

**Faculté des Sciences Exactes & de l'Informatique**  
**Département de Mathématiques et d'Informatique**  
**Filière Informatique**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique  
Option : Système d'Information Géographique

**Réalisation d'un Système d'Information**  
**Géographique urbain 3D**

*Présenté par :*

- Krakallah Walid.M
- Mahi Youcef.E

*Encadré par:*

- Mohammed Midoun

❖ **Sommaire :**

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

## ✚ **Chapitre I : Les SIG, La technologie 3D**

<b>I.1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>I.2</b>	<b>Partie A : Les SIG.....</b>	<b>2</b>
2.1	L'information géographique.....	2
2.2	Les systèmes d'informations géographiques.....	2
2.2.1	Définition .....	2
2.2.2	Historique.....	3
2.2.3	Question aux quelles peuvent répondre les SIG.....	3
2.2.4	Domaines d'utilisation.....	3
2.3	Architecture et fonctionnement d'un SIG.....	4
2.3.1	Composants d'un SIG.....	4
2.3.2	Source de données SIG.....	4
2.3.3	Objets géographiques et représentation.....	5
2.3.4	Mode de représentation.....	6
2.3.5	Fonctionnement d'un SIG.....	7
<b>I.3</b>	<b>Partie B : La représentation 3D.....</b>	<b>8</b>
3.1	Etat de l'art.....	8
3.2	Définition.....	9
3.3	Fonctionnement.....	9
3.4	Modèles et technologies de visionnage en 3D.....	10
3.5	Outils et logiciels de représentation 3D.....	12
<b>I.4</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>15</b>

## ✚ **Chapitre II : La 3D dans les SIG**

<b>II.1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>16</b>
<b>II.2</b>	<b>Typologie des données 3D dans les SIG.....</b>	<b>16</b>
<b>II.3</b>	<b>MNT-MNE-Orthophoto .....</b>	<b>18</b>
<b>II.4</b>	<b>Acquisition de données pour la conception d'un MNT.....</b>	<b>22</b>
<b>II.5</b>	<b>Modélisation.....</b>	<b>24</b>
<b>II.6</b>	<b>Pourquoi des SIG 3D ? .....</b>	<b>26</b>
<b>II.7</b>	<b>Les SIG 3D dans un environnement urbain .....</b>	<b>27</b>
7.1	Description de l'environnement urbain .....	27
7.2	Spécificités des SIG 3D dans un milieu .....	27
7.3	Concepts et normes de ville .....	28

<b>II.8</b>	Exploitation, applications et domaines liés.....	29
<b>II.9</b>	Perspectives des SIG 3D.....	30
<b>II.10</b>	Conclusion.....	31

## **Chapitre III : Application SIG 3D**

<b>III.1</b>	Introduction.....	32
<b>III.2</b>	Objectifs du travail	
<b>2.1</b>	Rappel de la problématique et besoins.....	32
<b>2.2</b>	Modélisation un prototype de SIG 3D pour la visualisation et la gestion du site universitaire de Kharouba.....	32
<b>2.3</b>	Etapas de réalisation.....	33
<b>III.3</b>	Description et choix de l'environnement de développement et zone d'étude	
<b>3.1</b>	SIG: ArcGIS, Catalogue, ArcMap.....	34
<b>3.2</b>	3D: ArcScene, ArcGlobe, Sketchup.....	35
<b>3.3</b>	Université de Kharouba – Mostaganem.....	36
<b>III.4</b>	Etapas de réalisation:	
<b>4.1</b>	Conception et modélisation de la BD :	
<b>4.1.1</b>	SIG 2D :	
<b>4.1.1.1</b>	BD Vecteur :.....	36
<b>a.</b>	MCD.....	37
<b>b.</b>	Dictionnaire de données.....	38
<b>c.</b>	Sources de données: collecte terrain, plans, documents utilisés.....	40
<b>4.1.1.2</b>	BD Raster :.....	41
<b>a.</b>	Images satellite .....	41
<b>b.</b>	Photo des façades.....	41
<b>c.</b>	échelles, couvertures.....	42
<b>4.1.2</b>	SIG 3D :	
<b>4.1.2.1</b>	Sol :	
<b>a.</b>	Sources, résolutions.....	42
<b>b.</b>	Construction du MNT .....	42
<b>4.1.2.2</b>	Sursol:	
<b>a.</b>	Méthodologie utilisée .....	42
<b>b.</b>	Modélisation 3D des objets.....	42
<b>c.</b>	Description des objets 3D.....	43
<b>d.</b>	Formats de données utilisés.....	43
<b>e.</b>	Drapage de façades.....	44
<b>4.1.2.3</b>	Sous-sol .....	45
<b>4.2</b>	Intégration des données	
<b>4.2.1</b>	Sol.....	45
<b>4.2.2</b>	Sursol.....	47
<b>4.2.3</b>	Sous-sol.....	50
<b>4.3</b>	Applications réalisées	
<b>4.3.1</b>	Applications 2D :	
<b>4.3.1.1</b>	Scripts (requêtes) .....	51

4.3.1.2	Analyses spatiales.....	51
4.3.2	Applications 3D :	
4.3.2.1	Résultats de la représentation 3D.....	52
4.3.2.2	Lignes de visées.....	53
4.3.3	Interface de visualisation 3D.....	54
III.5	Schéma de synthèse.....	54
III.6	Bilan et perspectives.....	55
III.7	Conclusion .....	56
	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>57</b>
	Bibliographie.....	58

### **Introduction générale :**

La représentation 3D des objets dans un Système d'Information (SI) a pris, depuis ces dernières années, des proportions de plus en plus importantes. Bien des Systèmes d'Information notamment Géographique (SIG) permettent d'intégrer des données tridimensionnelles pour en réaliser des visualisations impressionnantes de réalisme, permettre de s'y promener ou de survoler les différentes zones modélisées. Ces différentes fonctionnalités ont trouvé un écho très favorable et surtout des adeptes dans le domaine de l'aménagement, de la simulation de projets futurs, d'intégration dans le paysage, de l'information touristique high-tech, etc.

Les progrès technologiques dans le domaine de l'imagerie virtuelle, des cartes graphiques, des possibilités de visualisation et notamment les avancés réalisées grâce au développement des jeux virtuels offrent au monde de la géomatique des outils très performants d'exploitation de données 3D.

Mais pour pouvoir en tirer le meilleur parti, il s'agit, comme pour tout SIG, de structurer les données 3D de manière intelligente pour en permettre une exploitation et des traitements plus riches qu'une simple visualisation.

Nous proposons dans projet de dresser un état de l'art de la 3D en lien avec les SIG et des perspectives d'évolution, ainsi que les différents outils et technologies qui permettent de modéliser une ville en 3D.

Dans le premier chapitre nous exposant un état de l'art des SIG et des différentes technologies de la 3D, ainsi que l'utilisation de ces outils dans notre vie quotidienne.

Le deuxième chapitre englobe l'utilisation des SIG en lien avec la 3D dans un milieu urbain.

Le dernier chapitre sera consacré à l'explication de notre logiciel ainsi que les différents résultats obtenus lors de ses applications.

Et nous terminons ce mémoire avec par une conclusion et quelques perspective pour les travaux future.

