiales, Contraintes d'intégrité spatiales, SOLAP, OCL, gestion de réseau routier.

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

A

*Mes chers parents*

*En témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les Efforts qu'ils ont faits pour mon éducation ainsi que ma formation.*

A

*Mes chers frères « Zino...laid...Mohamed...islam...Ali»*

A

*Mes chères sœurs «Ibtissam...Aicha...Fatima »*

*Pour leur affection, compréhension et patience*

A

*Mon oncle Abdelkader et ma chère tante Zohra*

A

*Mes chères amies*

*«Aziza...Karima...Fayrouze...Sara.....Soumia...Lamia...Leila...Mohamed...Hebi b...Benfakrat »*

A

*Mes camarades de promo*

*Et tous ceux que j'aime*

BENAOUDA, N.

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la Force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur.

A

Mes chers parents

En témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les efforts qu'ils ont faits pour mon éducation ainsi que ma formation.

A

Mes chers frères « Ahmed.Belkacem »

A

mes chères sœurs « Fouzia...Zahia...Souad.. »

Je vous souhaite plein succès dans votre vie.

A

Mon binôme noria et toute ma famille.

A

Mes chères belles amies

« Fayrouze... hayat...Karima...nadia... »

A

Mes camarades de promo

Tous mes enseignants

Et tous ceux que j'aime

*AMICHE, M.*

## Remerciements

*Tout d'abord, Nous tenons à remercier ALLAH le tout puissant et le miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous tenons à adresser également nos remerciements à notre encadreur M. **ABDALLAH BENSALLOUA** Châref qui a bien voulu mettre ses incomparable savoir et expériences à notre disposition.*

*Nos Vifs remerciements Vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par à leur propositions.*

*Nous gardons une place toute particulière à nos parents, nos frères et nos sœurs qui sont toujours à nos cotés.*

*Nous tenons aussi à remercier du fond du cœur tous ceux qui nous ont offert tout au long de ce projet et pour leur patience.*

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui ont toujours soutenu et encouragé au cours réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes.*

## Table des matières

Résumé.....	i
Dédicaces.....	ii
Dédicaces.....	iii
Remerciements.....	iv
Table des matières.....	v
Liste d'abréviations.....	x
Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Concept de bases</b>	
Introduction.....	3
I. Composante géographique.....	3
I.1. L'information géographique.....	3
I.2. Historique du SIG.....	3
I.3. Les composantes d'un SIG.....	4
I.4. L'utilité des SIG.....	5
II . Entrepôt des données.....	5
II .1.Composantes d'un entrepôt de données (EDD).....	6
II.2. Les phases de construction d'un EDD.....	6
II .3. L'architecture d'un système basé sur l'entrepôt de données.....	7
II .4. OLAP (On Line Analytical Processing).....	8
II .4.1. Définition d'OLAP.....	8
II .4.2. Les 12 règles d'OLAP.....	8
II .4.3. Opérateurs OLAP.....	9
II .4.4. Vocabulaire OLAP.....	10
II.4.5. Architecture d'OLAP.....	10
II .4.6. Différent type de système OLAP.....	11
II .4.7. Différents modèles de la structure multidimensionnelle.....	13
II .4.8. Avantages d'OLAP.....	14

III. EDS et SOLAP.....	15
III .1. Entrepôts de données spatiales.....	15
III .2. Définition de SOLAP .....	15
III .3. L'architecture du système SOLAP .....	15
III .4. Modèle spatio multidimensionnel.....	16
III .4. 1. Fait spatial et mesure spatiale .....	16
III .4.2. Dimensions spatiales et Hiérarchie spatiale .....	16
III .5. Opérateurs SOLAP .....	17
III .6. Solutions SOLAP .....	17
Conclusion .....	19
<b>Chapitre II : étude de cas. Gestion du trafic routier</b>	
Introduction .....	20
I. Etude de cas .....	20
I.1. Présentation de la zone d'étude .....	20
I .2. Travail à réaliser .....	21
I .3. Statistiques des accidents de la route pour l'année 2016 .....	21
II. Structuration de la base de données .....	22
II.1. Modélisation multidimensionnelle pour la gestion Réseau routier.....	22
Conclusion .....	25
<b>Chapitre III : contraintes d'intégrité dans les systèmes SOLAP</b>	
Introduction .....	26
I. Les classifications de contraintes d'intégrité d'EDS.....	26
I. 1. Classification orientée implémentation.....	26
I.1.1. Contraintes ETL.....	26
I.1.2. Contraintes EDS .....	26
I.1.3. Contraintes SOLAP .....	26
I. 2. Classification orientée concepts d'EDS .....	27
I.2.1. Les contraintes intra hyper cube spatial .....	27
I .2.2. Les contraintes inter hyper cubes spatiaux.....	29

I .2.3. Les CI de versionnement.....	29
II. Spécification des CI intra-hyper-cube et inter-hyper-cubes1 .....	30
II .1. Les contraintes sur les membres.....	30
II .2. Les contraintes sur les faits.....	31
III. Implémentation .....	31
III.1. Les CI d'agrégation .....	31
III .2. Les CI sur les requêtes.....	32
Conclusion .....	32
<b>Chapitre IV : Implémentation de la solution SOLAP</b>	
Introduction .....	34
I. La création de la base de données .....	34
I .1. SQL Server.....	34
I .2 . Création de la base de données.....	34
I.3. La création des tables .....	35
I .4. Insertion des enregistrements.....	35
II. Préparation des couches d'information.....	36
III . Création de cube de donnée .....	36
IV. Connexion avec le serveur OLAP et Configuration du service IIS + XMLA .....	39
V. Création de l'interface .....	40
V.1 Eclipse.....	40
V.1.1. Création fichier Map .....	40
V.2 Olap4j.....	41
V.3 L'interface de l'application gestion de réseau routier .....	41
VI. Exploitation de l'application.....	42
VI .1 Les requête MDX .....	42
Conclusion .....	44
Conclusion générale.....	45
Bibliographie .....	46

## Liste des Figures

Figure .1.1. Les composantes du SIG .....	4
Figure .1.2.L'architecture d'une système basé sur l'EDD .....	7
Figure 1.3. Modèle multidimensionnel .....	10
Figure .1.4. Architecture typique d'un système OLAP .....	11
Figure 1.5. Architecture MOLAP .....	12
Figure 1.6. Architecture ROLAP .....	12
Figure 1.7. Architecture HOLAP. ....	12
Figure 1.8. Modélisation en étoile .....	13
Figure 1.9. Modélisation en flocon .....	13
Figure 1.10. Modèle en constellation .....	14
Figure 1.11. L'architecture du système SOLAP .....	15
Figure 1.12.Les trois types de dimensions spatiales supportées par le SOLAP .....	17
Figure .2.1. 1 Réseaux routiers de la wilaya mostaganem .....	20
Figure 2.2.Le SDW profile- le SDW core model package .....	22
Figure 2.3.Le réseaux routiers Hypercube.....	23
Figure 2.4."Incident hypercube " - dimensions et mesures .....	24
Figure 2.5. Diagramme de classes de l'entrepôt de données spatiales .....	25
Figure 3.1.Types d'implémentation des contraintes d'EDS .....	27
Figure 3.2. Classification orientée concepts d'EDS .....	27
Figure 3.3.L'expression spatial OCLde la contrainte 1.....	30
Figure 3.4. L'expression spatial OCL de la contrainte 2 .....	30
Figure 3.5.L'expression spatial OCL de la contrainte 2 . ....	31
Figure 3.6. Expression OCL Nb Morts .....	32
Figure .4. 1. Organigramme de travail .....	34



Figure 4.2.Création d'un nouvel data base.....	35
Figure 4.3.Insertion des enregistrements .....	36
Figure 4.4.Les couche utilisée pour le projet réseau routier.....	36
Figure .4.5. Création de nouveau projet multidimensionnelle .....	37
Figure .4.6. Gestion de connexion .....	37
Figure 4.7. Création de source de données .....	38
Figure 4.8.Modèle multidimensionnel (cube) .....	38
Figure .4.9.Hiérarchie zone géographique.....	39
Figure .4.10. Hiérarchie temps. ....	39
Figure .4.11.Les étapes pour configurer IIS. ....	40
Figure .4.12. Création fichier Map .....	41
Figure 4. 13.Interface de l'application réseau routier.....	41
Figure .4.14.sauvegarder les requêtes .....	42
Figure .4.15.Résultat de la première requête .....	43
Figure .4.16.Résultat de la deuxième requête .....	43
Figure .4.17.Résultat de la troisième requête .....	44

## Liste d'abréviations

AGL : Atelier de généré de logiciel

CI : contrainte d'intégrité.

EDD : entrepôt de données.

EDS : entrepôt de données spatiales.

ETL: extract, transform, load.

JDBC: java database connectivity

HOLAP : Hybrid OLAP.

IIS : service information internet.

IDE : Integrated Développement Environnement

MD: Multidimensionnel.

MDX : Multidimensionnel expression.

MOLAP : Multidimensionnel OLAP.

OCL: Object Constraint Language.

OLAP: on line analytical processing.

ROLAP: Relationnel OLAP.

SDK: Software Development Kit.

SIG : Système d'Information Géographique

SQL : langage de requête structurée (Structured Query Language).

SOLAP : spatiale OLAP.

UML : langage de modélisation unifié.

XML : langage de balisage extensible (Extensible Markup Language).

XMLA: Xtended Markup Language Analysis.

## **Introduction générale**

### **Mise en contexte**

Les données spatiales sont très utiles pour décrire, visualiser, et analyser efficacement les phénomènes réels qui peuvent être localisés sur ou sous la surface de la terre (ex. pays, routes et accidents de la route). Les données spatiales sont de plus en plus nombreuses grâce à l'évolution des outils d'acquisition de données (ex. GPS, images satellitaires et photographies aériennes) et des méthodes de structuration (ex. matriciel et vectoriel) et de représentation (ex. représentations 2D, 3D).

De plus, des innovations importantes ont vu le jour dans le domaine des technologies de l'information, particulièrement dans les domaines des technologies de bases de données et des systèmes d'aide à la décision (SAD). Les SAD sont des systèmes d'information qui permettent aux analystes d'effectuer des analyses complexes. En effet, ces outils fournissent des techniques, des données et des solutions qui aident les usagers à identifier et à résoudre les problèmes liés à la prise de décisions stratégiques.

Les SAD utilisent généralement les entrepôts de données qui permettent l'exploration de données actuelles et historiques à différents niveaux d'agrégation. Les données sont donc stockées dans un entrepôt de données et sont analysées grâce aux opérations OLAP (On Line Analytical Processing). Ces opérations permettent l'interrogation et l'exploration des données. L'interrogation OLAP repose sur le parcours des hiérarchies de dimensions. Ceci permet à un utilisateur de visualiser les mesures à différentes granularités (par exemple un chiffre d'affaire journalier, mensuel, annuel, etc...).

### **Problématique**

Pour une analyse facile et aussi rapide que possible les données doivent être traitées et regroupées dans un seul système. La meilleure approche pour arriver à cette solution est un EDS (Entrepôt de données Spatiales) et SOLAP. Néanmoins, ce type structure de données nécessite des mécanismes de contrôle de l'intégrité à différents niveaux de réflexion que ce soit implémentation ou concepts des entrepôts de données spatiales.

### **Contribution**

Le but de ce travail consiste à développer une solution SOLAP dans le cadre de la gestion des événements du réseau routier dans la wilaya de Mostaganem en utilisant la nouvelle technologie géo-décisionnelle SOLAP. Cette solution est basée sur une modélisation UML de l'entrepôt de données spatiale et la mise en place des contraintes d'intégrité afin d'obtenir une meilleur analyse.

Ce mémoire est divisé en quatre chapitres; le premier résume les concepts principaux des entrepôts de données et de l'analyse multidimensionnelle, ces entrepôts sont modélisés selon le modèle spatio-multidimensionnel qui définit les concepts de mesure spatiale et de dimension spatiale pour prendre en compte la composante spatiale de l'information géographique.

Le second chapitre nous allons présenter le domaine ciblé par notre solution d'aide à la décision, notamment la gestion réseau routier ; ainsi que la zone d'étude de la wilaya de Mostaganem.

Dans le troisième chapitre présente deux classifications de contraintes d'EDS : une classification orientée implémentation et une classification basée sur les concepts fondamentaux d'ED.

Le quatrième chapitre est consacré à décrire les différentes phases de modélisation et de développement de l'application décisionnelle (SOLAP) pour la gestion réseau routier de la wilaya de Mostaganem. Et en fin nous allons terminer avec une conclusion générale.

## Introduction

Les Systèmes d'Aide à la Décision (SAD) sont des systèmes d'information flexibles et interactifs qui aident les décideurs dans l'extraction d'informations utiles pour identifier et résoudre des problèmes et pour prendre des décisions. Cette connaissance est obtenue à partir de données brutes, de connaissances personnelles et de modèles analytiques. Les SAD présentent ces informations, provenant de différentes sources, dans un environnement unique, uniforme et familier à l'utilisateur. Ils combinent, uniformisent et synchronisent les bases de données, les modèles d'analyse et les techniques de visualisation, en permettant de comparer différents résultats et de concevoir et valider des hypothèses. Parmi les systèmes d'aide à la décision, les systèmes d'entrepôts de données sont probablement les plus utilisés dans le monde académique et industriel.

Dans ce chapitre, nous décrivons les concepts principaux des entrepôts de données et de l'analyse multidimensionnelle et présentons les caractéristiques principales de leur modélisation formelle. Ensuite, nous décrivons les architectures des systèmes d'entrepôts de données.

## I. Composante géographique

### I.1. L'information géographique

L'information géographique est la représentation d'un objet ou d'un phénomène réel ou imaginaire, présent, passé ou futur, localisé dans l'espace à un moment donné et quelles qu'en soient la dimension et l'échelle de représentation.

Aujourd'hui, l'Information géographique est de plus en plus représentées, mais aussi gérée, enrichie et mise en forme par l'informatique, via les systèmes d'information géographique et la cartographie dynamique.

### I.2. Historique du SIG

La première application souvent citée de l'analyse spatiale en épidémiologie est l'étude menée avec succès par le docteur John Snow pendant l'épidémie de choléra dans le quartier de Soho à Londres en 1854 : ayant représenté sur un plan la localisation des malades et l'endroit où ils puisaient leur eau, il détermina que c'était l'eau d'un certain puits qui était le foyer de contamination.

Dans les années 1960, les cartes de l'Afrique de l'Est trop nombreuses pour permettre de localiser les meilleurs endroits pour créer de nouvelles implantations forestières font naître l'idée d'utiliser l'informatique pour traiter les données géographiques.

L'usage accru de ces techniques et méthodes dans la science et l'aménagement du territoire et pour le suivi, la gestion et protection de la biodiversité a été permis par l'avancée de l'informatique, et encouragé par la prise de conscience environnementale. Cette évolution des applications a permis de nouvelles approches scientifiques transdisciplinaires et collaboratives. Et ce depuis les années 1970.

Maguire et al. (1991) distinguent trois périodes principales dans l'évolution des SIG :

## Chapitre I : Concept de bases

Fin des années 1950 – milieu des années 1970 : début de l'informatique, premières cartographies automatiques ;

Milieu des années 1970 - début des années 1980 : diffusion des outils de cartographie automatique/SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, services topographiques, ...) ;

Depuis les années 1980 : croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données distribuées, avec depuis les années 1990, des applications sur Internet) et une banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur Internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation d'outils embarqués liés au GPS...), apparition de « logiciels libres » ou d'outils dédiés aux pratiques coopératives, etc.

### ➤ Définition du SIG

**SIG : Système d'Information Géographique**

Un SIG est un outil informatisé capable de créer, transformer, afficher, analyser et stocker de l'information géographique. Il permet d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, en vue notamment de produire des plans et cartes.

Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace.

### I.3. Les composantes d'un SIG

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs (voir figure 1.1) :



Figure .1.1. Les composantes du SIG

#### ✓ Matériel :

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

#### ✓ Logiciels :

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.

## Chapitre I : Concept de bases

---

### ✓ **Données :**

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

### ✓ **Utilisateurs :**

Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence.

Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux quicréent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

### ✓ **Méthodes :**

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

## **I.4. L'utilité des SIG**

Les logiciels liés au SIG permettent, entre autres :

- De stocker sous forme numérique de gros volumes de données géographiques de manière centralisée et durable. Par rapport au papier ou aux microfiches, les supports informatiques actuels (disques durs, CD-ROM, DVD-ROM), assurent une meilleure conservation des données.
- D'afficher et de consulter les données sur l'écran, de superposer plusieurs couches d'information, de rapprocher des informations de différentes natures (topographique, environnementale, sociale, économique), d'effectuer des recherches à partir de certains critères (qualitatifs et/ou quantitatifs) ;
- D'actualiser ou de modifier les données sans avoir à recréer un document.
- D'analyser les données en effectuant par exemple des calculs de surface ou de distance
- D'ajouter ou d'extraire des données, de les transformer pour les mettre à disposition d'un prestataire (géomètre, architecte, gestionnaire de réseau).
- D'éditer des plans et des cartes à la demande et en grand nombre à des coûts peu élevés.

## **II . Entrepôt des données**

*Bill Inmon*, considéré comme étant le père fondateur des entrepôts de données et créateur de la « Corporate Information Factory », première entreprise évoluant dans ce domaine, définit

## Chapitre I : Concept de bases

---

un entrepôt de données comme « ...une collection de données orientées sujet, intégrées, non volatiles, historisées et organisées pour la prise de décision. » [5]

Dans, Inmon précise cette définition :

- **Orientées sujet** : La base est organisée de telle manière que les données afférent aux mêmes évènements ou matières soient liées entre-elles. Ceci afin d'éviter aux données concernées par plusieurs sujets d'être dupliquées.
- **Intégrées** : Les données proviennent généralement de plusieurs départements au sein d'une organisation. Elles sont donc par essence hétérogènes, et il est nécessaire d'effectuer une gestion préalable pour uniformiser leur format et les intégrer à l'entrepôt de données.
- **Non-volatiles** : les données ne sont jamais réécrites ou effacées. Une fois enregistrées, elles sont archivées d'une manière statique, en lecture-seule et sont gardées organisées pour d'éventuelles consultations ultérieures.
- **Historisées** : Les changements sur les données sont journalisés et enregistrés de telle manière que l'on puisse consulter des historiques de changements au cours du temps.

### II .1.Composantes d'un entrepôt de données (EDD)

Une fois les données collectées nettoyées et mises en forme elles doivent être accessibles à l'organisation et elles doivent être aussi stockées de façon à utilisables pour les différents outils d'analyse et de présentation :

- Data-mining,
- analyse multidimensionnelle
- OLAP,
- analyses géographiques,
- requêtes.
- tableaux de bord.

Les outils de regroupement de données sont appelés des entrepôts de données.

### II.2. Les phases de construction d'un EDD

#### a. Acquisition

ETL : Extraction Transformation Chargement. Outil de l'informatique décisionnelle pour l'intégration et la mise à jour de données depuis des sources hétérogènes vers un entrepôt de données.

**Extraction** : collection de données utiles.

**Préparation** : transformation des caractéristiques des données du système opérationnel dans le modèle de l'entrepôt.



**Chargement** : nettoyage (élimination des doublés, incomplètes, règles d'intégrité, etc.)  
Et chargement dans l'entrepôt (trier, résumer, calculs, index).

### b. Stockage

Les données sont chargées dans une base de données pouvant traiter des applications décisionnelles.

### c. Restitution des données

Il existe plusieurs outils de restitution (tableaux de bord, requêtes SQL, analyse multidimensionnelle, data mining ...).

## II .3. L'architecture d'un système basé sur l'entrepôt de données

L'architecture d'un système basé sur l'EDD est composé de : source de données, serveur EDD, serveur OLAP, client OLAP(GUI) (voir figure 1.2)

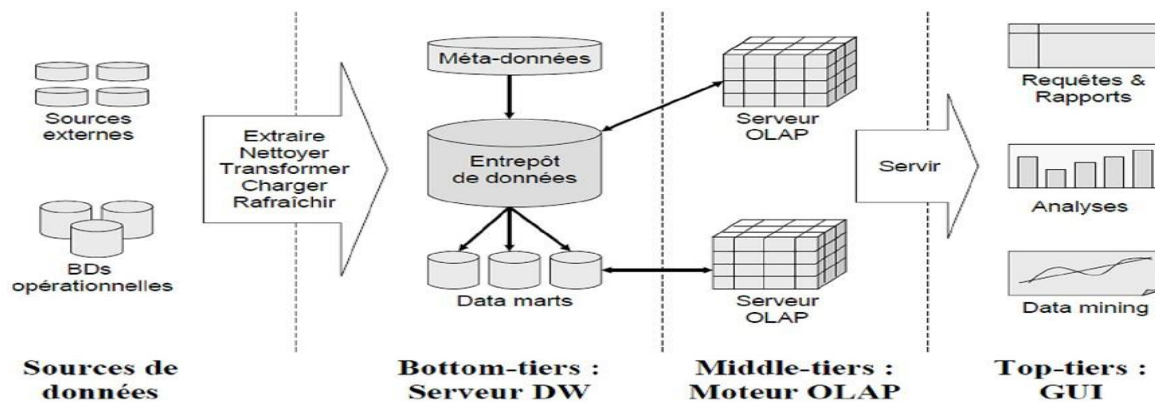


Figure .1.2.L'architecture d'une système basé sur l'EDD

1) **Sources de données**: La couche de source de données contient différentes sources d'information avec différentes structures. C'est à dire des données en général hétérogènes.

2) **Serveur EDD** : Il existe deux approches pour stocker les données dans l'entrepôt de données :

- Normalisation : rendre les données sous la 3ème forme normale.
- Dimensionnelle : par les schémas (étoile, flocon, constellation).

3) **Les magasins de données (Data Marts)** : Un sous-ensemble de l'entrepôt global concernant un groupe spécifique d'utilisateurs.

4) **Moteur d'analyse en ligne (OLAP server)** : Moteur de manipulation de données spécifiquement conçu pour soutenir et fonctionner sur des structures de données multidimensionnelles.

5) **GUI (Interface utilisateur)** : Outils d'aide à la décision (analyse, requêtes, rapports, fouille de données, ...).

### II .4. OLAP (On Line Analytical Processing)

Le but de l'OLAP est de permettre une analyse multidimensionnelle sur des bases de données volumineuses afin de mettre en évidence une analyse particulière des données (il est l'objet d'un questionnement particulier) [6].

#### II .4.1. Définition d'OLAP

« Il s'agit d'une catégorie de logiciels axés sur l'exploration et l'analyse rapide des données selon une approche multidimensionnelle à plusieurs niveaux d'agrégation ». Grâce à l'OLAP, les utilisateurs peuvent créer des représentations multidimensionnelles (appelées « *hyper-cubes* » ou « *cubes OLAP* ») selon les critères qu'ils définissent afin de simuler des situations. [6]

#### II .4.2. Les 12 règles d'OLAP

Afin de formaliser le concept OLAP, fin 1993, à la demande de Arbor Software, Edgar F. Codd publi un article intitulé «Providing OLAP to User Analysts » aux Etats Unis, dans lequel il définit 12 règles que tout système de pilotage multidimensionnel devrait respecter.

Le but d'OLAP est de distribuer les données aux utilisateurs sans les obliger à apprendre des complexes formules de programmation, d'interrogation ou même à ce qu'ils aient à programmer leurs tableurs.

##### 1-Vue conceptuelle multidimensionnelle

L'utilisateur a l'habitude de raisonner en vue multidimensionnelle comme par exemple lorsqu'il souhaite analyser les ventes par produit mais aussi par région ou par période. Ces modèles permettent des manipulations simples : rotation, pivot ou vues par tranche, analyse de type permutations d'axes (slice and dice) ou en cascade (drill anywhere).

##### 2-Transparence du serveur OLAP à différents types de logiciels

Elle s'appuie sur une architecture ouverte permettant à l'utilisateur d'implanter le système OLAP sans affecter les fonctionnalités du système central. Par ailleurs, l'utilisateur ne doit pas être concerné par l'intégration des données dans OLAP provenant d'un environnement homogène ou hétérogène.

##### 3-Accessibilité à de nombreuses sources de données

Le système OLAP doit donner accès aux données nécessaires aux analyses demandées. Les outils OLAP doivent avoir leur propre schéma logique de stockage des données physiques hétérogènes, doivent accéder aux données et réaliser n'importe quelle conversion afin de présenter à l'utilisateur une vue simple et cohérente. Ils doivent aussi savoir de quel type de systèmes proviennent les données.

##### 4-Constance des temps de réponses

L'augmentation du nombre de dimensions ou du volume de la base de données ne doit pas entraîner de dégradation visible par l'utilisateur.

### 5-Architecture client-serveur

La plupart des données pour OLAP sont stockées sur des gros systèmes et sont accessibles via des PC. Il est donc nécessaire que les produits OLAP soient capables de travailler dans un environnement Client/Serveur.

### 6-Indépendance des dimensions

Toutes les dimensions doivent être équivalentes en structure et en calcul. Il ne doit exister qu'une seule structure logique pour toutes les dimensions. Toute fonction qui s'applique à une dimension doit être aussi capable de s'appliquer à une autre dimension.

### 7-Gestion des matrices creuses

Le schéma physique des outils OLAP doit s'adapter entièrement au modèle d'analyse spécifique créé pour optimiser la gestion des matrices creuses (*une matrice creuse est une matrice contenant beaucoup de zéros*). En effet, dans une analyse à la fois sur les produits et les régions, tous les produits ne sont pas vendus dans toutes les régions.

### 8-Accès multiutilisateurs

Les outils OLAP doivent supporter les accès concurrents, garantir l'intégrité et la sécurité afin que plusieurs utilisateurs accèdent au même modèle d'analyse.

### 9-Pas de restrictions sur les opérations inter et intra dimensions

Les opérations doivent pouvoir s'effectuer sur toutes les dimensions et ne doivent pas faire intervenir l'utilisateur pour définir un calcul hiérarchique.

### 10-Manipulation intuitive des données

Toute manipulation doit être accomplie via une action directe sur les cellules du modèle sans utiliser de menus ou des chemins multiples à travers l'interface utilisateur.

### 11-Simplicité des rapports

La création des rapports dans les outils OLAP doit permettre aux utilisateurs de présenter comme ils le désirent des données synthétiques ou des résultats en fonction de l'orientation du modèle.

### 12-Nombre illimité de dimensions et nombre illimité d'éléments sur les dimensions

Tout outil OLAP doit gérer un nombre illimité de dimensions.

## II .4.3. Opérateurs OLAP

Les outils OLAP utilisent des opérateurs particuliers afin de «naviguer » dans les cubes multidimensionnels : [6]

- **Pivoter (pivot, swap)**: Permet d'inter changer deux dimensions. Par exemple, visualiser le nombre d'accident par mois ensuite par région.
- **Forer (drill-down)** : Permet de descendre dans la hiérarchie de la dimension. Par exemple, visualiser le nombre d'accidents par mois au lieu de par année.

# Chapitre I : Concept de bases

- **Remonter (drill-up, roll-up)** : Permet de remonter dans la hiérarchie de la dimension. Par exemple, visualiser le nombre d'accidents par année au lieu de par mois.
- **Forer latéralement (drill-across)** : Permet de passer d'une mesure à l'autre. Par exemple, visualiser le coût des travaux au lieu du nombre d'accidents.

## Modèle multidimensionnel

Le modèle Multidimensionnel (MD) représente les données décisionnelles dans un espace à n dimensions, communément appelé hypercube ou cube de données, il se compose de faits contenant les mesures à analyser et de dimensions et les niveaux de hiérarchie [5]. (Voir figure 1.3)

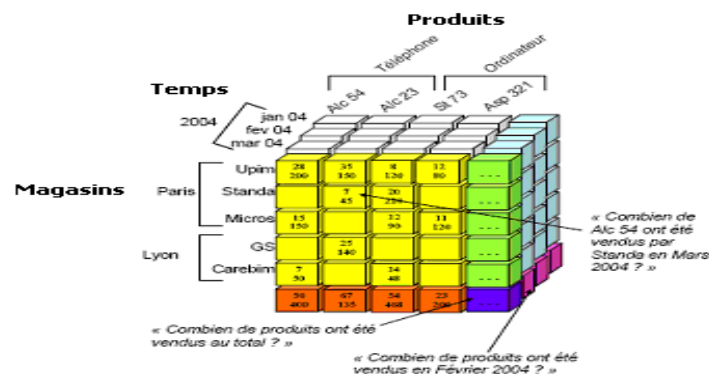


Figure 1.3. Modèle multidimensionnel

## II.4.4. Vocabulaire OLAP

**Table de fait :** représente la valeur d'une mesure selon un membre de chacune des dimensions.

**Tables de dimension :** est un axe d'analyse c'est-à-dire une base sur laquelle seront analysées les données.

**Mesure :** résultat d'une opération d'agrégation des données.

**Cube :** Un cube est un ensemble de données organisées selon des dimensions. On appelle mesure la valeur contenue dans une cellule du cube, associée aux valeurs prises sur les dimensions composant le cube.

**Niveau de hiérarchie :** un niveau de hiérarchie se définit au niveau des tables de dimensions. Cela permet d'agréger les données. [7]

## II.4.5. Architecture d'OLAP

L'architecture OLAP se compose en trois services [4] :

- **Base de données**

Elle doit supporter les données agrégées ou résumées qui proviennent d'un entrepôt de données possédant une structure multidimensionnelle (SGDB)

- **Serveur OLAP**

Le serveur OLAP permet d'effectuer une analyse de données conforme au paradigme multidimensionnel, avec des temps de réponse optimisés.

Un serveur OLAP fournit aux utilisateurs une représentation multidimensionnelle des données sous forme d'un ensemble d'hyper-cubes et implémente un ensemble d'opérateurs OLAP (Roll-up, Drill-down, etc.) qui permettent d'explorer ces hyper cubes.

- **Client OLAP**

Cette couche définit une série d'interfaces utilisateurs intuitives pour l'exploration interactive et multidimensionnelle des données. Ces interfaces permettent de déclencher les opérateurs OLAP et présentent l'information en utilisant différents types d'affichages interactifs : tableaux croisés dynamiques, histogrammes et diagrammes statistiques (voir figure 1.4).

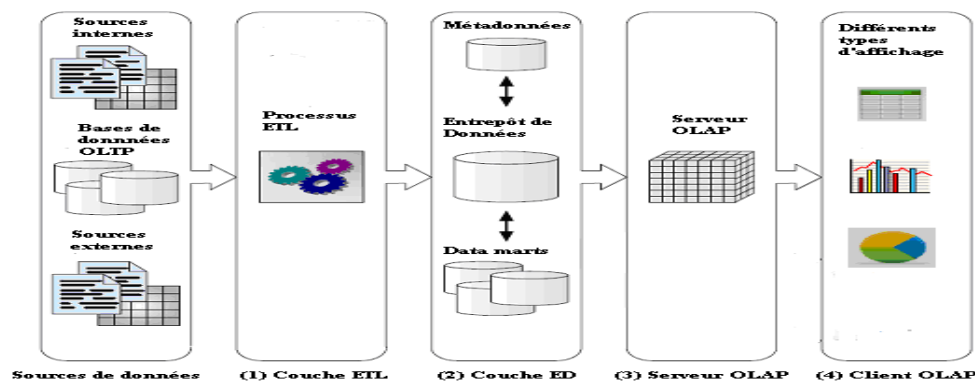


Figure .1.4. Architecture typique d'un système OLAP [6].

### II .4.6. Différent type de système OLAP

Selon le type de base de données accédé, plusieurs configurations sont possibles : multidimensionnelles, relationnelle ou hybride [6].

#### a- L'architecture MOLAP (OLAP Multidimensionnel)

Le Multidimensionnel OLAP consiste à utiliser un système multidimensionnel pur, qui gère des structures multidimensionnelles natives. Elles utilisent des tableaux à n dimensions. L'accès aux données se fait directement dans le cube. Cela permet une rapidité d'accès à l'information mais augmente le temps de mise à jour (voir figure 1.5).