## ➤ Liste des figures :

<b>Figure I.1:</b> Représentation vectorielle des données.....	6
<b>Figure I.2:</b> Représentation raster des données.....	7
<b>Figure I.3 :</b> Modèle raster et modèle vecteur.....	7
<b>Figure I.4:</b> Fonctionnement d'un SIG.....	8
<b>Figure I.5:</b> Représentation planaire et 3D de l'espace.....	9
<b>Figure I.6:</b> Fonctionnement de visionnage 3D .....	10
<b>Figure I.7:</b> Lunettes à filtres.....	11
<b>Figure I.8:</b> Lunette à écran intégré.....	11
<b>Figure I.9:</b> Visionnage 3D à obturateur.....	12
<b>Figure I.10:</b> Visionnage 3D sans lunette.....	12
<b>Figure I.11:</b> Logiciel d'infographie.....	13
<b>Figure I.12:</b> Logiciel CAO/DAO.....	13
<b>Figure I.13:</b> Logiciel SIG.....	14
<b>Figure I.14:</b> SIG web 3D.....	14
<b>Figure II.1:</b> Données 3D dans les SIG.....	17
<b>Figure II.2:</b> Représentation du relief par un ensemble de points.....	18
<b>Figure II.3:</b> Modèle Numérique de Terrain en état final.....	19
<b>Figure II.4:</b> Représentation MNT/MNE.....	20
<b>Figure II.5:</b> Modèle Numérique d'Élévation (MNE).....	20
<b>Figure II.6:</b> l'acquisition Orthophoto.....	21
<b>Figure II.7:</b> Avion Cessna 206 TU _ F-GDAP.....	23
<b>Figure II.8:</b> IGI – Digicam H39 - 7216 x 5414 pixels.....	24
<b>Figure II.9:</b> Le LIDAR.....	24
<b>Figure II.10:</b> Drapage du sol.....	24
<b>Figure II.11:</b> Stéréo restitution.....	25
<b>Figure II.12:</b> Acquisition des photos de façades.....	25
<b>Figure II.13:</b> Drapage sur sol.....	26
<b>Figure III.1:</b> Acquisition et préparation des données.....	32
<b>Figure III.2:</b> Intégration de données.....	33
<b>Figure III.3:</b> Applications.....	33
<b>Figure III.4:</b> Environnement de travail.....	35
<b>Figure III.5:</b> Plan de l'université de Kharouba.....	40
<b>Figure III.6:</b> L'image satellitaire de Kharouba.....	41
<b>Figure III.7:</b> Photos des bâtiments de l'université.....	41
<b>Figure III.8:</b> Objets géographiques pour l'habillage.....	43
<b>Figure III.9:</b> Drapage des façades.....	44
<b>Figure III.10:</b> Appareil photo utilisée.....	44
<b>Figure III.11:</b> Visualisation 3D des réseaux sous-sol.....	45
<b>Figure III.12:</b> Construction du TIN à partir de courbes de niveau.....	45
<b>Figure III.13:</b> L'image satellitaire 2D.....	46
<b>Figure III.14:</b> Modèle Numérique du Terrain.....	46
<b>Figure III.15:</b> Numérisation des Objets.....	47
<b>Figure III.16:</b> Extrusion des polygones.....	47
<b>Figure III.17:</b> Objet 3D blanc.....	48
<b>Figure III.18:</b> Bibliothèque des façades.....	48
<b>Figure III.19:</b> Objet 3D texturé.....	49
<b>Figure III.20:</b> Intégration de l'objet 3D.....	49
<b>Figure III.21:</b> Numérisation des réseaux souterrains.....	50

<b>Figure III.22:</b> Visualisation 3D des réseaux sous sol.....	50
<b>Figure III.23:</b> Sélection des bâtiments selon le nombre d'étage.....	51
<b>Figure III.24:</b> Gestion d'éclairage.....	52
<b>Figure III. 25:</b> Gestion des réseaux sans fil.....	52
<b>Figure III.26:</b> Visualisation 3D du site.....	53
<b>Figure III.27:</b> Lignes de visée pour la caméra de surveillance.....	53
<b>Figure III.28:</b> Interface de visualisation 3D.....	54
<b>Figure III.29:</b> Schéma de synthèse.....	55

### ➤ Liste des abréviations :

- **SIG** : Système d'Informations Géographique
- **3D** : Trois Dimensions
- **LCD** : Liquid crystal display
- **GML**: Geography Markup Language
- **IFC**: Industry Foundation Classes
- **BIM**: Building Information Modeling
- **CAO**: Conception Assisté par Ordinateur
- **DAO**: Dessin Assisté par Ordinateur
- **CIM**: City Information Model
- **GPS**: Global Positionnement System
- **MNT** : Modèle Numérique de Terrain, **DTM** : Digital Terrain Model
- **MNE** : Modèle Numérique d'Elévation, **DEM** : Digital Elevation Model
- **TIN** : Triangulated Irregular Network
- **LIDAR**: Light Detection And Ranging
- **WorkFlows**: Domaine de travail
- **DAE**: *Digital Asset Exchange En Français : échange numérique d'acquisition*

## **Présentation :**

### Problématique :

Pour arriver d'un monde réel à un sig 3d il faut passer par plusieurs étapes.

### Schéma :

On peut résumer notre projet par un schéma de synthèse qui regroupe les différentes étapes de modélisation

### MCD :

Voici notre mcd qui regroupe toutes les couches et les relations entre eux.

## **Donc on passe à l'application :**

Notre application consiste à réaliser un SIG 3D pour la région urbaine de kharouba, plus précisément pour l'université de kharouba.

Voici une vue globale sur le site, on a préparé une petite animation pour le voir en détails.

On a le quartier salam, juste a coté la nouvelle faculté du médecine qui est en cours de construction, ici en bleue les arrêt de transport pour cette zone,

En suite on peut voir le quartier 600 logements, juste après les deux résidences universitaires et à coté l'EPS.

Et là, l'université de kharouba,

On à préparer des scripts en python pour l'exécution de quelques requetes, par exemple(...)

-quartier

-transport

On passe à l'université qui contient des bâtiments texturés tel que la tour, amphi, bloc, auditorium, bibliothèques... plus les couches d'habillage : par exemple : les lampadaires, arbre, voitures

Maintenant on passe à la gestion locale l'université, en exécutant quelque requêtes et analyses :

-selection (...)

On passe maintenant au sous-sol c'est pour la gestion des réseaux souterrains :

-selection selon le type de câble.

-on peut même localiser des composants du réseau électrique.

-On a préparé aussi quelque analyse spatiale.

## **Gestion d'éclairage :**

Cette analyse montre l'étendu de la lumière.

**Gestion des réseaux sans fil :**

Cette analyse permet d'étudier la distribution optimale des antennes wifi dans l'université.

**Caméra de surveillance :**

On vous montre la simulation d'une caméra de surveillance à l'aide des lignes de visées.

Dont les lignes vertes sont des lignes visibles par contre les lignes rouges sont des lignes non visible par la caméra.

Pour mieux expliquer ce concept on a préparé un exemple qui montre le champ de visibilité à partir d'un point d'observation.

Ces analyses spatiales permettent aux décideurs la gestion optimale de l'université.

Pour avoir notre SIG portable, on a développé une interface de visualisation en 3D qui contient les fonctionnalités de base de ArcGlobe en utilisant VB .Net et ArcEngine.

## Chapitre I : Les SIG, La technologie 3D

<b>I.1</b>	Introduction .....	2
<b>I.2</b>	<b>Partie A : Les SIG</b> .....	2
<b>2.1</b>	L'information géographique.....	2
<b>2.2</b>	Les systèmes d'informations géographiques.....	2
<b>2.2.1</b>	Définition .....	2
<b>2.2.2</b>	Historique.....	3
<b>2.2.3</b>	Question aux quelles peuvent répondre les SIG.....	3
<b>2.2.4</b>	Domaines d'utilisation.....	3
<b>2.3</b>	Architecture et fonctionnement d'un SIG.....	4
<b>2.3.1</b>	Composants d'un SIG.....	4
<b>2.3.2</b>	Source de données SIG.....	4
<b>2.3.3</b>	Objets géographiques et représentation.....	5
<b>2.3.4</b>	Mode de représentation.....	6
<b>2.3.5</b>	Fonctionnement d'un SIG.....	7
<b>I.3</b>	<b>Partie B : La représentation 3D</b> .....	8
<b>3.1</b>	Etat de l'art.....	8
<b>3.2</b>	Définition.....	9
<b>3.3</b>	Fonctionnement.....	9
<b>3.4</b>	Modèles et technologies de visionnage en 3D.....	10
<b>3.5</b>	Outils et logiciels de représentation 3D.....	12
<b>I.4</b>	Conclusion.....	15

## **1. Introduction :**

Les SIG, outils de gestion, d'analyse et de représentation cartographique de données 2D et 3D sont devenus incontournables dans le contexte actuel. Ils permettent, entre autres, le partage de l'information géographique, la coordination et la gestion de situations suivant différents scénarii (simulations), la culture de l'échange et la pratique de nouveaux usages auprès du grand public. Après avoir défini le concept de SIG, nous présenterons un état de l'art et les technologies de la 3D et nous bouclerons avec l'utilisation de ces outils dans notre vie quotidienne.

## **2. Partie A : Les SIG**

### **2.1) L'information géographique :**

L'Information géographique, localisée ou spatiale est une information que l'utilisateur peut marquer sur un plan ou une carte, c'est en particulier l'information sur un objet naturel ou une ressource culturelle ou humaine ou économique :

Parcelle cadastrale, segment de réseaux, mobilier urbain... ect.

L'information géographique est décrite dans un système de référence. Elle est complétée par des propriétés, des caractéristiques qui sont appelées attributs. [1]

### **2.2) Les systèmes d'informations géographiques :**

#### **2.2.1) Définition :**

Un système d'information géographique (SIG) est un système d'information permettant de créer, d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, autrement dit géoréférencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. Ses usages couvrent les activités géomatiques de traitement, de partage et de diffusion de l'information géographique. La représentation est généralement en deux dimensions, mais un rendu 3D ou une animation présentant des variations temporelles sur un territoire sont possibles.

L'usage courant du système d'information géographique est la représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives géométriques : points, des lignes, des polygones ou des maillages (format vecteur). À ces primitives sont associées des informations attributaires telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle (nombre d'habitants, type ou superficie d'une commune par ex.). Le domaine

d'appartenance de ce type de systèmes d'information est celui des sciences de l'information géographique.

L'information géographique peut être définie comme l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre.

### 2.2.2) Historique :

On distingue trois périodes principales dans l'évolution des SIG :

- fin des années 1950 – milieu des années 1970 : début de l'informatique, premières cartographies automatiques et naissance de l'éditeur de logiciels SIG ESRI (en 1969) ;
- 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. [2]

### 2.2.3) Question aux quelles peuvent répondre les SIG :

Un SIG doit répondre à cinq questions, quel que soit le domaine d'application :

**Où** : où se situe le domaine d'étude et quelle est son étendue géographique ?

**Quoi** : quels objets peut-on trouver sur l'espace étudié ?

**Comment** : comment les objets sont-ils répartis dans l'espace étudié, et quelles sont leurs relations ?  
C'est l'analyse spatiale.

**Quand** : quel est l'âge d'un objet ou d'un phénomène ? C'est l'analyse temporelle.

**Et si** : que se passerait-il s'il se produisait tel événement ? [3]

### 2.2.4) Domaines d'utilisation :

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Citons cependant :

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- Planification urbaine (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles) [4]

### 2.3) Architecture et fonctionnement d'un SIG :

#### 2.3.1) Composants d'un SIG :

Un système d'information géographique est constitué de cinq composants majeurs qui gèrent l'information géographique.

- Les logiciels spécialisés :

Ils assurent les six fonctions suivantes (parfois regroupées sous le terme des « 6A ») :

- saisie des informations géographiques sous forme numérique (*Acquisition*)
- gestion de base de données (*Archivage*)
- manipulation et interrogation des données géographiques (*Analyse*)
- mise en forme et visualisation (*Affichage*)
- représentation du monde réel (*Abstraction*)
- la prospective (*Anticipation*).

- Les données
- Les matériels informatiques
- Les savoir-faire
- Les utilisateurs [2]

#### 2.3.2) Source de données SIG :

La collecte des données SIG peut se faire de plusieurs manières :

- La photographie aérienne.
- Imagerie satellitaire (télédétection).
- La rasterisation des données.

- Modèle numérique de terrain (MNT).
- Plan ou carte scannée.
- L'importation des données numériques raster.
- La numérisation.
- La vectorisation automatique des données raster.
- La photo interprétation sur écran (PIAO).
- Modèle vectoriel de relief (TIN).
- GPS.
- .... [1]

### 2.3.3) Objets géographiques et représentation :

L'information géographique contient soit une référence géographique explicite (latitude & longitude ou grille de coordonnées nationales) ou une référence géographique implicite (adresse, code postal, nom de route...). Le géocodage, processus automatique, est utilisé pour transformer les références implicites en références explicites et permettre ainsi de localiser les objets et les événements sur la terre afin de les analyser.

Les données géographiques possèdent quatre composantes :

- Les données géométriques ou attributaires renvoient à la forme et à la localisation des objets ou phénomènes ;
- Les données descriptives (qui font partie des données attributaires) renvoient à l'ensemble des attributs descriptifs des objets et phénomènes à l'exception de la forme et de la localisation ;
- Les données graphiques renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de trait, couleur...) ;
- Les métadonnées associées, c'est-à-dire les données sur les données (date d'acquisition, nom du propriétaire, méthodes d'acquisition...).

Trois types d'entités géographiques peuvent être représentés :

- le point (x,y) ou *ponctuel* ;
- la ligne ((x1,y1), ..., (xn, yn)) ou *linéaire* ;
- le polygone ou *surfactive*. [3]

Les Systèmes d'Information Géographique exploitent deux différents types de modèles pour représenter l'information géographique:

### 2.3.4) Mode de représentation :

#### 1. Mode vecteur :

Dans ce mode les dessins sont constitués de deux formes élémentaires appelés primitives, les éléments habituels utilisés sont : le point, la ligne, le polygone (zone, surface)

##### 1.1 Point : le paire [x,y]

Représenté par les coordonnées point (x,y), noté par (.)

##### 1.2 Ligne :

Liste des points remarquables (polyligne ou mixiligne)

Polyligne : un segment peut correspond a une suite d'arcs rectiligne.

Mixiligne : un segment peut comporter des courbes approximés par des arcs de cercle, des paraboles ... etc.

Ligne(x1, y1 ; x2, y2 ;...)