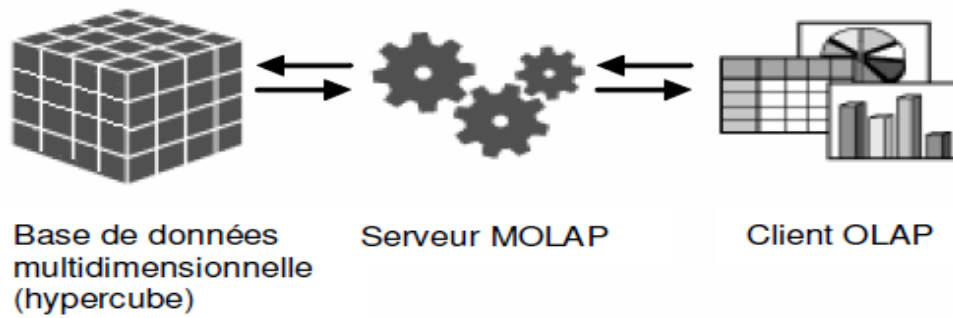


Figure 1.5. Architecture MOLAP

### b- L'architecture ROLAP (OLAP Relationnel)

Dans le Relationnel OLAP les données sont stockées dans une base de données relationnelle. Un moteur OLAP permet de simuler le fonctionnement d'un hypercube. Cela permet une facilité dans la mise à jour des données (voir figure 1.6).

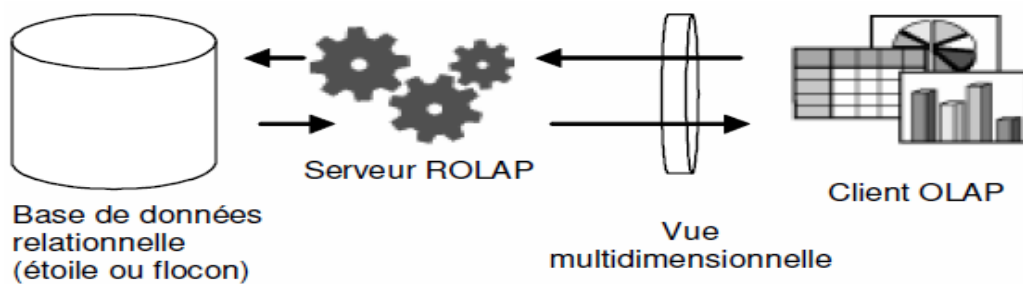


Figure 1.6. Architecture ROLAP

### c- L'architecture HOLAP (OLAP Hybride)

(Hybrid OLAP) est un hybride entre ROLAP ET MOLAP. Les parties tables de faits et tables de dimensions sont stockées dans une base relationnelle standard tandis que le reste des données (les calculs) sont stockés dans une base multidimensionnelle (voir figure 1.7).

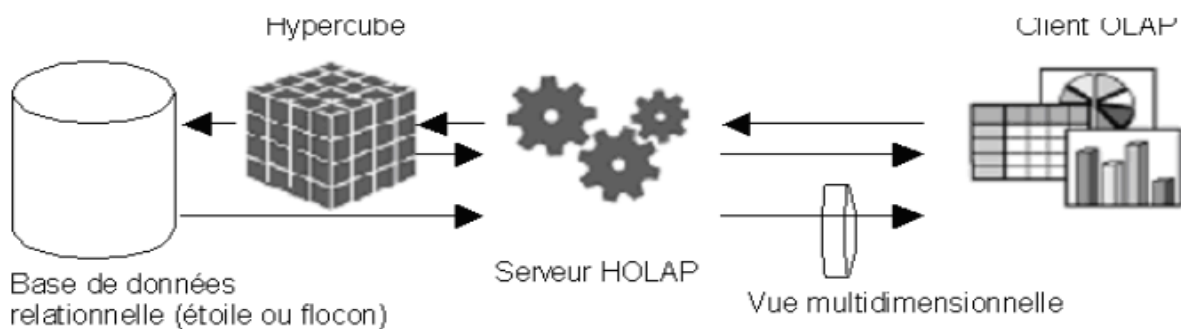


Figure 1.7. Architecture HOLAP.

## II .4.7. Différents modèles de la structure multidimensionnelle

L'usage des configurations ROLAP et HOLAP nécessite de simuler une structure multidimensionnelle dans un SGDB relationnel. Pour cela, il existe des modèles prédéfinis :

### a. Modèle en étoile

Le centre est la table des faits, et les branches en sont les dimensions (voir figure 1.8).

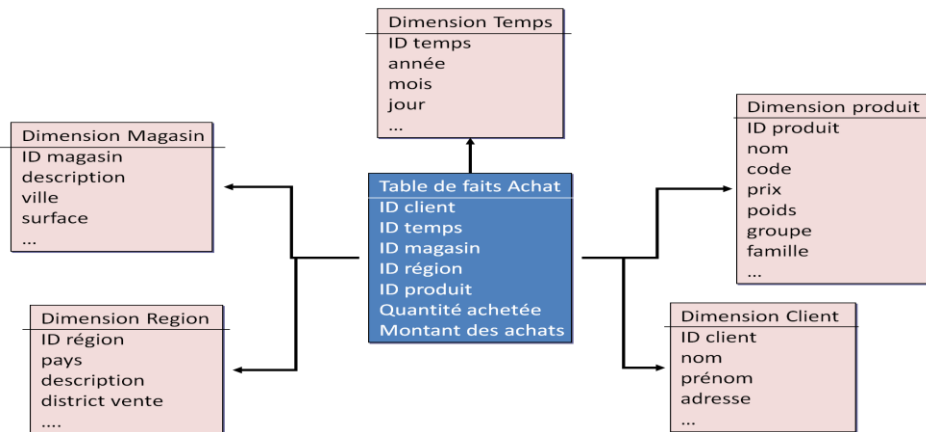


Figure 1.8. Modélisation en étoile

### b. Modèle en flocon

Le principe est le même que pour le modèle en étoile, mais en plus les dimensions sont décomposées (voir figure 1.9).

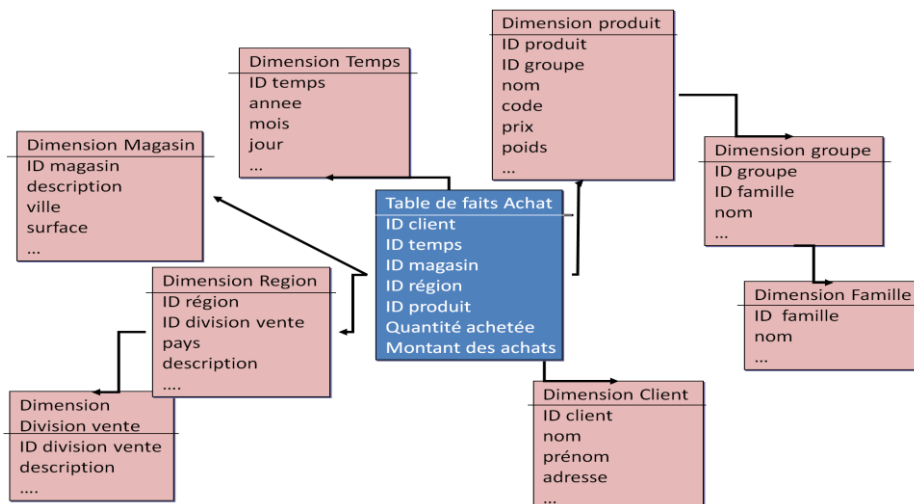


Figure 1.9. Modélisation en flocon

## c. Modèle Mixte

Il s'agit d'une structure qui résulte de la meilleure combinaison des deux types de modèles précédents, Seules quelques dimensions seront normalisées, souvent il s'agit des plus grandes tables et celles contenant le plus de redondance.

## d. Modèle en constellation

Il est encore basé sur le modèle en étoile. Mais on rassemble plusieurs tables des faits qui utilisent sur les mêmes dimensions.

Le modèle en étoile et le modèle en flocon sont les deux modèles les plus utilisés pour modéliser un entrepôt de données (voir figure 1.10).

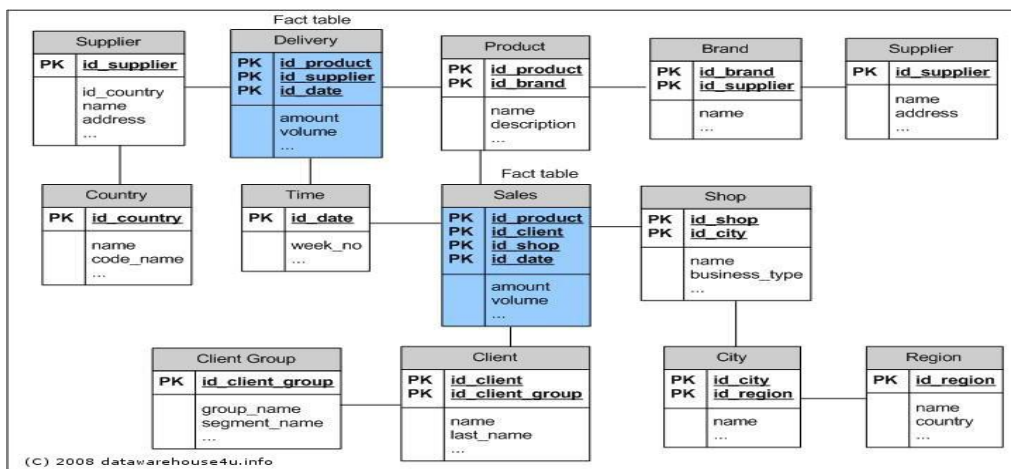


Figure 1.10. Modèle en constellation [11]

## II .4.8. Avantages d'OLAP

Les point forts qui font tout le succès de la technologie OLAP sont principalement les suivants :

- **La granularité :** Les valeurs sont calculées pour chaque combinaison de dimensions à l'intérieur du cube, et ceci tant pour les niveaux agrégés que les niveaux détaillés.
- **La navigation et l'exploration :** L'analyse OLAP permet aussi à l'utilisateur d'explorer et de naviguer très facilement à travers les différents niveaux de détail des dimensions à l'aide d'outils de forage.
- **La rapidité d'exécution :** l'approche OLAP est rapide parce que les données sont pré calculées par niveau de détails. Le temps de traitement de l'analyse est alors réduit et répondre très vite aux questions complexes est possible.



### III. EDS et SOLAP

#### III .1. Entrepôts de données spatiales

Une définition peut être donnée à l'entrepôt de données spatiales est comme suit :

« Un entrepôt de données spatiales est une collection de données spatiales de qualité, orientée par sujet, non-volatile, variable dans le temps, qui inclut un ensemble d'outils de base permettant d'accéder et d'extraire l'information. »

#### III .2. Définition de SOLAP

Un type de logiciel qui permet la navigation rapide et facile dans les bases de données spatiales et qui offre plusieurs niveaux de granularité d'information, plusieurs thèmes, plusieurs époques et plusieurs modes d'affichage synchronisé ou non : cartes, tableaux et diagrammes.

#### Une autre définition SOLAP

Spatial OLAP = SIG + OLAP

Logiciel de navigation rapide et facile dans les bases de données spatiales qui offre plusieurs niveaux de granularité d'information, plusieurs thèmes, plusieurs époques et plusieurs modes de visualisation synchronisés ou non : cartes, tableaux et diagrammes » [2].

#### III .3. L'architecture du système SOLAP

La figure suivante représente l'architecture d'un système Solap, celle-ci diffère de l'architecture OLAP par une extension spatiale des tiers qui la composent. Transformer les données sources extraites par l'ETL spatiale et stockées dans l'entrepôt de données pour qu'elle puisse servir à l'analyse spatio multidimensionnelle. Cette analyse est alors sujette aux tiers: Entrepôt de données spatial, serveur SOLAP et client SOLAP (voir figure 1.11).

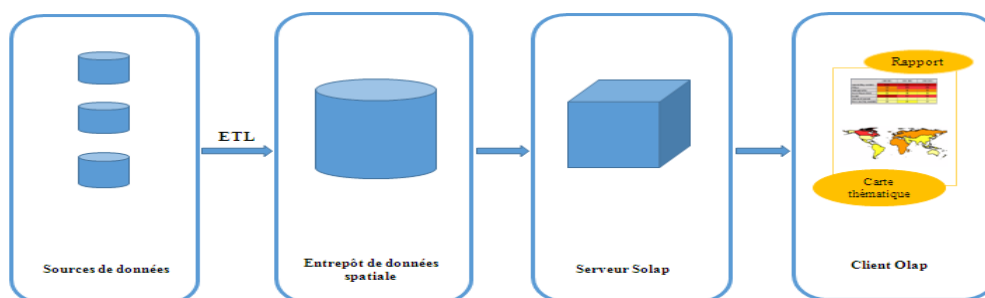


Figure 1.11. L'architecture du système SOLAP

**Serveur SOLAP :** Il permet d'exploiter les données stockées dans l'EDS grâce au schéma spatio multidimensionnel (cube).

**Client SOLAP :** Le client SOLAP représente un enrichissement du client OLAP avec la visualisation cartographique. En addition à la visualisation alphanumérique des résultats

d'analyse, le client SOLAP permet d'afficher les membres des dimensions spatiales ainsi que les mesures spatiales dans des cartes thématiques.

### III .4. Modèle spatio multidimensionnel

Les systèmes d'EDS et SOLAP se fondent sur le modèle spatio multidimensionnel. Ce modèle étend le modèle multidimensionnel des systèmes d'ED et de l'OLAP avec de nouveaux concepts spatio multidimensionnels.(e.g : mesure spatiale, dimension spatiale, etc.). Nous allons présenter, dans ce qui suit, les concepts fondamentaux liés à la technique SOLAP

#### III .4. 1. Fait spatial et mesure spatiale

##### A. Fait spatial

Dans, un fait est dit spatial s'il contient au moins une mesure spatiale ou un niveau d'agrégation spatial. [6]

##### B. Mesures spatiales

On distingue deux types de mesures spatiales :

- **Mesures spatiales géométriques** : Est le résultat d'un opérateur qui retourne une géométrie, il s'agit d'un ensemble de coordonnées obtenues à partir des opérateurs d'analyse spatiale d'un SIG.
- **Mesures spatiales numériques (non géométriques)** : Est le résultat d'une opération métrique ou des calculs spatiaux : surface d'un objet, distance minimale avec l'objet le plus proche, cumul de longueur sur un réseau).

#### III .4.2. Dimensions spatiales et Hiérarchie spatiale

**A. Dimensions spatiales:** En plus des dimensions descriptives, les outils SOLAP supportent aussi les dimensions spatiales. Les outils SOLAP supportent trois types de dimensions spatiales (voir figure 1.12).

- **Les dimensions non géométriques:** Utilise une référence spatiale qui est nominale seulement.
- **Les dimensions spatiales géométriques:** les dimensions géométriques associent une géométrie aux membres de tous les niveaux. (Des formes géométriques visualisées et interrogées d'une manière cartographique).
- **Les dimensions spatiales mixtes:** les dimensions mixtes associent une géométrie aux membres de certains niveaux définis.

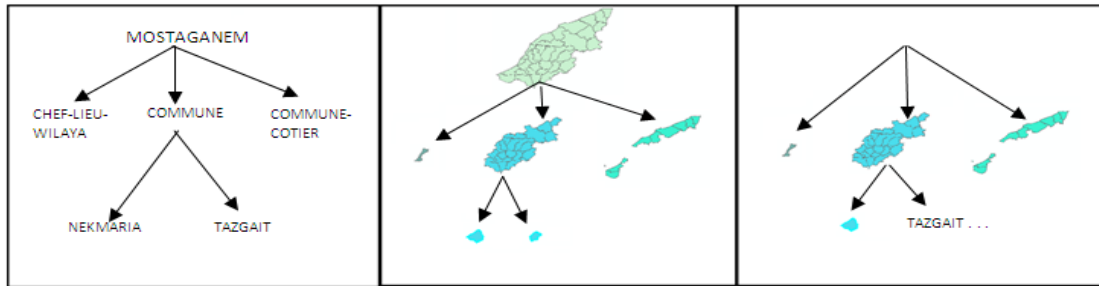


Figure 1.12. Les trois types de dimensions spatiales supportées par le SOLAP

### B. Hiérarchie de dimension spatiale

Une hiérarchie de dimension spatiale est définie comme étant une hiérarchie contenant au moins un niveau d'agrégation spatiale. De plus, lorsque deux niveaux d'agrégation spatiaux successifs sont reliés dans une hiérarchie.