##### 1.3 Polygone :

Défini par sa frontière (ligne fermée)

Polygone(x1, y1 ; x2, y2 ; ... ; x1, y1)

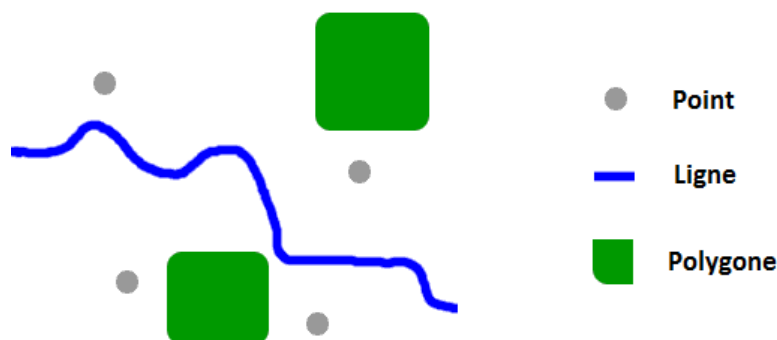


Figure I.1 : Représentation vectorielle des données

#### 2. Mode raster :

L'espace est divisée régulièrement sous forme de cellule (pixel) de taille et de forme identique, chaque cellule est référencée par une ligne et une colonne et contient une valeur numérique.

La forme des objets est identifiée par le voisinage de pixel de valeurs identiques ou proche.

**2.1 Forme ponctuelle :**

Un pixel de valeur distinct de ses voisins plus homogènes.

**2.2 Forme linéaire :**

Suite de pixel néant que deux voisins au plus de valeurs identiques ou proches distincts de leur environnement.

**2.3 Forme zonale (surfactive) :**

Ensemble connexe de pixel de valeurs proches entouré de pixels de valeurs différentes. [1]

Exemple :

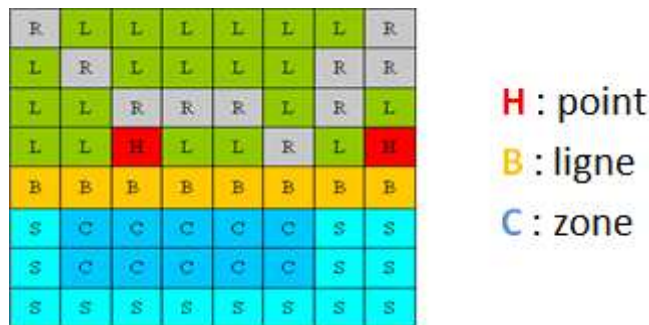


Figure I.2 : Représentation raster des données

Un SIG moderne se doit d'exploiter simultanément ces deux types de représentation. Nous donnons ici une représentation graphique de ces deux modèles :

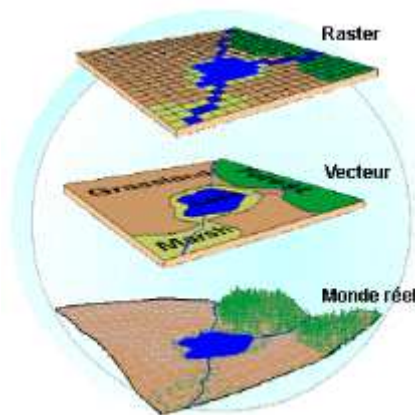
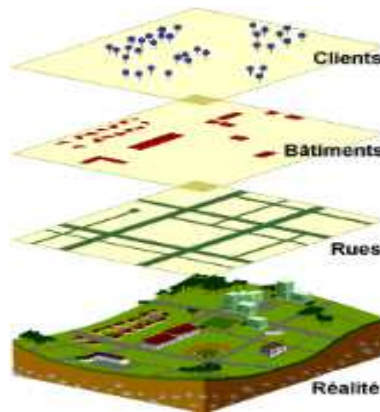


Figure I.3: Modèle raster et modèle vecteur

**2.3.5) Fonctionnement d'un SIG :**

Les cinq fonctionnalités de base du SIG lui permettent de créer une plateforme virtuelle des informations du monde réel sous forme de couches thématiques superposables au moyen des cartes géographiques. Cette technologie à la fois simple et puissante (à la base du fonctionnement de

toute application SIG digne de ce nom) a démontré sa puissance de résolution des problèmes complexe du monde réel. Il est illustré par la figure ci-dessous :



**Figure I.4:** Fonctionnement d'un SIG

### **3. Partie B : La représentation 3D**

#### **3.1) Etat de l'art :**

Un affichage de qualité en 3D procure une extraordinaire expérience de visionnage. Même lorsque la qualité du contenu 3D, de la projection, de l'affichage ou autres systèmes ne sont pas totalement satisfaisantes, le spectateur appréciera bien davantage ce qu'il voit, par rapport à un visionnage en 2D traditionnel. Que ce soit en termes de réalisme, de capture d'attention, de réponse émotionnelle, ou de la capacité à transmettre davantage d'informations dans la même période de temps, le visionnage en 3D reste inégalé.

❖ *Une Plus grande réalité :*

Une appréhension plus facilement visible des caractéristiques dimensionnelles des objets ajoute de la distance entre ceux-ci. Le spectateur peut ainsi se percevoir lui-même physiquement parmi les objets affichés.

❖ *Une attention plus soutenue :*

L'expérience de la 3D est captivante, nouvelle et inspirante. Notamment dans le domaine de l'Education, où elle permet de rendre l'apprentissage plus agréable et plus facile à mémoriser.

❖ *Une productivité améliorée:*

Comparée à la 2D traditionnelle, la 3D transmet considérablement plus d'informations au spectateur, de façon plus immédiate. Le processus d'apprentissage s'en trouve ainsi nettement amélioré.

### ❖ *Des émotions amplifiées :*

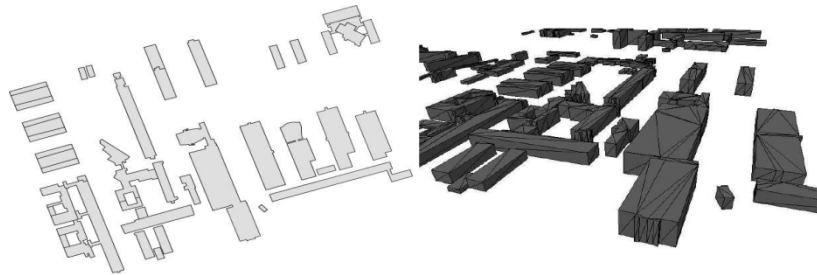
Que ce soit de l'intérêt, de l'admiration, de l'attirance, de la curiosité, de la crainte ou de la surprise, le visionnage d'un contenu 3D de grande qualité ajoute une dimension émotionnelle à l'expérience du spectateur, en comparaison à un visionnage traditionnel qui s'avère décevant. La technologie 3D est à la fois convaincante et visuellement impressionnante. [5]

### 3.2) Définition :

Trois dimensions ou tridimensionnel ou 3D sont des expressions qui caractérisent l'espace qui nous entoure, tel que perçu par notre vision, en termes de largeur, hauteur et profondeur.

Le terme « 3D » est également (et improprement) utilisé (surtout en anglais) pour désigner la représentation en images de synthèse (numérique), le relief des images stéréoscopiques ou autres images en relief, et même parfois le simple effet stéréophonique, qui ne peut par construction rendre que de la 2D (il ne s'agit donc que du calcul des projections perspectives, des ombrages, des rendus de matières).

L'expression « animation 3D » induit néanmoins la quatrième dimension qu'est le temps. [6]



**Figure I.5:** Représentation planaire et 3D de l'espace

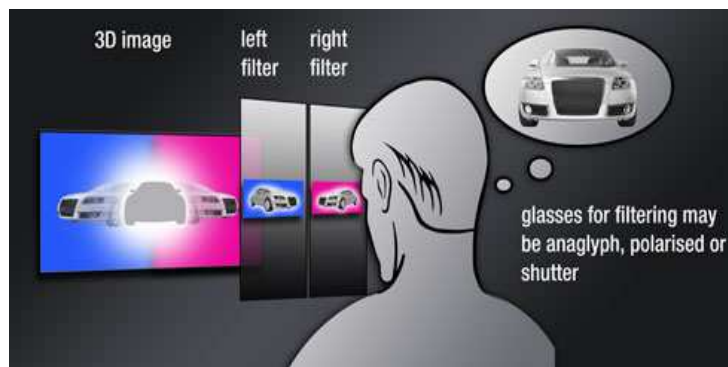
### 3.3) Fonctionnement :

Le fonctionnement de notre vision fait que le cerveau reçoit une image différente en provenance de chaque rétine.