Spatiale, les couples de membres impliqués dans la relation doivent vérifier une relation spatiale topologique (e.g. inclusion spatiale. . .).

### III .5. Opérateurs SOLAP

Les opérateurs SOLAP étendent/reformulent les opérateurs OLAP traditionnelles.

Les principaux opérateurs SOLAP ont été définis comme suit :

- **Roll-up spatial (forage vers le haut):** permet la navigation dans une hiérarchie de dimension d'un niveau d'agrégation spatiale vers un autre niveau d'agrégation spatiale moins détaillé.
- **Drill down spatial (forage vers le bas):** permet la navigation dans une hiérarchie de dimension d'un niveau d'agrégation spatiale vers un autre niveau d'agrégation spatiale plus détaillé.
- **Slice spatial:** cet opérateur permet de sélectionner un sous-ensemble des cellules de l'hyper cube spatial sur les membres d'une dimension spatiale.
- **Dice spatiale :** permet de sélectionner un sous-ensemble des données en appliquant des prédicats spatiaux à des membres spatiaux de deux dimensions spatiales ou plus.

### III .6. Solutions SOLAP

Il existe trois familles de solutions technologiques pour le développement et l'implantation d'une application SOLAP :

#### a- OLAP dominant

Application développée autour d'un serveur OLAP. Les fonctions OLAP sont dominantes et les fonctions SIG sont minimales. Ex. zoom, déplacement, sélection, gestion des couches actives. Parfois, forage spatial minimal.

#### Avantages

- Supporte l'exploration et la visualisation OLAP.

## Chapitre I : Concept de bases

---

- Utilise les capacités d'un serveur OLAP.
- Adéquat pour des besoins d'exploration et de visualisation cartographiques simples.

### Inconvénients

- Nécessite des analyses complexes pour fournir une interface, à l'utilisateur, élégante et efficace.
- Requiert des mois de programmation (Les alliances récentes entre les fournisseurs OLAP et SIG simplifient grandement ces développements).
- Nombre limité de dimensions spatiales et d'analyses.
- Interactions limitées.
- S'intègre mal au processus complexe de mise à jour des données spatiales.

### b- SIG dominant

Applications développées autour d'un SIG et d'un SGBD. Fonctions SIG prédominantes et fonctions OLAP minimales. Ex. Forage et remontage sur un tableau.

### Avantages

- Supporte la cartographie thématique propre aux SIG.
- Utilise des capacités d'analyses spatiales.
- Adéquat lorsque les cartes ont une importance principale et que les tableaux et graphiques restent simples.

### Inconvénients

- Nécessite des analyses complexes pour fournir une interface, à l'utilisateur, élégante et efficace.
- Requiert des mois de programmation (Les alliances récentes entre les fournisseurs OLAP et SIG simplifient grandement ces développements).
- Interactions limitées.

### c- SOLAP intégré

Haut niveau de fonctionnalités pour les vues et données spatiales et non-spatiales. Intégration sophistiquée et synchronisée des fonctions OLAP et SIG.

### Avantages

- Interface à l'utilisateur plus efficace.
- Fonctions plus riches (Ex. exploration synchronisée des cartes, tableaux et graphiques).
- S'intègre bien au processus complexes de mises à jour des données spatiales.
- Requiert ou non des SIG ou OLAP (peut exploiter directement les données).

### Inconvénients

- Nécessite des analyses complexes pour fournir une interface à l'utilisateur efficace.

- Requierit passablement de développement

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons traité le sujet des entrepôts de données qui étendent les concepts des bases de données pour créer des systèmes d'aide à la décision, Les ED et systèmes OLAP ont été à leur tour, étendus pour donner naissance aux EDS et SOLAP dont nous avons vu les concepts.

En utilisant l'architecture d'un entrepôt de données Spatiale, nous avons expliqué les différents composants qu'il intègre, comme les diverses sources, les types de données et les différents outils pour arriver à la visualisation de l'information.

Nous avons décrit les différents modèles multidimensionnels pour la construction d'un entrepôt de données, ainsi que les différentes opérations pour la manipulation des données multidimensionnelles.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter le domaine ciblé par notre solution d'aide à la décision, notamment la gestion réseau routier ; ainsi que la zone d'étude de la wilaya de Mostaganem.

### Introduction

Dans ce chapitre nous allons donner une vue générale sur la situation actuelle du réseau routier de la wilaya de Mostaganem. En suit, nous allons présenter la modélisation UML de la solution adoptée.

### I. Etude de cas

Le réseau routier est l'ensemble des voies de circulation terrestres permettant le transport par routiers, et en particulier, les véhicules motorisés (automobiles, motos, véhicules, poids lourds...).

#### I.1. Présentation de la zone d'étude

Mostaganem est une wilaya côtière située au Nord-ouest du territoire national, à environ 360 Km<sup>2</sup> et est limitée à l'Est par les wilayas de CHLEF et RELIZANE, au Sud par les Wilayas de MASCARA et RELIZANE, à l'Ouest par les Wilayas d'ORAN et MASCARA et au Nord par la Mer Méditerranée.

La wilaya de Mostaganem est elle-même divisée en dix dairas et 32 communes [13].

Les réseaux routiers de Mostaganem se composent de 2046 km, dont 332 km de routes nationales et 654 km de wilaya classé et 1060 km de routes municipales (voir figure 2.1).



Figure .2.1.Réseau routier de la wilaya mostaganem

### I.2. Travail à réaliser

Dans notre travail nous allons présenter une solution SOLAP. Pour cela la modélisation d'entrepôt de données spatiale est la plus adaptée par ce qu'elle supporte l'analyse et elle offre un temps de réponse rapide. Cette modélisation sera basée sur différents logiciels pour développer une application décisionnelle pour le réseau routier de la wilaya de Mostaganem tout en se focalisant sur la modélisation des CI des données spatiales.

Cette application doit répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les routes qui ont un taux de trafic élevé/bas par une unité de temps ou par zone/quartier ?
- Quelles sont les routes ou bien les tronçons routiers les plus/moins fréquentés ?
- Quelles sont les périodes (jour, heures, mois, saison) les plus embouteillées ?
- Quelle est le taux d'accident sur telle route dans telle période sur une condition météorologique quelconque (beau-temps/mauvais-temps) ?

Et d'autres questions qui peuvent être posées par les décideurs pour renforcer leurs décisions.

### I.3. Statistiques des accidents de la route pour l'année 2016

La wilaya de Mostaganem ne semble point être épargnée par l'hécatombe routière qui endeuille des dizaines de familles et alimente les hôpitaux en centaines de blessés, dont certains seront handicapés à vie. Des accidents de l'année qui tire à sa fin, conclut qu'un accident s'enregistre tous les deux jours, un mort tous les six jours et un blessé tous les jours.

Le bilan des onze premiers mois de l'année 2016, portant sur les accidents à travers les axes routiers du territoire de la wilaya, tend sérieusement à devenir des plus alarmants, face à la cinquantaine de morts, déjà enregistré et du nombre élevé de 162 accidents ayant survenus. Lors de la conférence animée par le commandant de la gendarmerie nationale, en milieu universitaire, entrant dans le cadre de la campagne de sensibilisation sur la sécurité routière, le bilan établi sur les accidents survenus en 2016 ( de Janvier à Novembre) à la wilaya de Mostaganem, laisse apparaître un nombre de 162 accidents, dont 50 ont été mortels, 109 ayant causé des dégâts corporels, et juste 03 ayant provoqué des dégâts matériels.

Ces derniers ont été également à l'origine du décès de 59 individus, et des blessures à 351 autres personnes. Quant aux routes les plus exposées aux accidents, les chemins de wilayas demeurent les plus ciblés et où 85 accidents ont eu lieu.

La fréquence des accidents selon le rapport élaboré, indique que le samedi, l'un des jours de repos demeure le plus dangereux sur le plan de la circulation routière, de par le nombre de 44 accidents ayant survenu en ce jour. Parmi les causes de la survenue des accidents, le bilan souligne que 70 accidents ont été provoqués par l'excès de vitesse qui reste le premier facteur, secondé par 26 autres accidents survenus par le manque d'inattention lors du dépassement, 15 accidents par les manœuvres dangereuses, et 13 accidents par la circulation sur la voie gauche [13].

### II. Structuration de la base de données

#### II.1. Modélisation multidimensionnelle pour la gestion Réseau routier

La section suivante est consacrée pour la modélisation de l'entrepôt de données spatiales. Cette modélisation est basée sur le concept de profil UML. En effet, nous allons étendre les concepts de L'UML grâce aux stéréotypes pour la modélisation multidimensionnelle basée sur l'hypercube, les tables de fait, dimension, hiérarchie, attribut. Notre profil UML doit tenir compte de la spécification des données du monde du réseau routier et la nature géographique et géoréférencé des données de ce domaine. Pour ce fait nous avons utilisé le métamodèle du profil UML réalisé par les auteurs de [1]. Ce choix est justifié par sa complétude et richesse.

Nous représentons le métamodèle du «<<SDW core model package >>» à la (figure 2.2) Chaque SDW modèle «<<SDWModel >>» est considéré comme un ensemble fini non vide de hypercubes dont au moins une «<<Hypercube >>» est spatiale.

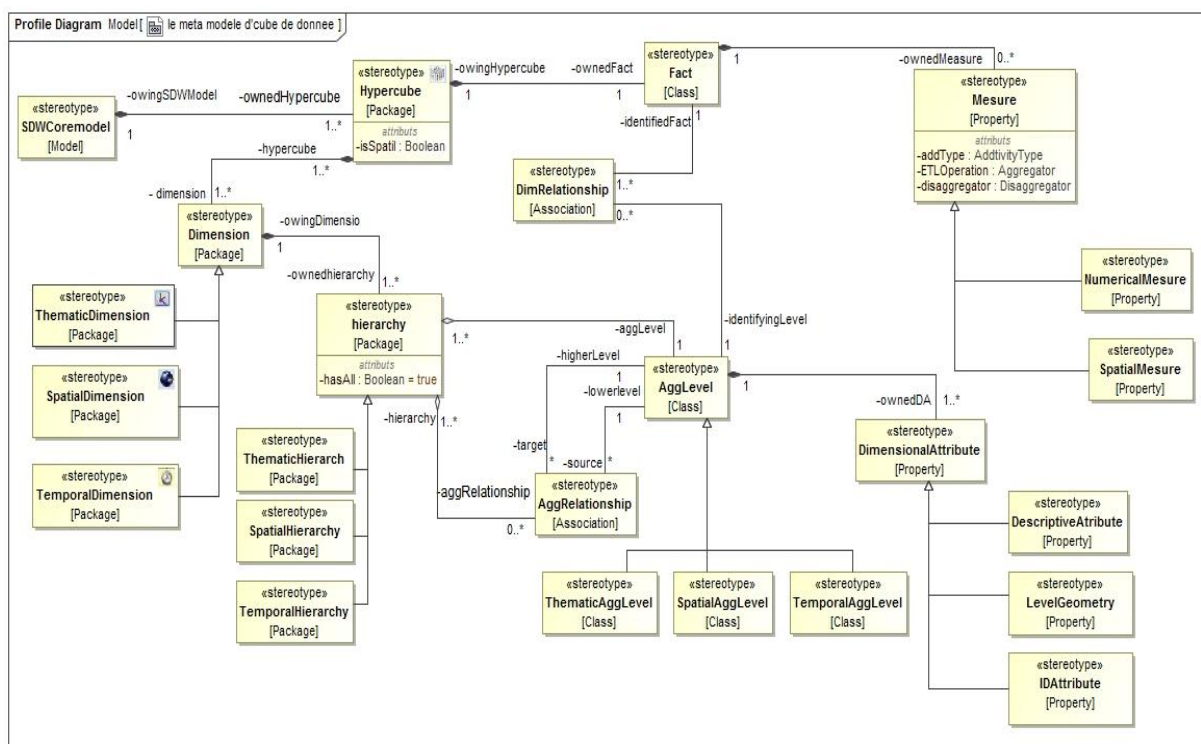
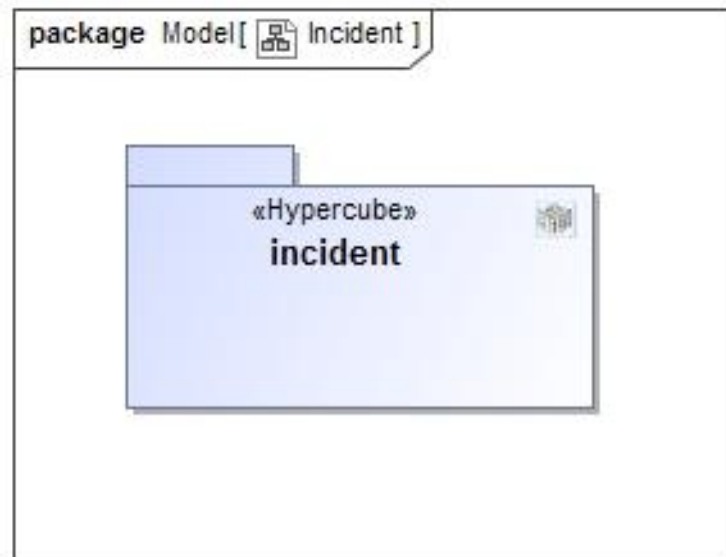


Figure 2.2. Le SDW profile- le SDW core model package [1].

Dans la (figure 2.3) le SDW Model de réseau routier est définie par un hypercube «<<incident >>».

Un hypercubes sont représentés par un UML package et partager Cinq dimensions (Route, heures, quartier, conducteur, véhicule).





**Figure 2.3. Le réseaux routiers Hypercube**

Les mesures sont représentées par le stéréotype de la mesure, qui est défini comme une extension de l'UML [Property] métaclasse (Voir figure 2.2). Les dimensions sont représentées par le stéréotype de Dimension, qui étend la métaclasse [package] UML. Chaque dimension est définie par un ensemble fini non vide de hiérarchies (Voir figure 2.2).

Hiérarchies permettent l'analyse des faits à différents niveaux de détail. Formellement, chaque hiérarchie <<hierarchy>> consiste en un ou plusieurs niveaux d'agrégation connexe.

La (figure 2.4) montre le diagramme de classes "incident hypercube". Ce hypercube est décrit par deux << mesures >> qui sont regroupés dans le " incident " classe [fait]

Ces mesures sont analysées avec Cinq dimensions, (" Route ", " quartier ", " conducteur " , "Temps" et " vehicule "). Chaque dimension est décrite par au moins une hiérarchie.

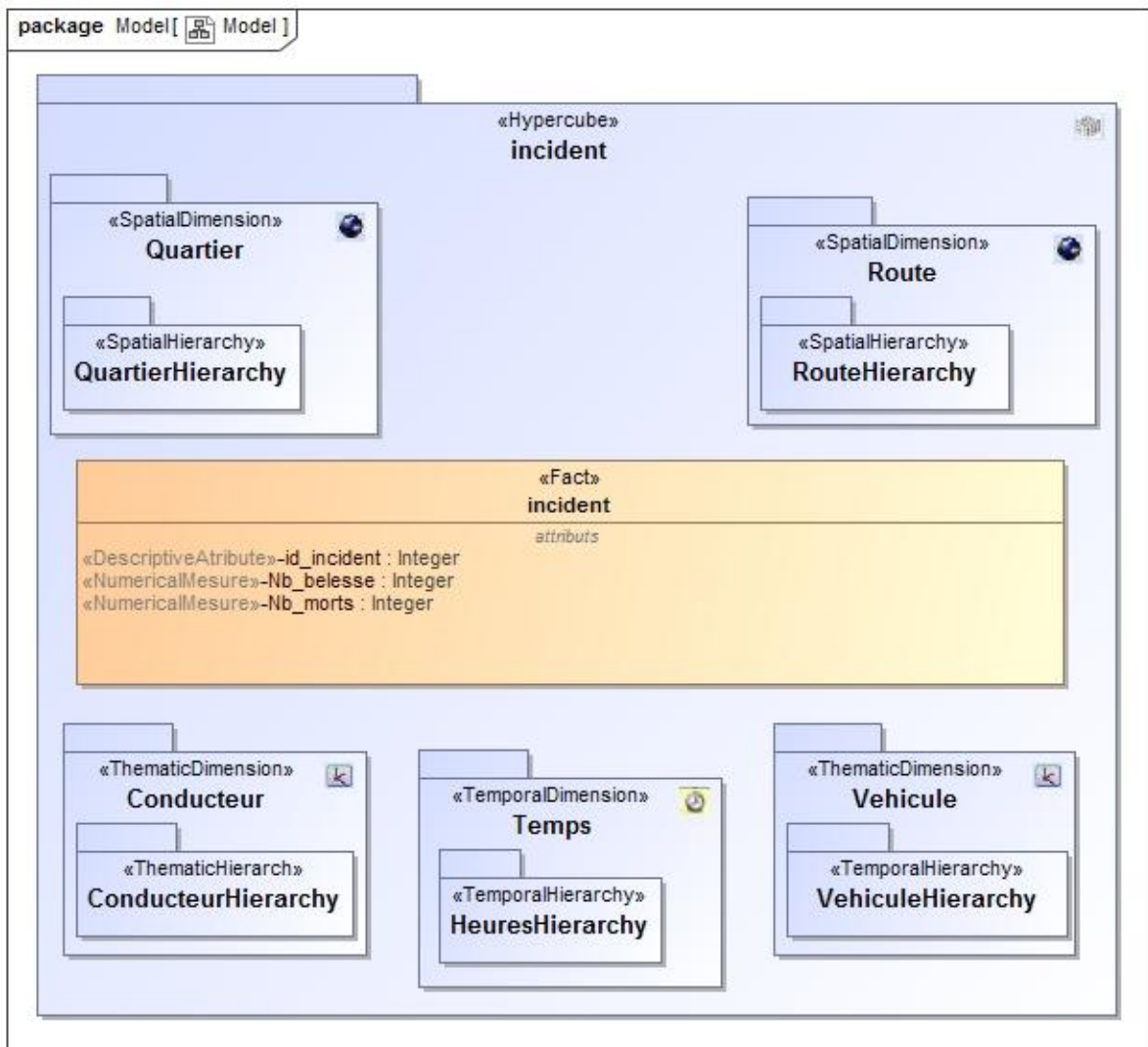


Figure 2.4."Incident hypercube " - dimensions et mesures

Les niveaux d'agrégation <<AggLevel>> définissent des niveaux d'observation intéressants de mesures selon aux besoins d'analyse multidimensionnelle. Chaque niveau d'agrégation peut contenir plusieurs attributs dimensionnels <<DimensionalAttribute>> qui peuvent être de différents types. Les niveaux d'agrégation que les classes d'information sont représentés par des extensions de l'UML métaclasse (voir figure 2.2).

Pour former les hiérarchies, les niveaux d'agrégation doivent être reliés les uns aux autres en utilisant les relations d'agrégation <<AggRelationship>> qui définissent les relations de confinement complètes ou partielles entre leurs membres.

Pour définir la granularité de mesures la classe de fait devrait être liée à des niveaux d'agrégation utilisant des relations de dimensionnement <<DimRelationship>> (voir figure 2.2), Dans hypercube, le fait doit être lié à au moins d'un bas de niveau d'agrégation de chaque dimension Comme représenté sur la (figure 2.5). Le fait "incident" est lié à Cinq niveaux d'agrégation (" Route ", " quartier ", " conducteur ", " Temps " et " vehicule "). Par de définir les granularités d'incident et leur contexte d'analyse.

## Chapitre II : étude de cas. Gestion du trafic routier

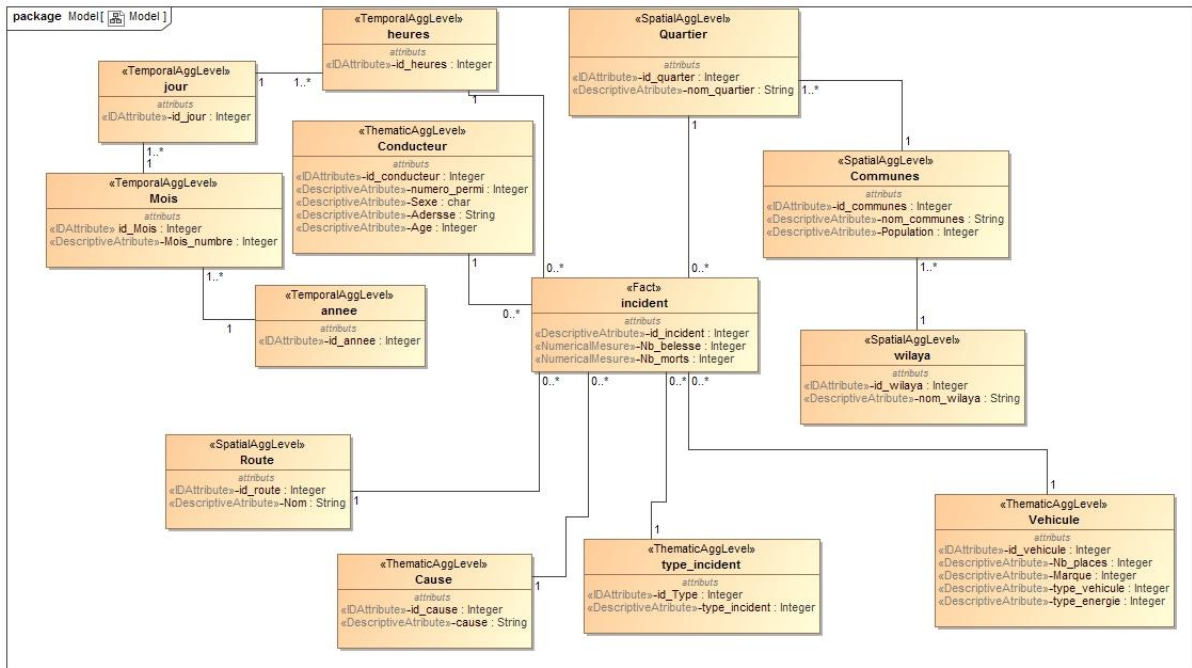


Figure 2.5. Diagramme de classes de l'entrepôt de données spatiales

### Conclusion

Dans le chapitre, nous avons présenté le domaine ciblé par notre solution d'aide à la décision, notamment la gestion réseau routier ; ainsi que la zone d'étude de la wilaya de Mostaganem.

Dans le chapitre suivant nous allons parler sur les contraintes d'intégrité dans les EDS et SOLAP.

### Introduction

L'objectif des contraintes d'intégrité est d'assurer la cohérence logique de la Base de Données. Une contrainte d'intégrité est une assertion vérifiée par les données de la base, à tout moment. La conception de la base de données comprend non seulement un schéma relationnel mais aussi un ensemble de Contraintes d'Intégrité.

Dans ce chapitre nous allons voir les recherches faites par quelques auteurs en se concentrant sur les différentes classifications qui facilitent l'identification et l'implémentation des contraintes dans les EDS et SOLAP.

### I. Les classifications de contraintes d'intégrité d'EDS

Dans cette partie, nous allons présenter deux types de classifications des contraintes d'intégrité pour les entrepôts de données spatiales. [10]

- ✓ La première est une classification orientée implémentation qui regroupe les contraintes selon les niveaux d'implémentation possibles.
- ✓ La seconde est une classification orientée concepts d'EDS (Fait, Dimension, Agrégation, etc.) qui se base sur la nature des éléments sur lesquels portent les CI.

#### I.1. Classification orientée implémentation

Nous allons décrire la première classification qui groupe les CI sur la base de leurs niveaux d'implémentation dans l'architecture SOLAP, Pour cette classification nous distinguons (voir figure 3.1).

##### I.1.1. Contraintes ETL

Ces contraintes sont implémentées au niveau ETL pour prévenir le chargement de données erronées dans l'entrepôt de données. Elles peuvent être définies dans les programmes ETL par des transformateurs, composants dédiés aux traitements de données extraites de plusieurs sources ou par de composants dédiés à la qualité de données.

##### I.1.2. Contraintes EDS

Ces contraintes sont implémentées au niveau EDS, sous forme de vues et de requêtes SQL pour les architectures ROLAP. Ces contraintes peuvent être utilisées pour vérifier la validité des données entreposées mais plus particulièrement leur cohérence topologique.

##### I.1.3. Contraintes SOLAP

Ces contraintes sont utilisées pour garantir une agrégation correcte des mesures et une exploration correcte des hyper-cubes. Elles peuvent être implémentées soit dans le schéma de L'hyper- cube du Serveur SOLAP, soit dans le parseur des requêtes du serveur SOLAP, ou dans le client SOLAP.

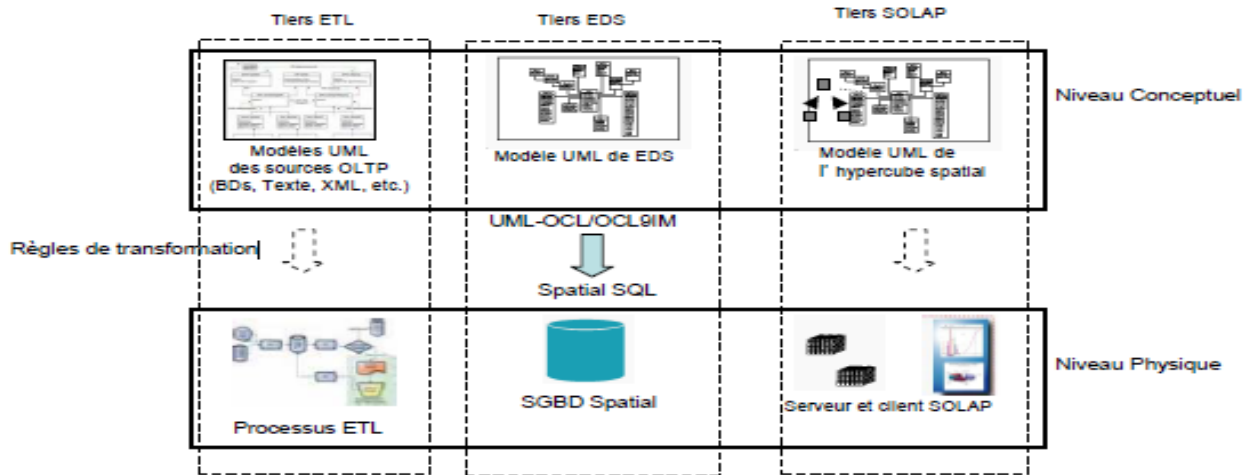


Figure 3.1. Types d'implémentation des contraintes d'EDS [9]

## I.2. Classification orientée concepts d'EDS

Ce type de classification distingue les CI suivant les concepts d'EDS (métadonnées, membres, faits, agrégation, etc.) sur lesquels elles portent. Notons que cette classification est très expressive car elle couvre toutes les classifications existantes (voir figure 3.2). [10]

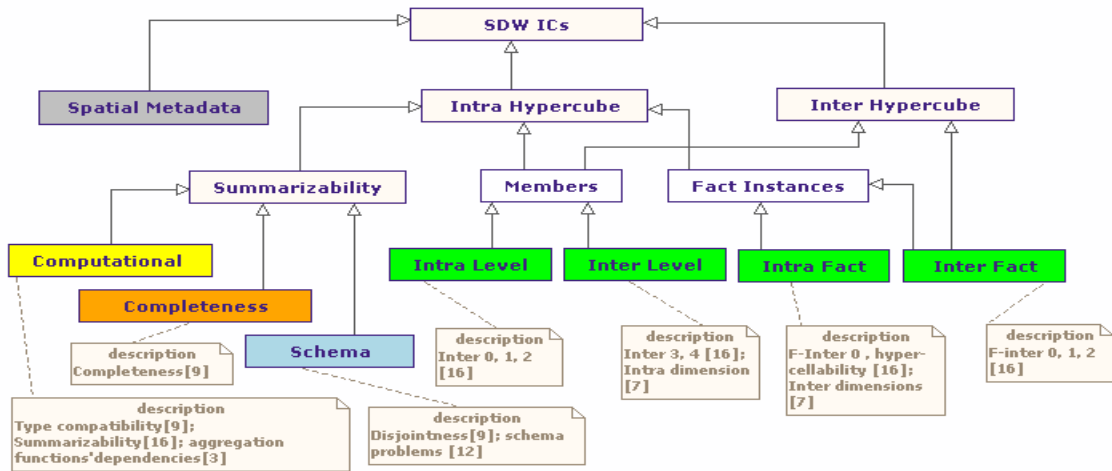


Figure 3.2. Classification orientée concepts d'EDS

### I.2.1. Les contraintes intra hyper cube spatial

Elles portent sur des membres et des faits d'un seul hyper cube spatial. Nous distinguons quatre sous-classes :

((A) les CI sur les membres, (B) les CI sur les faits, (C) les CI d'agrégation (D) les CI inter-hiérarchies)

### A) Les contraintes sur les membres

Ces contraintes peuvent être utilisées pour identifier les membres incorrects et les relations entre les membres incorrectes. Elles portent sur un ou plusieurs attributs appartenant à un ou Plusieurs niveaux de dimension. Nous distinguons donc les CI intra-niveau et les CI inter-niveaux.

- **CI Intra Niveau**

Elles portent sur les membres et les relations entre les membres d'un seul niveau de dimension. Elles peuvent être aussi intra-attribut (portent sur un seul attribut) **ou** inter-attributs (Impliquent deux attributs ou plus).

**Contrainte 1 :** Les états américains situés dans la région "ouest" doivent être disjoints des états américains situés dans la région "Nord-est". Cette contrainte définit une relation spatiale topologique entre les membres (états) d'un seul niveau.

- **CI Inter Niveaux**

Elles portent sur les membres et relations entre membres de plusieurs niveaux de dimensions. Elles sont également inter-attributs.

**Contrainte 2 :** seuls les états situés dans les régions "ouest", "sud-ouest" ou "Nordest" peuvent avoir des frontières avec des provinces. Cette contrainte porte région du niveau State et l'attribut location du niveau Province.

### B) Les contraintes sur les faits

Ces contraintes impliquent un ou plusieurs faits d'un seul hyper cube spatial et peuvent être donc intra fait ou inter faits. Elles peuvent être utilisées soit pour identifier les faits incorrects et relations entre faits incorrectes, ou bien pour interdire l'exécution de requêtes spatio-multidimensionnelles sémantiquement incorrectes, portant sur un ou plusieurs faits.

- **Contraintes intra fait :** elles portent sur une ou plusieurs mesures d'un seul fait d'un seul hyper cube.

**Contrainte 3 :** les feux qui se produisent aux USA (*United States of America*) ne peuvent pas être liés à des classes de feux canadiennes. Inversement, les feux se produisant au Canada, ne peuvent pas être liés à des classes de feux américaines.

- **Contraintes inter faits:** elles portent sur les mesures de plusieurs faits d'un seul hyper cube spatial.

**Contrainte 4 :** aux États-Unis, la somme des surfaces détruites par les feux de classe "A" est supérieure à la somme des surfaces détruites par les feux de classe "E" Cette contrainte porte sur plusieurs faits.

**C) Les contraintes d'agrégation :** elles garantissent des agrégations correctes des mesures de l'hyper cube. Pour cette classe de contraintes, nous distinguons quatre sous classes :

- **Les contraintes d'agrégation utilisateurs** : Ces contraintes définissent les combinaisons correctes ainsi que leur ordre d'exécution.
- **Les contraintes d'exhaustivité de données** : Elles vérifient la présence de toutes les données (membres et faits) dont l'analyse décisionnelle a besoin [8].
- **Les contraintes de schéma** : Elles sont des conditions qui doivent être respectées lors de la définition des hiérarchies des dimensions et du choix de la granularité des faits. Elles portent sur les multiplicités des relations entre niveaux de dimension et celles des relations entre faits et dimensions.
- **Les contraintes de calculabilité** : Elles garantissent une utilisation correcte des fonctions d'agrégation pour agréger les mesures le long des dimensions. Plus précisément, elles définissent les combinaisons (dimension, niveau à partir duquel on agrège, niveau vers lequel on agrège, mesure, fonction d'agrégation) correctes et incorrectes. Elles peuvent aussi définir les relations de dépendance entre plusieurs de ces combinaisons, en considérant par exemple, les dépendances entre les fonctions d'agrégation Spatiales et les fonctions d'agrégation numériques.