La 3D telle que nous la connaissons aujourd'hui (stéréoscopique) est un visionnage en 2D amélioré, dans lequel le spectateur a l'impression de percevoir trois dimensions au lieu de deux. Cela est produit en partie par la technologie de simulation 3D, mais la compréhension spatiale du spectateur est essentielle pour compléter une perception 3D convaincante. En effet, le cerveau humain a

développé une préconception des formes et des objets qu'exploite l'expérience 3D. La projection en 3D fonctionne en fournissant des informations légèrement différentes à chaque œil, permettant au cerveau de percevoir deux visions différentes du même objet, afin de lui donner une impression globale de l'objet complet. Il est essentiel que les images différentes soient perçues simultanément et pour cela, la technologie 3D doit répondre à certaines normes. Les systèmes de lunettes actives nécessitent un taux de rafraîchissement de l'image de 120 Hz (60 Hz par œil), ce qui est assez rapide pour que le spectateur perçoive les images affichées en alternance comme simultanées.

Les systèmes de simulation 3D fonctionnent en affichant simultanément deux images d'une même scène selon deux angles légèrement différents. Le spectateur porte des lunettes pourvues de filtres qui dirigent l'une de ces images vers l'œil gauche et l'autre vers l'œil droit, tandis que la conscience spatiale du cerveau se charge de rendre l'image cohérente. Il existe plusieurs méthodes de filtrage : certaines sont continues et recourent à des filtres polarisants ou anaglyphes, d'autres utilisent l'obturation, laissant alternativement les images traverser chaque lentille à un taux minimal de 60 images par seconde et par œil. [7]



**Figure I.6:** Fonctionnement de visionnage 3D

### 3.4) Modèles et technologies de visionnage en 3D :

Aujourd'hui, la technologie 3D est bien présente, de la projection cinématographique en 3D aux caméras de poche qui enregistrent et lisent en 3D. Nous pouvons tous instantanément charger nos propres vidéos 3D sur Internet, et les partager avec le monde entier. En l'absence de normes communément adoptées et un marché en pleine expansion, choisir la bonne technologie 3D selon l'usage que vous souhaitez en faire est un véritable défi car il existe une multitude de systèmes 3D différents. Nous présentons ici les principaux systèmes d'affichage 3D actuellement développés.

#### ❖ Visionnage anaglyphe 3D :

L'anaglyphe 3D est un procédé bien connu. Il fonctionne avec des lunettes dotées de filtres éliminant les différents éléments en couleur, afin de séparer les deux images pour chaque œil. C'est

une solution économique puisque les lunettes ne coûtent presque rien, mais la qualité de la 3D anaglyphe est généralement faible.



**Figure I.7:** Lunettes à filtres

❖ **Lunettes avec écrans intégrés (Réalité virtuelle) :**

Cette technologie entraîne des coûts élevés, car les lunettes sont dotées de deux écrans qui affichent une image différente pour chacun d'eux. Malgré les limitations de la résolution maximale affichable, ces lunettes simulent une expérience très proche de la réalité. Le principe est que chaque œil voit des images légèrement différentes et ajoute une dimension spatiale pour recréer des formes.



**Figure I.8:** Lunette à écran intégré

❖ **Visionnage 3D à obturateur:**

Récemment, la technologie d'obturateur actif (l'une des technologies employées dans le cinéma numérique) est devenue plus abordable, et a été largement adoptée par le marché grand public, devenant la norme en télévision, projection, jeux et enseignement 3D. Les lunettes LCD à obturateur recourent à des cristaux liquides pour rendre chaque lentille alternativement transparente ou opaque. Grâce au débit rapide, le cerveau a l'impression de percevoir les deux images en même temps, et non l'une après l'autre. Le débit effectif pour chaque œil représente la moitié du débit total. À 120 Hz, chacun d'eux reçoit 60 images par seconde.



Figure I.9: Visionnage 3D à obturateur

Toutes les technologies 3D (polarisation, séparation des couleurs par filtres de fréquences et lunettes à obturateur) fonctionnent avec un seul projecteur. Il existe une solution à deux projecteurs: chacun d'eux est doté d'un filtre polarisant et ne transmet le signal qu'à l'un des deux côtés des lunettes à obturateur.

❖ **Visionnage en 3D sans lunettes :**

La solution idéale pour le visionnage 3D consisterait sans doute à pouvoir se passer de lunettes. Mais les systèmes actuellement mis en œuvre ont des limites. Tant que le contenu 3D est réduit et proche de l'œil, comme sur un Notepad ou l'écran d'une caméra de poche ou encore un téléphone portable 3D, il est possible de recourir à un effet lenticulaire appliqué aux différentes parties de l'image pour chaque œil. Cela est réalisé au moyen de minuscules lentilles sur l'écran, qui dirigent la lumière selon différents angles, certaines la dirigent vers l'œil gauche, d'autres vers l'œil droit, à condition que le spectateur occupe une position donnée par rapport à l'écran de l'appareil. [8]



Figure I.10: Visionnage 3D sans lunette

**3.5) Outils et logiciels de représentation 3D :**

Aujourd'hui, l'offre logicielle est constituée de trois familles d'outils qui tentent de se rapprocher :

- **Logiciels d'infographie**, conçus pour présenter et visualiser des scènes, pouvant être aussi bien des paysages urbains que des bâtiments. On trouve dans cette famille aussi bien des

outils « grand public » (parmi lesquels un certain nombre de logiciels *Open Source* pas toujours bien outillés pour de l'infographie de territoire) que des outils professionnels comme *LandSim 3D*.



Figure I.11: Logiciel d'infographie

- **Logiciels de CAO/DAO**, associés à des applications de conception de projets d'infrastructures (VRD) ou de superstructures (bâtiments), conçus pour réaliser des projets, mais pas pour gérer des données.