### D) CI inter-hiérarchies

Ces contraintes définissent des exclusions et inclusions entre hiérarchies de dimension. Deux hiérarchies sont exclusives si leurs membres ne peuvent pas être combinés pour visualiser les mesures de l'hyper cube.

#### I.2.2. Les contraintes inter hyper cubes spatiaux

Elles portent sur des membres et des faits appartenant à plusieurs hyper cubes spatiaux. Elles peuvent être:

**A. intra niveau** : Portent sur les membres d'un niveau partagé entre plusieurs hyper cubes spatiaux (schéma en constellation). [3]

**B. inter niveaux** : Portent sur des membres de plusieurs niveaux appartenant à des hyper cubes spatiaux différents.

**C. inter faits** : Impliquent plusieurs faits de plusieurs hyper cubes spatiaux.

**Contrainte 5** : considérons un deuxième hyper cube pour l'analyse des inondations selon Les dimensions temps, localisations et types d'inondation. Ce hyper cube partage les dimensions temps et localisations avec l'hyper cube "incendies".

Il a aussi deux mesures zone inondée (spatiale) et niveau de précipitations (numérique). Un exemple simple de contrainte (zone inondée) des incendies et inondations, se produisant à la même date, doivent être disjointes.

#### I.2.3. Les CI de versionnement

- ✓ **cohérence entre schémas** : à vérifier dans le cas d'une évolution du schéma de l'EDS.

- ✓ **cohérence entre instances** : à vérifier dans le cas d'un changement au niveau des données.

### II. Spécification des CI intra-hyper-cube et inter-hyper-cubes1

Les auteurs présentent la spécification en OCL et OCL spatial des exemples de contraintes intra hyper cube spatial, leur contribution est de montrer que ces contraintes peuvent facilement s'exprimer en utilisant les standards UML et OCL. Ils utilisent pour cela, les expressions OCL de type invariant (Mot clef inv) et les diagrammes objets UML. Un invariant OCL exprime une condition qui doit être en permanence vérifiée par un ensemble d'objets (OMG, 2010c). Nous citons dont ce qui suit deux exemples des CI traités dans le travail. [10]

#### II.1. Les contraintes sur les membres

**Contrainte 1:** C'est une contrainte OCL de type invariant (mot clef inv.) qui s'applique à une instance "State" (Contextes State). Un invariant OCL exprime une contrainte sur un objet ou un groupe d'objets qui doit être respectée en permanence. En utilisant la syntaxe d'OCL, (géoA).opération topo (géoB), elle définit une relation spatiale topologique (areDisjoint) entre l'instance courante de "State" (self) et chaque instance "State" (s) de la collection des instances "State" retournée par l'expression "State.allInstances". Le mot clef self est utilisé dans OCL pour référencer l'objet courant de la classe spécifiée dans le contexte (voir figure 3.3).

**Context State inv:**

```
State. all Instances -> forAll (s |  
(self . region = 'West' and s . region = 'Northeast' ) implies  
Self .location. areDisjoint ( s . location ) )
```

Figure 3.3.L'expression spatial OCLde la contrainte 1.[10]

**Contrainte 2:** Cet invariant vérifie pour chaque objet courant "State" (self), s'il existe un objet "Province" p, dans la collection des objets "Province", tel que les géométries des deux (voir figure 3.4).

**Context State inv :**

```
Province. all Instances -> exists ( p |  
Self. Location. areAdjacent (p . location))) implies  
( ( self .region = ' West ' ) or (self . region = ' Midwest ' ) or  
(self . region = 'Northeast ' ) )
```

Figure 3.4. L'expression spatial OCL de la contrainte 2 [10]



### II .2. Les contraintes sur les faits

**Contrainte 3:** cette contrainte porte sur un fait (instance de la classe FireDisaster). Elle vérifie que le fait courant (self) n'est pas, au même temps, lié à une ville américaine et une classe de feux canadienne et inversement. "State.allInstances.county.city.firedisaster" retourne la collection des faits (instances de la classe FireDisaster) liés à la hiérarchie "localisations USA". De même, "Canadian Class.allInstances. fireclass.firedisaster" retourne la collection des faits liés à la hiérarchie des classes de feux canadiennes. L'expression "Collection ->excludes (self)" retourne vrai si l'objet "self" n'appartient pas à collection (voir figure 3.5).

**Context FireDisaster inv :**

(State . **all Instances**. county. city. firedisaster - >

**excludes (self) xor**

CanadianClass. **all Instances** . fireclass.firedisaster - >

**excludes (self) ) and**

(province . **all Instances** . county. city. firedisaster - >

**excludes (self) xor**

USAClass .**all Instances** .fireclass . firedisaster - >

**excludes (self) )**

Figure 3.5.L'expression spatial OCL de la contrainte 2 .[10]

### III. Implémentation

Dans ce travail, nous allons nous focaliser sur deux types de contraintes, à savoir, CI d'agrégation et CI de requête.

#### III.1. Les CI d'agrégation

MagicDraw est un l'AGL, basé sur UML, qui prend en charge OCL au niveau du métamodèle (c'est-à-dire au niveau du profil UML). Plus précisément, MagicDraw est capable de vérifier des contraintes OCL définies dans le profil UML (métamodèle) au niveau des instances du profil (modèles). Comme dit précédemment, nous avons implémentées un ensemble de contraintes OCL dans notre profil UML, en particulier des CI d'agrégation, afin de les vérifier dès la phase de conception lorsque les concepteurs valident leurs modèles conceptuels dans l'AGL ; ceci permet d'éviter l'implémentation de modèles (d'agrégation et d'EDS) incorrects sémantiquement et structurellement. Il faut noter que cette approche nouvelle et rapide de vérification des contraintes d'agrégation sémantiques est indépendante de tout type d'architecture SOLAP. Par exemple, supposons qu'avec MagicDraw, le concepteur spécifie dans son modèle d'agrégation qu'il souhaite utiliser la fonction Sum pour

## Chapitre III : contraintes d'intégrité dans les systèmes SOLAP

agréger la mesure temperature. Une contrainte qui interdit ce type d'agrégation a été définie dans le profil (Interdiction de sommer des mesures non-additives comme la température.

Dans ce cas, MagicDraw informe le concepteur que la contrainte n'est pas satisfaite en mettant en rouge l'indicateur concerné (ici Sum\_Temperature) et en affichant un message d'erreur dans la console explicitant le type d'erreur [6].

Cette contrainte est définie en OCL et associée au stéréotype «AggRule» du métamodèle d'agrégation du profil.

```
Context AggRule inv notAvg Nb Morts
```

```
If (
```

```
Incident - Nb Morts
```

```
and
```

```
Self .type_incident – type = 'en pan' )
```

```
then aggregator.name <> 'Avg'
```

**Figure 3.6. Expression OCL Nb Morts**

(Measure: 'Nb\_Morts ', aggregation function: 'Avg', demention: 'type\_incident') non-additives.

### III .2. Les CI sur les requêtes

Nous utilisons MDX avec le serveur OLAP comme langage et plateforme d'implémentation cibles des CI sur les requêtes SOLAP. A noter que MDX est un standard indépendant du serveur OLAP. Ainsi notre proposition pourrait être utilisée avec d'autres serveurs OLAP. L'idée principale est de traduire chaque CI de requêtes conceptuelles en une formule MDX qui sera stockée sur le serveur OLAP et visualisée au niveau du client SOLAP avec différentes politiques de visualisation. Cette formule, lorsqu'elle est exécutée, informera l'utilisateur sur la qualité des résultats des requêtes. Pour chaque type de CI de requêtes, nous avons défini un template MDX particulier. Les templates sont remplis à l'aide d'une application Java (UML2MDX) qui analyse les fichiers XMI des CI de requêtes conceptuelles.

La formule MDX correspondant à la CI de requêtes [6].

## Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre que la qualité des analyses OLAP et SOLAP dépend fortement de la qualité et l'exploration de ces données. Dans ce contexte, différents travaux se sont intéressés à la définition de contraintes d'intégrité dans les ED et EDS.

Les contraintes d'intégrité constituent une solution très efficace et générique pour appréhender les différents types de problèmes se rapportant à ces problématiques (qualité de

### **Chapitre III : contraintes d'intégrité dans les systèmes SOLAP**

---

données et qualité d'exploration) qui s'intègre plus facilement dans une démarche globale de développement d'EDS.

En effet, les CI contrairement aux autres approches, peuvent être utilisés pour identifier les données erronées, définir les règles d'agrégation correctes et aussi identifier les requêtes multidimensionnelles incorrectes.

Dans le suivant chapitre, nous allons explorer la démarche de modélisation de la solution adoptée.

## Chapitre IV : Implémentation de la solution SOLAP

### Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les différentes étapes à suivre et les différentes technologies à utiliser pour réaliser notre application Solap d'aide à la décision pour la gestion réseau routier de la wilaya de Mostaganem. Le processus de mise en place de l'application SOLAP peut être schématisé selon l'organigramme suivant :

La création de la base de données et Préparation des couches d'information	• SqlServer 2014 + ArcGis 10.3
Création de l'hypercube de données spatiales	• Visual studio 2012
Connexion avec le serveur OLAP et Configuration du service IIS + XMLA	• Gestionnaire des services Internet (IIS)
Création fichier Map	• ArcGISRuntimeSDKJava
Création de l'interface	• JAVA
Exploitation de l'application	• SqlServer et Application java

Figure .4. 1. Organigramme de travail

### I. La création de la base de données

Pour la création de la base de données en utilise SQL Server 2014

#### I.1. SQL Server

Est un système de gestion de base de données (abrégé en SGBD) incorporant entre autres un SGBDR (SGBD « relationnel ») développé et commercialisé par la société Microsoft. Il ne fonctionne que sous les OS Windows.

SQL Server 2014 utilise un ensemble courant d'outils pour le déploiement et la gestion de bases de données à la fois localement et dans le cloud.

C'est la première étape du processus de mise en place de l'application. Elle est divisée en deux phases : 1) création de la base de données ; et 2) Préparation des couches d'information.

#### I.2 . Création de la base de données

Pour créer une base de données on utilisant de SQL Server Management Studio

- ❖ Dans l'**Object Explorer**, connectez-vous à une instance du Moteur de base de données SQL Server et développez.

## Chapitre IV : Implémentation de la solution SOLAP

- ❖ Cliquez avec le bouton droit sur **Databases**, puis cliquez sur **New Database** (voir figure 4.2).

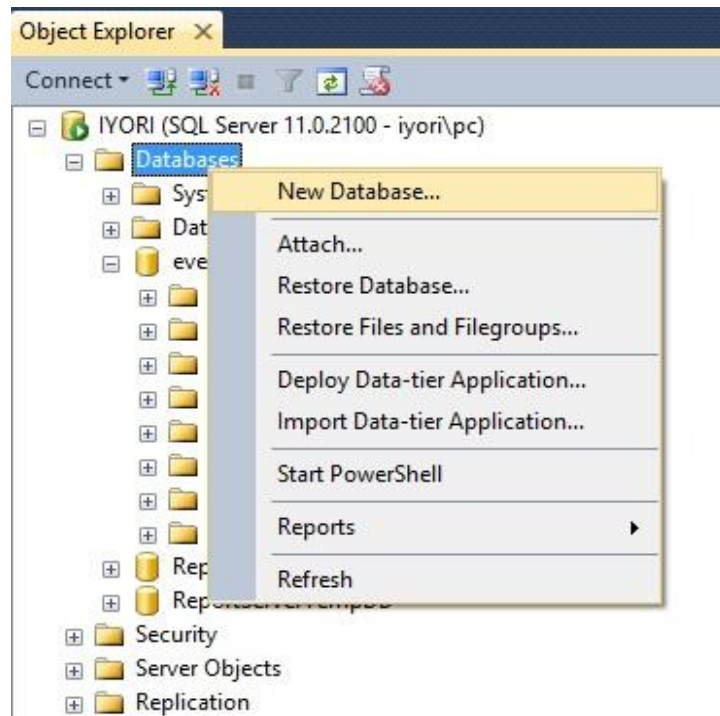


Figure 4.2. Création d'un nouvel data base

- ❖ Dans **New Database**, entrez le nom de la base de données.
- ❖ Pour créer la base de données en acceptant toutes les valeurs par défaut, cliquez sur **OK**, sinon effectuez les étapes facultatives.

### I.3. La création des tables

Pour créer les tables on doit suivre les étapes suivantes :

- Aller dans la base de données «**gestion de réseau routier** » créée auparavant
- Cliquez avec le bouton droit sur dossier **tables** → cliquez sur **new** → **table**
- Ensuite remplir les champs de la table et définir le nom de table

### I.4. Insertion des enregistrements

- Cliquez avec le bouton droit sur la table que vous avez créée → choisir **EDIT TOP 200 ROWS**

Pour voir l'ensemble des enregistrements réalisés, sélectionner la table concernée, cliquer avec le bouton droit de la souris dessus et choisir **EDIT TOP 200 ROWS** (voir figure 4.3)

## Chapitre IV : Implémentation de la solution SOLAP

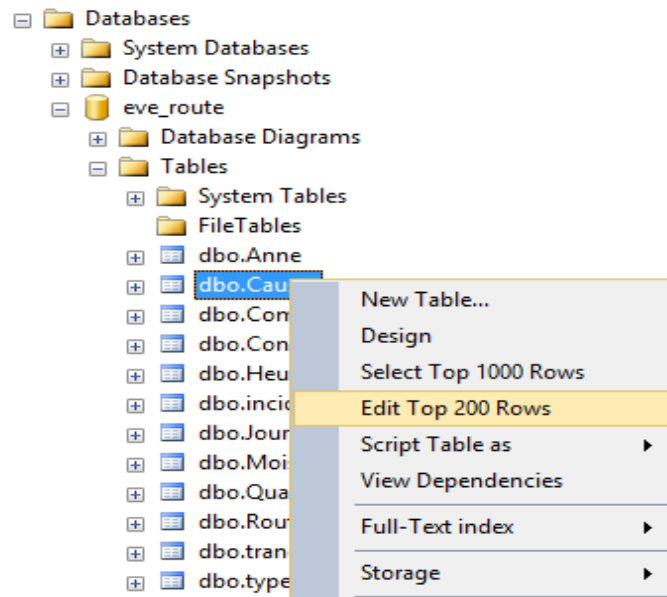


Figure 4.3. Insertion des enregistrements

### II. Préparation des couches d'information

Pour notre projet, en utilisant ArcGIS pour traiter les différentes couches utilisées dans la réalisation de ce projet : comme montré dans la (figure 4.4).