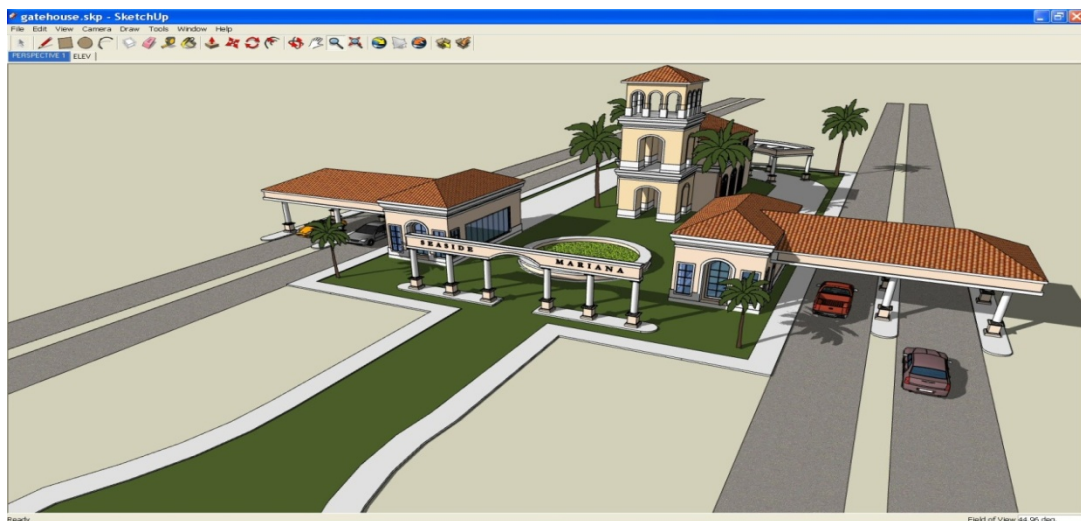


Figure I.12: Logiciel CAO/DAO

- **Logiciels SIG intégrant quelques fonctions 3D** (souvent par des modèles numériques de terrain), mais pas toujours de véritables modèles de données 3D. Parmi les outils les plus avancés, les SIG développés sur la base des outils *Autocad* et *Microstation* et le SIG *ArcGis* qui disposent de véritables capacités de stockage et d'analyse en 3D. Le SIG *Open Source Grass* dispose également de fonctions d'analyse exploitant la troisième dimension. Les fonctions d'analyse se limitent cependant souvent à celles qui étaient disponibles avec les

modèles numériques de terrain (visibilité par exemple). Les requêtes intégrant des opérateurs géométriques et topologiques en 3D restent en général à développer.

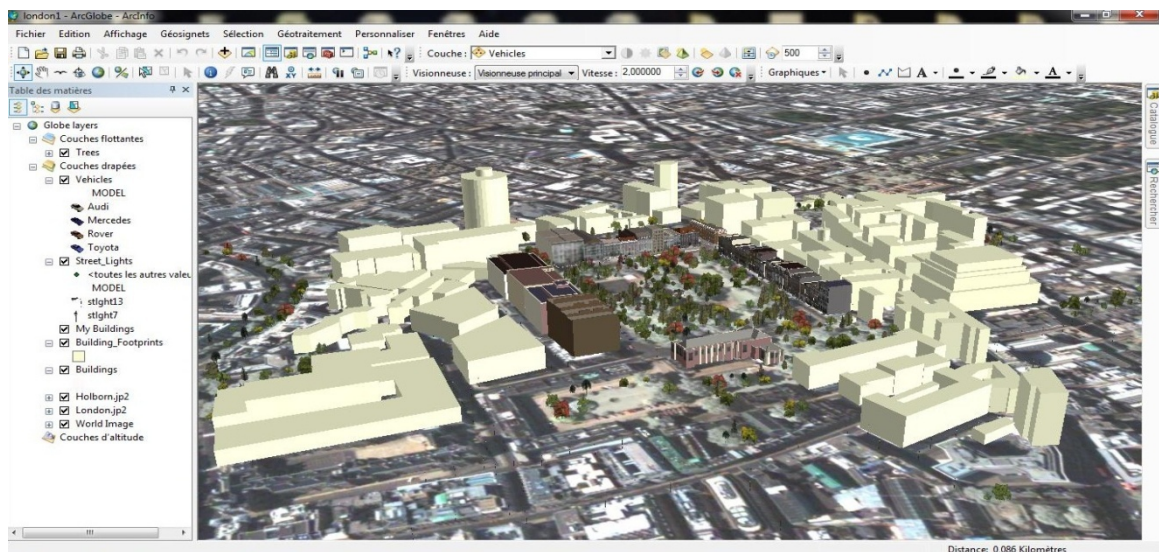


Figure I.13: Logiciel SIG

Les outils *web 3D* permettant de visualiser des données à partir d'un navigateur *Internet* sont souvent des dérivés de produits appartenant à l'une ou l'autre des trois familles. [9]

Exemple : Google Street ; permet la visualisation d'une ville en 3D.



Figure I.14: SIG web 3D

#### **4. Conclusion :**

Sert que le SIG est un outil très puissant de gestion qui couvre plusieurs domaines et usages, mais il reste toujours limité devant l'évolution très rapide des technologies notamment la 3D, pour cela dans le chapitre suivant, nous démontrons la relation des SIG avec la technologie 3D et la nécessité de coupler les deux pour avoir un outil très performant qui résout pas mal des problèmes liés à l'environnement et à la gestion de territoire en fournissant une visualisation tridimensionnelle réaliste.

## **Chapitre II : La 3D dans les SIG**

<b>II.1</b>	Introduction.....	16
<b>II.2</b>	Typologie des données 3D dans les SIG.....	16
<b>II.3</b>	MNT-MNE-Orthophoto .....	18
<b>II.4</b>	Acquisition de données pour la conception d'un MNT.....	22
<b>II.5</b>	Modélisation.....	24
<b>II.6</b>	Pourquoi des SIG 3D ? .....	26
<b>II.7</b>	Les SIG 3D dans un environnement urbain .....	27
<b>7.1</b>	Description de l'environnement urbain .....	27
<b>7.2</b>	Spécificités des SIG 3D dans un milieu .....	27
<b>7.3</b>	Concepts et normes de ville .....	28
<b>II.8</b>	Exploitation, applications et domaines liés.....	29
<b>II.9</b>	Perspectives des SIG 3D.....	30
<b>II.10</b>	Conclusion.....	31

### 1. Introduction :

Même si, à l'origine, quelques systèmes de gestion de bases de données cartographiques permettaient de gérer la troisième dimension, pendant très longtemps, les SIG se sont essentiellement développés autour de bases de données en deux dimensions et se sont limités à l'exploitation de données  $(x, y)$ , quelques outils disposant en complément de modèles numériques de terrain ou de fonctions exploitant l'altitude.

Depuis plusieurs années, l'évolution vers le SIG 3D est en marche :

Elle a en premier lieu pris la forme de nouveaux outils complémentaires des SIG permettant de naviguer dans un espace géographique tridimensionnel, matérialisé par la superposition d'un modèle numérique de terrain et d'un orthophotoplan, et d'afficher des objets géographiques dans cet espace.

### 2. Typologie des données 3D dans les SIG :

Les données 3D dans les SIG existent sous différentes formes qui dépendent de leur mode d'acquisition et de l'objet qu'elles modélisent.

#### 2.1) Le sol :

L'objet qui modélise le relief et la surface terrestre s'appelle le Modèle Numérique de Terrain (MNT). Ce MNT se rencontre sous diverses formes : image (grille d'altitudes) ou vectorielles (semis de points régulier, courbes de niveaux, réseau de triangles irréguliers, etc.).

L'exploitation de ce MNT a des fins de connaissance du territoire conduit à "draper" sur le MNT une orthophotographie, permettant ainsi de visualiser le relief complété par des informations contenues dans des images.

#### 2.2) Le sursol :

Entrent dans cette catégorie tous les objets dépassant du sol de façon significative, principalement les bâtiments et la végétation.

Les bâtiments sont modélisés avec leur toiture. Pour améliorer le niveau de réalisme des bâtiments, les façades et les toits sont texturés. Pour ce faire, on applique soit des textures génériques (couleurs proches de la couleur dominante du bâtiment), soit des images correspondant à une photographie numérique de la façade. La photographie aérienne apporte des informations et des données permettant de texturer les toitures.

La végétation peut-elle être modélisée sous deux formes.

Dans le cas d'un bois, par exemple, on pourra extraire du MNE (Modèle Numérique d'Élévation incluant le sursol) le volume correspondant à ce bois. Un rendu suffisamment réaliste sera obtenu par drapage de la photographie aérienne.