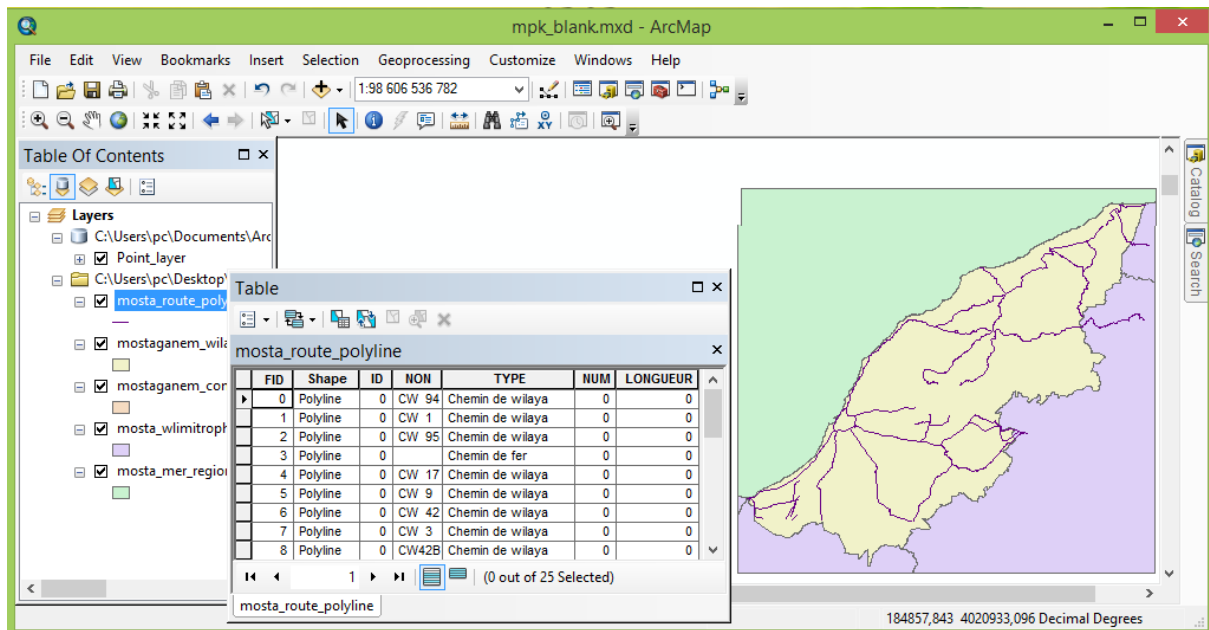


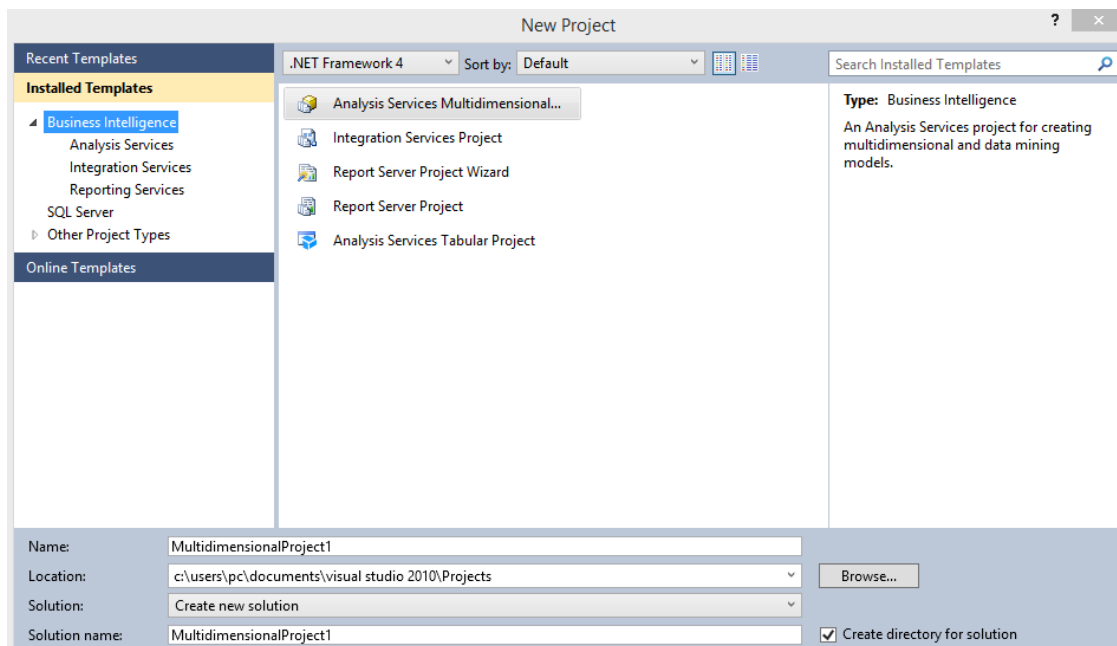
Figure 4.4. Les couches utilisées pour le projet réseau routier

### III. Création de cube de donnée

Pour la modélisation de notre cube nous allons utiliser comme outil Analysis services Microsoft :

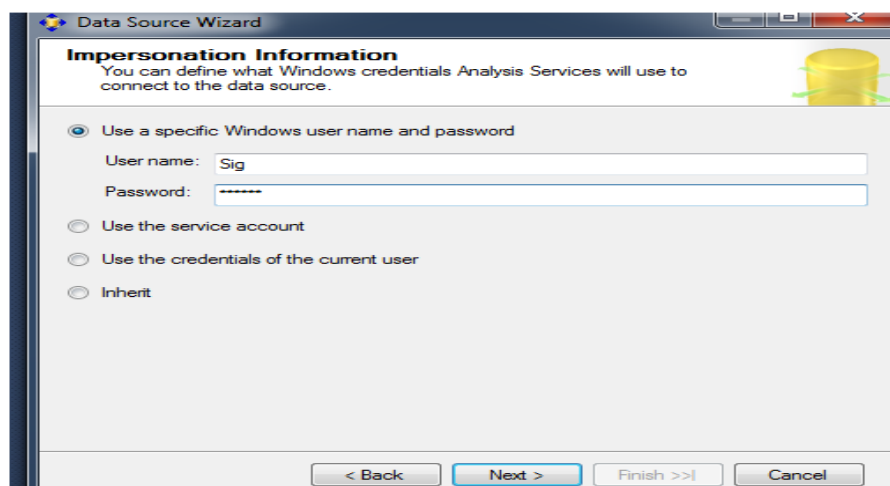
## Chapitre IV : Implémentation de la solution SOLAP

- La première étape consiste à créer un projet dans Business Intelligence Developpent Studio (BIDS), (voir figure 4.5)



**Figure .4.5. Création de nouveau projet Multidimensionnelle**

- La deuxième étape consiste à créer une source de données, Pour définir la connexion, tapez le nom de serveur dans la zone de texte Nom du serveur, puis sélectionnez base de données dans la liste déroulante de bases de données (voir figure 4.6).



**Figure .4.6. Gestion de connexion**

- La Troisième étape création d'une vue de source de données en tant qu'abstraction des tables (ou vues) à partir de la source de données que vous souhaitez utiliser pour définir des dimensions et des cubes (tables de fait et mesures), (voir figure 4.7)

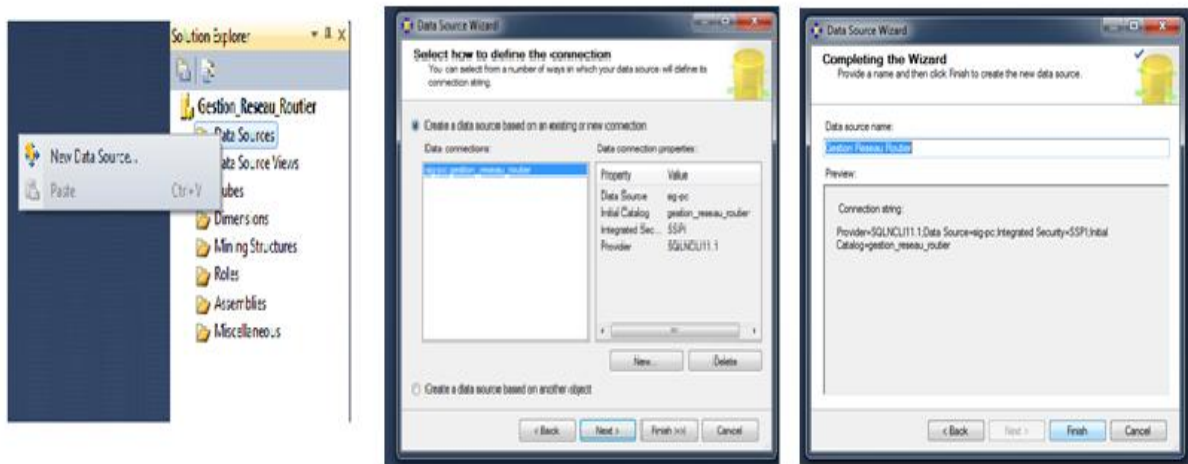


Figure 4.7. Création de source de données

- La Quatrième étape Création d'un cube : sélectionner les groupes de mesure et les dimensions de cube (voir figure 4.8)

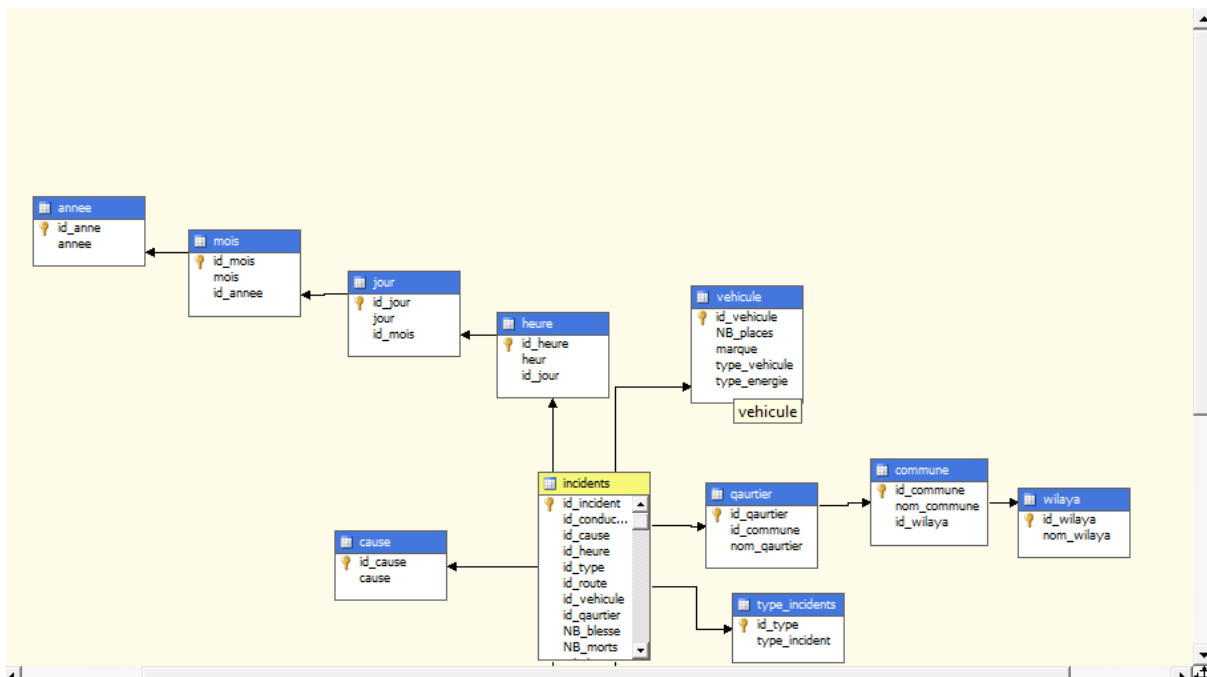


Figure 4.8. Modèle Multidimensionnel (cube)

- La cinquième étape Création des hiérarchies :
  - ✓ Hiérarchie Quartier (voir figure 4.9).



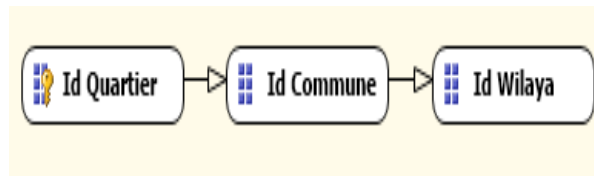


Figure .4.9. 1 Hiérarchie zone géographique

- ✓ Hiérarchie Temps. (Voir figure 4.10)

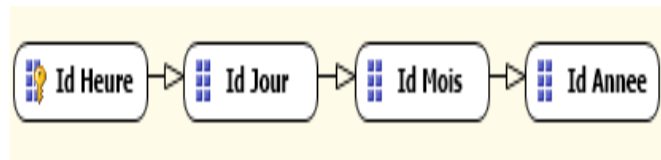


Figure .4.10. Hiérarchie temps. 1

### IV. Connexion avec le serveur OLAP et Configuration du service IIS + XMLA

Pour accéder à une instance Analysis Services vous pouvez activer l'accès HTTP en configurant MSMDPUMP.dll, une extension ISAPI qui s'exécute dans Internet Information Services (IIS) et qui pompe des données entre des applications clientes et un serveur Analysis Services.

Pour configurer IIS on suivre les étapes suivant :

1- Copier les fichiers MSMDPUMP dans un dossier du serveur web

2- Créer un pool d'applications et un répertoire virtuel dans IIS

- Ouvrez le dossier serveur, cliquez avec le bouton droit sur **Pools d'applications** → **Ajouter un pool d'applications** → nommé le pool **OLAP** →OK
- Dans le Gestionnaire IIS, ouvrez **Sites**, puis **Site Web par défaut**. Un dossier **Olap** doit s'afficher. Il s'agit d'une référence au dossier OLAP que vous avez créé sous `\inetpub\wwwroot`.

3- Configurer l'authentification IIS et ajouter l'extension (Voir figure 4.11).

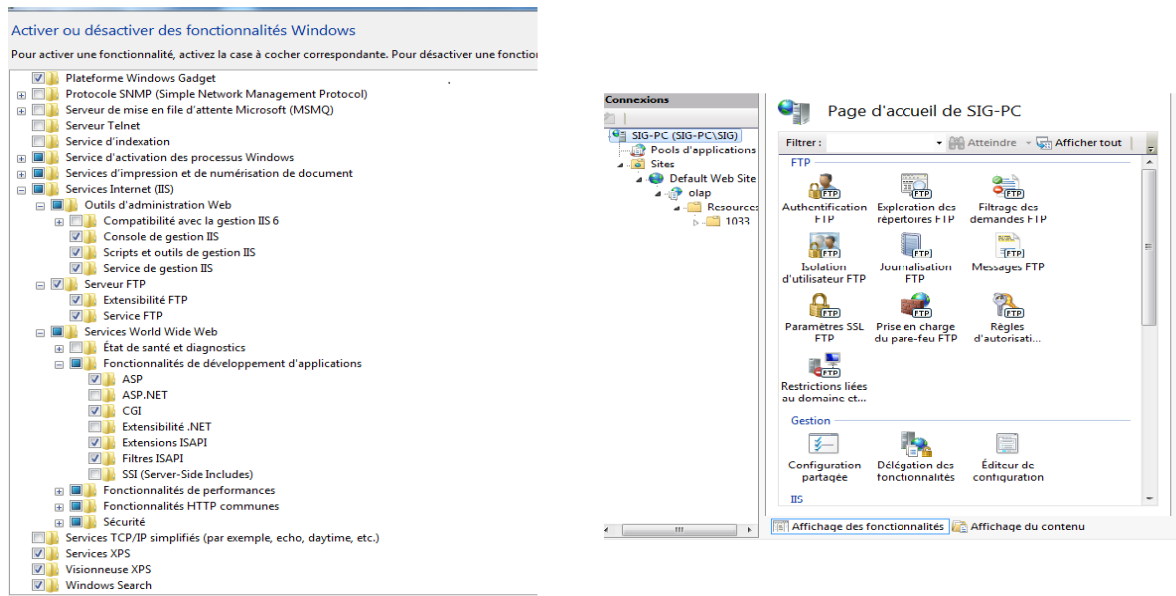


Figure .4.11.Les étapes pour configurer IIS.

## V. Création de l'interface

En utilisant le langage Java pour la programmation de notre application. Pour cela on a utilisé 1) IDE Eclipse ,2) API Olap4j

### V.1 Eclipse

Eclipse est un IDE, Integrated Développement Environnement (EDI environnement de développement intégré en français), c'est-à-dire un logiciel qui simplifie la programmation en proposant un certain nombre de raccourcis et d'aide à la programmation. Il est développé par IBM, est gratuit et disponible pour la plupart des systèmes d'exploitation.

#### V.1.1. Création fichier Map

Ce fichier montre comment créer une application de carte simple, la carte (JMap) peut être créée à l'aide d'une instance mapOptions, vous permettant d'établir facilement un type de carte (Iyer de base), latitude et longitude autour de laquelle centrer la carte, et le niveau de zoom pour la carte (Voir figure 4.12) .