Pour les alignements d'arbres ou les arbres isolés, par contre, la connaissance de la localisation et de la hauteur de chaque arbre permettra de le représenter individuellement en trois dimensions. Le fait de connaître également l'essence de l'arbre autorise l'appel à des modèles d'arbres prédéfinis, disponibles dans des bibliothèques d'objets spécifiques.

### **2.3) Le sous-sol :**

L'amélioration de la connaissance du sous-sol, dans sa composition mais aussi et surtout par les nombreux réseaux tridimensionnels qui y sont enfouis (eau, assainissement, chauffage, électricité, gaz, téléphone et fibres, câbles, etc.) ou qui le sillonnent (cavités et galeries souterraines, cours d'eau, etc.) représente un enjeu très important. Elle constitue également une pierre d'achoppement car l'acquisition des données sur le sous-sol est encore délicate et coûteuse.

### **2.4) Les thématiques :**

Il s'agit potentiellement de tous les objets de notre environnement quotidien. Dans le cadre des collectivités territoriales, ce sont les éléments entrant dans la gestion des espaces publics qui sont les plus intéressants.

Si ces éléments sont généralement présents dans les bases de données géographiques des Systèmes d'Information territoriaux, la plupart ne sont modélisés qu'en 2D. Il est donc nécessaire de les modéliser en 3D, notamment en les projetant sur le MNT ou le MNE, ce qui peut être automatisé grâce aux logiciels SIG.

Le mobilier urbain, le jalonnement et la signalisation verticale, les candélabres sont autant de données thématiques pouvant être modélisées en 3D. L'univers 3D de la maquette virtuelle peut ainsi être enrichi en lui conférant un niveau de détail, donc de réalisme, plus élevé.[10]



**Figure II.1:**Données 3D dans les SIG

### 3. MNT – MNE – Orthophoto :

La modélisation de terrains intervient dans plusieurs domaines. La réalisation de cartes, l'étude d'un terrain ou le déplacement d'un robot dans un monde extérieur exige la connaissance de la variation de l'altitude dans un terrain (i.e. son relief).

Les MNT (Modèles Numériques de Terrain) sont des modèles numériques utilisés pour stocker les informations concernant les terrains.

#### 3.1) Modèle Numérique de Terrain (MNT):

Un modèle numérique de terrain (MNT) est une représentation de la topographie (altimétrie) d'une zone terrestre (ou d'une planète tellurique) sous une forme adaptée à son utilisation par un calculateur numérique (ordinateur). [11]

Un modèle numérique de terrain (MNT) est la représentation de la surface du terrain, supposée continue, par un grand nombre de points sélectionnés dont les coordonnées x,y,z sont connues dans un système arbitraire de coordonnées.

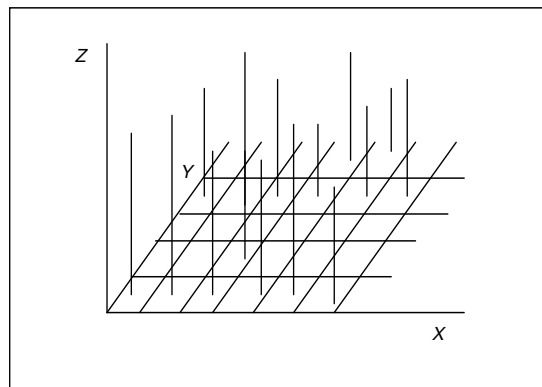
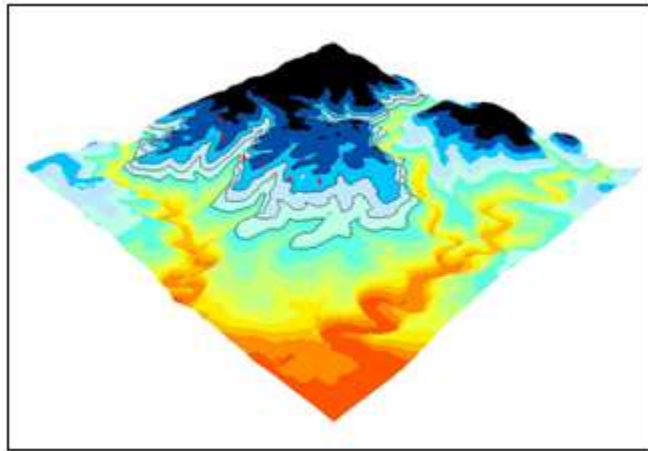


Figure II.2: Représentation du relief par un ensemble de points.

Les Modèles Numériques de Terrain "MNT " (Digital Terrain Modèles "DTM") décrivent la surface d'un terrain sous une forme numérique, à partir d'un échantillon de points observés dont le nombre et la répartition permettent de calculer, par interpolation et en tout point, la côte (l'altitude) inconnue  $Z=F(x,y)$  .

- Le 2.5D (un niveau intermédiaire entre 2D et 3D) est un 2D déformé dans l'espace; il est analogue à une nappe surfacique placée dans l'espace, où tout objet est représenté par une surface, et chaque point de cette surface possède une hauteur maximale (altitude), (chaque point (x,y) possède une **seule** valeur z ). [12]

- Le Modèle Numérique de Terrain représente le sol nu, et ne prend pas en compte les objets sur lui comme les plantes et les bâtiments.[11]



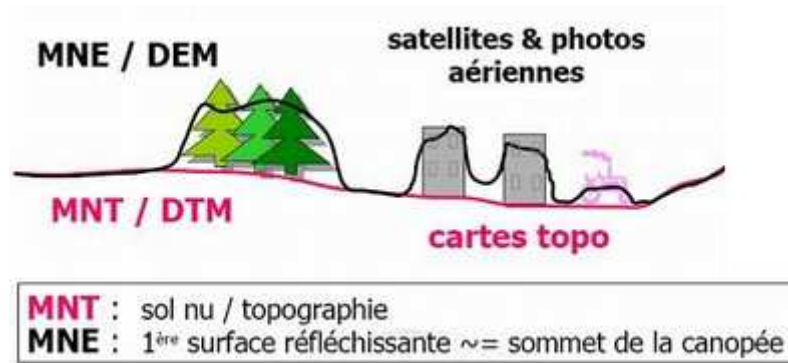
**Figure II.3:** Modèle Numérique de Terrain en état final

### 3.2) Utilisation des MNT :

- Extraction des paramètres du terrain.
- Tracés des profils topographiques.
- Modélisation de l'écoulement de l'eau ou de la masse du mouvement (par exemple pour les avalanches et glissements de terrain).
- Création de cartes en relief.
- Planification du vol 3D.
- Simulation de vol.
- Précision agricoles et forestières.
- Analyse de surface.
- Robotique : le déplacement d'un robot dans un environnement extérieur. [11]

### 3.3) Modèle Numérique d'Élévation (MNE) :

Un Modèle Numérique d'Élévation (MNE) est une représentation des élévations sur un terrain dont les surfaces représentées par un MNE comprennent les bâtiments, les arbres et les autres objets.[11]



FigureII.4: Représentation MNT/MNE

*Autre définition :*

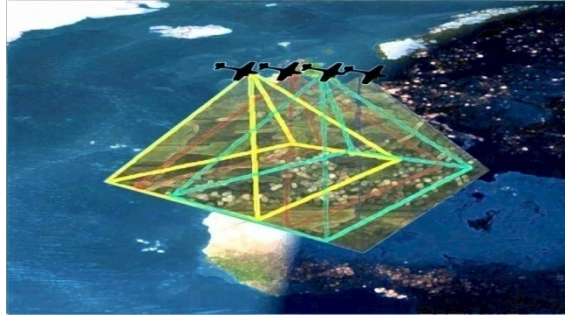
Un MNE prend en compte le relief, mais aussi ce que on appelle la "canopée" (sommets des arbres) ou encore le sur-sol (élévation des bâtiments). Par défaut les images aériennes ou satellites débouchent par photo-interprétation sur la production d'un MNE.[13]



FigureII.5: Modèle Numérique d'Élévation (MNE)

**3.4) Orthophotographie :**

L'orthophotographie est une photographie aérienne qui a fait l'objet d'un balayage numérique de haute résolution; qui a été corrigée géométriquement et redressée par rapport au sol afin d'éliminer les imprécisions occasionnées par l'inclinaison de la caméra au moment de la prise de vue et en raison de la déformation de l'image causée par le relief.