## Chapitre IV : Implémentation de la solution SOLAP

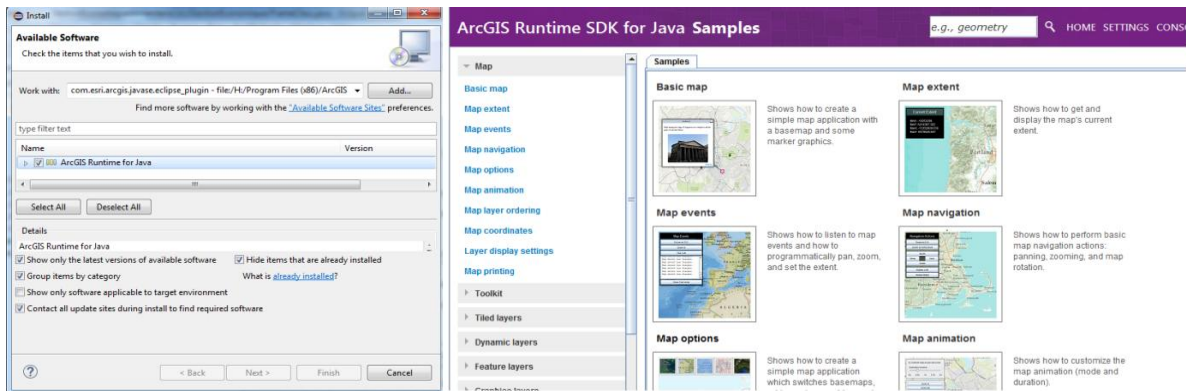


Figure .4.12. Création fichier Map

### V.2 Olap4j

Olap4j est une API Java ouverte pour construire des applications OLAP similaire à JDBC, part de certains de ses classes de base, et a beaucoup des mêmes avantages. Il Permettre de créer des applications OLAP en Java pour un serveur (disons Mondrian) et passer facilement à un autre (disons Microsoft Analysis Services, accessibles via XML for Analysis) [14].

### V.3 L'interface de l'application gestion de réseau routier

Voila notre interface de l'application réseau routier

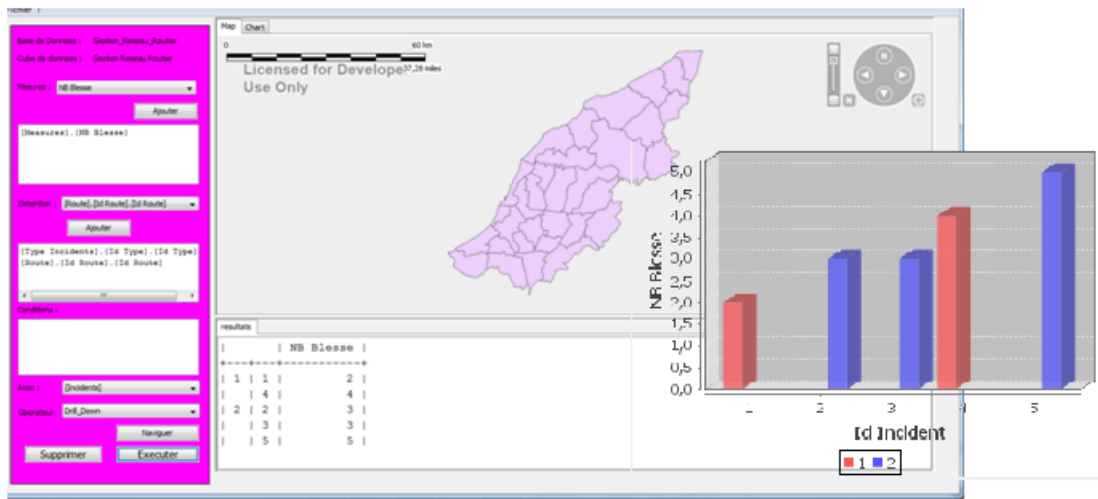


Figure 4. 13. Interface de l'application réseau routier

Pour sauvegarder les requêtes.

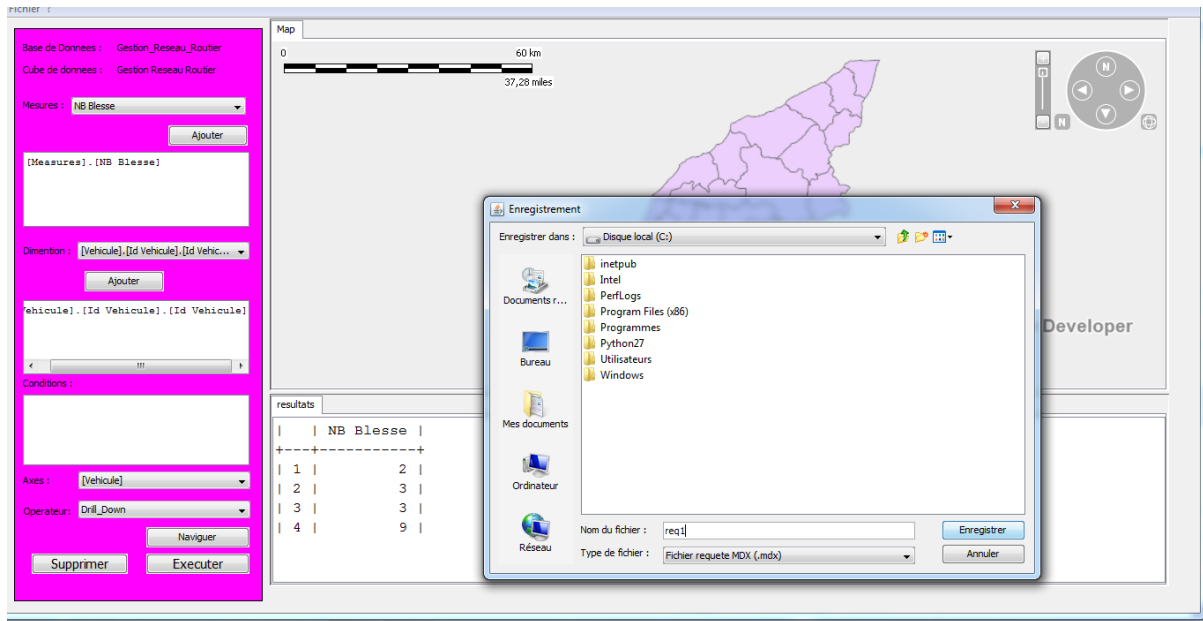


Figure .4.14.sauvegarder les requêtes

## VI. Exploitation de l'application

L'exploitation se fait en deux manières :

- ✓ A travers les requêtes MDX sur SQLServer
- ✓ A travers les requêtes MDX sur L'application java

### VI.1 Les requête MDX

Le MDX pour « **Multidimensional Expressions** » est un langage de requête dédié aux données structurées de manière multidimensionnelles.

La syntaxe MDX, finalement assez proche du SQL, se base sur une structure de type « SELECT ... FROM ... WHERE ». Le « SELECT » contient les mesures et les membres de dimensions à afficher en rangées et en colonnes (équivalent au « GROUP BY » en SQL),

Le « FROM » contient le cube de données définissant la structure multidimensionnelle des données et le WHERE permet d'appliquer des coupes sur plusieurs membres de dimensions.

## Exemple 1

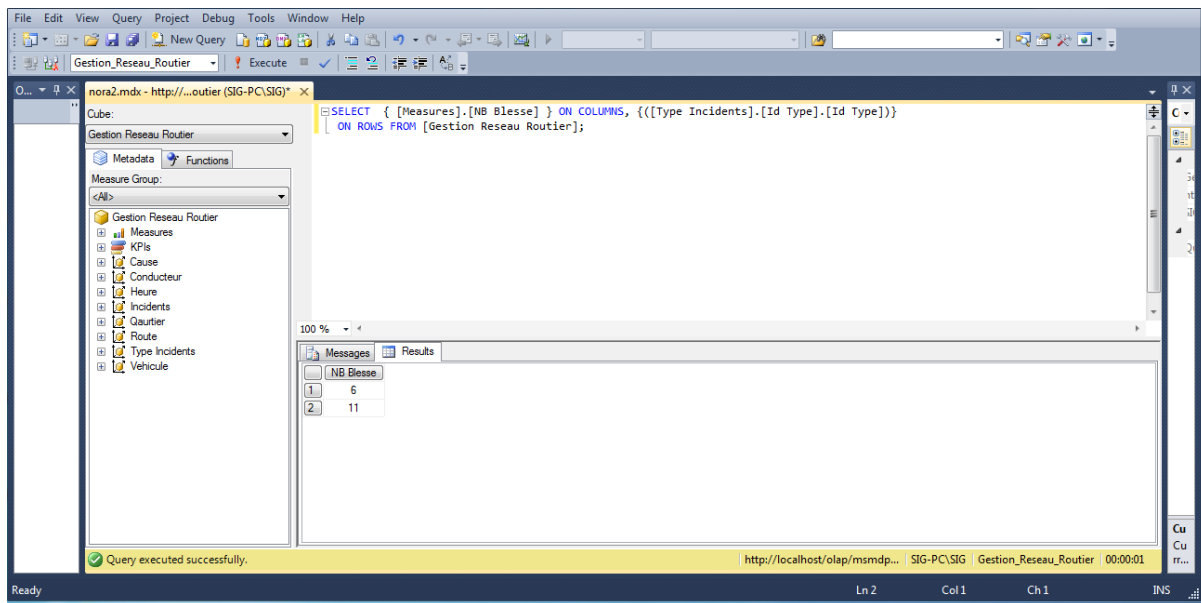


Figure .4.15.Résultat de la première requête

## Exemple 2

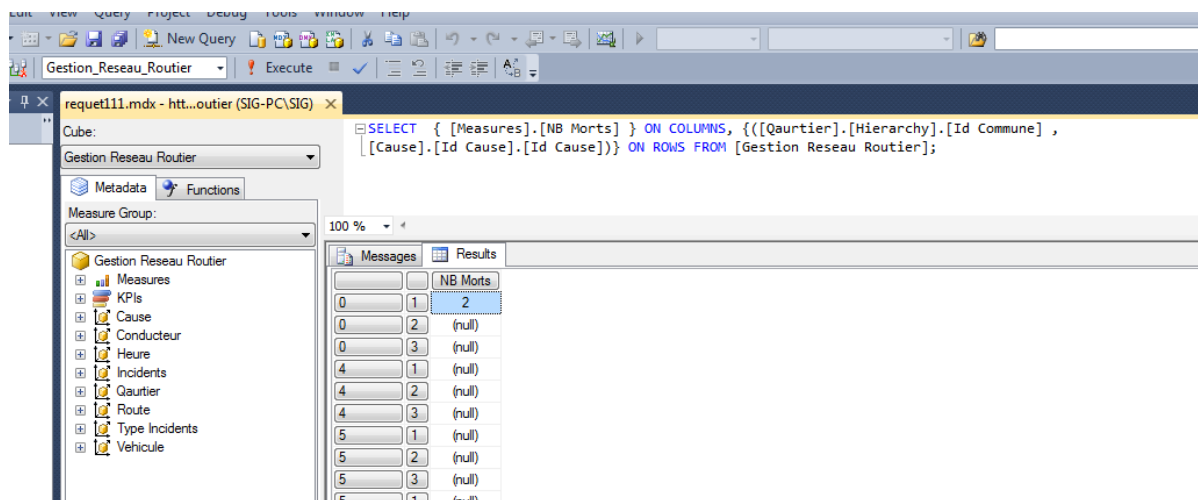


Figure .4.16 Résultat de la deuxième requête

### Exemple 3

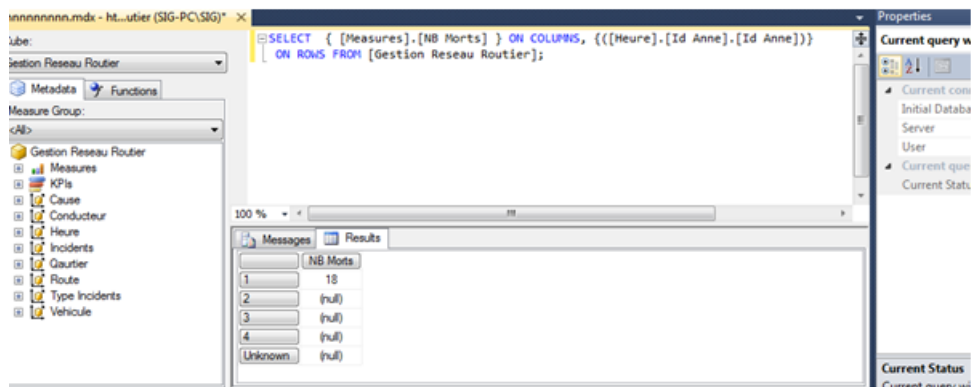


Figure .4.17. Résultat de la troisième requête

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les outils utilisés pour l'implémentation de notre application en exposant les différents composants et fonctionnalités permettant le développement d'une application décisionnelle.

## **Conclusion générale**

Dans ce mémoire, nous avons résumé les concepts principaux des entrepôts de données et de l'analyse multidimensionnelle, ces entrepôts sont modélisés selon le modèle spatio-multidimensionnel qui définit les concepts de mesure spatiale et de dimension spatiale pour prendre en compte la composante spatiale de l'information géographique.

En suit, nous avons présenté les différentes classifications de contraintes d'EDS notamment une classification orientée implémentation et une classification basée sur les concepts fondamentaux d'ED.

Nous avons aussi, présenté le domaine ciblé par notre solution d'aide à la décision, notamment la gestion réseau routier ; ainsi que la zone d'étude de la wilaya de Mostaganem.

En effet, nous avons modélisé une solution SOLAP pour la gestion réseau routier de la wilaya de Mostaganem. Cette modélisation est basée sur de différents logiciels pour développer une application décisionnelle tout en se focalisant sur la modélisation des CI des données spatiales.

## **Bibliographie**

- [1] Benadda, A et Boukredia, Y. « Modélisation d'un entrepôt de données spatiales à l'aide des profils UML. Application : Planification des travaux sylvicoles pour la conservation des forêts de Mostaganem », mémoire de master en informatique à l'université de Mostaganem, juin 2016.
- [2] Bédard Y. « Amélioration des capacités décisionnelles des SIG par l'ajout d'un module SOLAP (Spatial On-Line Analytical Processing) », cour a l'Université Aix-Marseille, Ecole Polytechnique Universitaire de Marseille, Filière Génie industriel et Informatique, 8 avril (Professeur invité). (2004).
- [3] Cabibbo, L. and Torlone, R. On the integration of autonomous data marts. 16th International Conference on Scientific and Statistical Database Management, Santorini Island, Greece, 2004.
- [4] Codd, E. F., S. B. Codd et C. T. Salley. 1993, « Providing OLAP to users-analysts: an IT mandate », white paper, Hyperion Solution Corporation.
- [5] Inmon W.H., Building the data warehouse. 2 nd ed., New York, Wiley, 1996.
- [6] Kamal, B. « Une Approche Automatisée basée sur des Contraintes d'Intégrité définies en UML et OCL pour la Vérification de la Cohérence Logique dans les Systèmes SOLAP – Applications dans le domaine agro-environnemental », thèse doctorat à Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II École Doctorale Sciences Pour l'Ingénieur de Clermont-Ferrand, 26 octobre 2012.
- [7] Lamiaa, N. « Un Modèle Multidimensionnel Pour Un Processus D'analyse En Ligne De Résumés Flous », Thèse De Doctorat A Université De Nantes Ecole Polytechnique École Doctorale STIM Sciences et Technologies de L'Information et des Matériaux, le 22 novembre 2006.
- [8] Lenz, H. and Shoshani, A. 1997. Summarizability in OLAP and statistical data bases. 9th International Conference on Scientific and Statistical Database Management, Washington, USA, 1997
- [9] Liu, J., S. Liang, D. Ye, J. Wei et T. Huang (2009). ETL Workflow Analysis and Verification Using Backwards Constraint Propagation. 21st International Conference in Advanced Information Systems Engineering, Amsterdam, the Netherlands, p. 455-469.
- [10] Salehi, M. Developing a Model and a Language to Identify and Specify the Integrity Constraints in Spatial Data cubes. Doctoral thesis. Faculté des études supérieures de l'Université Laval, Canada. 2009.
- [11] Souci, Z et TREICHE, R .I. « Vérification des contraintes d'intégrité dans les entrepôts de données spatiales et applications SOLAP », mémoire de master en informatique à l'université de Mostaganem, juin 2016.



## Webographie

- [12] [www.wilaya-mostaganem.dz](http://www.wilaya-mostaganem.dz)
- [13] [www.reflexiondz.net/bilan-des-accidents-de-la-route-des](http://www.reflexiondz.net/bilan-des-accidents-de-la-route-des)
- [14] <http://www.drdoobs.com/database/>