**Figure II.6:** l'acquisition Orthophoto

On a ajouté les coordonnées (géoréférence) afin d'être utilisée dans un ordinateur permettant ainsi d'y superposer d'autres informations géographiques, de mesurer des distances, etc.[14]

Trois opérations de rectifications sont à considérer lors du calcul de l'orthophotographie à partir d'un cliché aérien stéréoscopique :

1. Corriger l'inclinaison de la prise de vue,
2. Aplanir le terrain, c'est-à-dire rectifier l'inclinaison des objets due aux pentes (relief),
3. Corriger l'erreur de parallaxe commise à la visée, ainsi que les déformations optiques des objectifs et appareils utilisés.[15]

➤ **Relation MNT - Orthophotographie:**

La qualité et précision de l'Orthophotographie sont étroitement liées à la qualité et précision du MNT.

Cette relation est d'autant plus importante lorsque :

- Le pixel de l'ortho est petit (15 cm ou moins)
- On veut utiliser le MNT pour des visualisations 3D

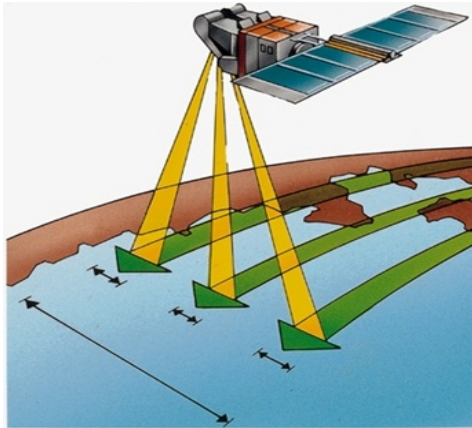
Si la définition du produit final d'une orthophotographie est «facile » à visualiser (taille pixel, précision), la définition du MNT permettant sa constitution est plus complexe.

De plus un MNT devant servir à la réalisation d'une orthophotographie n'a pas obligatoirement les mêmes caractéristiques qu'un MNT devant servir pour des études. [11]

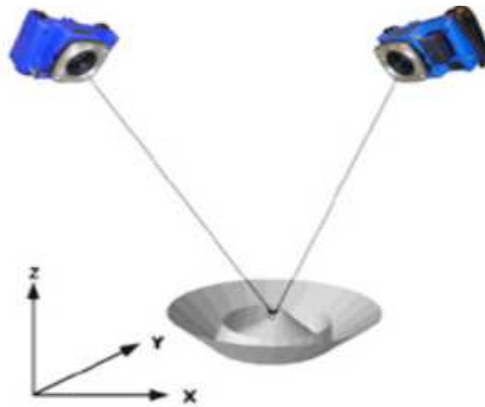
#### 4. Acquisition de données pour la réalisation d'un MNT :

L'acquisition de données pour la réalisation d'un MNT peut se faire de plusieurs manières :

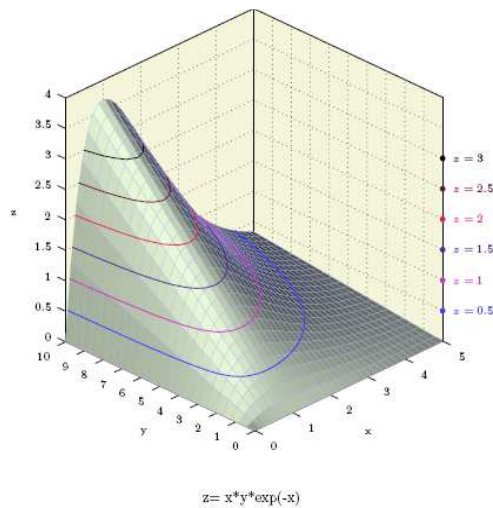
- Par interférométrie radar.



- Par stéréoscopie à partir de couples d'images aériennes (photogrammétrie) ou prises par satellite.



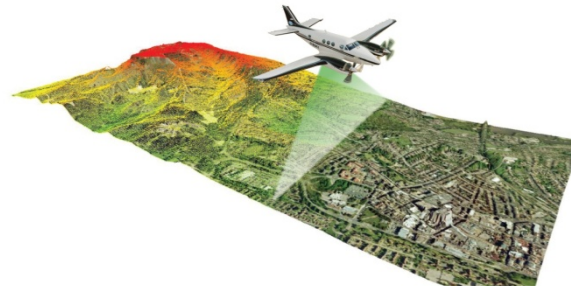
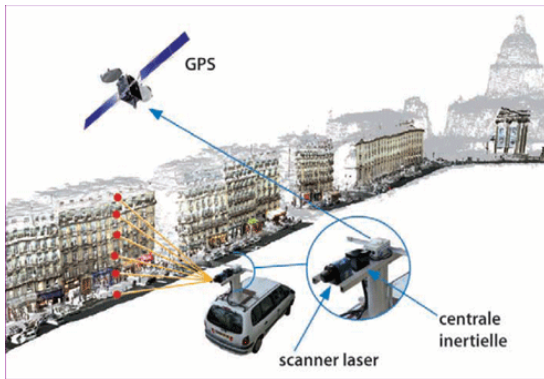
- Par numérisation des courbes de niveau d'une carte.



- Par GPS, triangulation (par des géomètres).



- Lasergrammétrie (capturer les coordonnées d'un point en x,y,z au moyen d'un laser télémètre).



- Par LIDAR (système laser aéroporté)

- Par saisie directe des coordonnées (x, y, z) des points du terrain, mesurées.

Nous allons détailler quelques techniques d'acquisition des données 3D les plus utilisées:

### ➤ Procédé photogrammétrique :

La génération du MNT ou du MNE par procédé photogrammétrique est réalisée : soit par collecte manuelle en vision stéréoscopique (semis et ligne de rupture de pente), soit par collecte automatique et doit suivre les étapes suivantes :

- La corrélation à haute densité pour le semis de points
- Le filtrage du MNE/MNT
- Les contrôles et les corrections du semis de points
- La collecte stéréoscopique pour les lignes de rupture
- Pour le MNE, on restitue les contours de toitures, faitages, arêtes

### ➤ Le Procédé LIDAR :

La génération du MNT ou du MNE par procédé LIDAR doit suivre les étapes suivantes :

- L'acquisition aérienne des données
- Définir la trajectographie
- La calibration du Lidar
- Le filtrage du MNE/MNT
- La classification des points et contrôle
- Le MNE est obtenu «immédiatement » car correspond à la première donnée exploitable (premier écho du Lidar). [11]

**Les moyens aériens :**



**Les avions topographiques :**

Ces avions sont spécialement aménagés pour les prises de vues :

- Trappes photographiques
- Systèmes de navigation embarqués
- Systèmes électriques dédiés

**Figure II.7:** Avion Cessna 206 TU \_ F-GDAP



**Les Caméras**

Les moyens de prise de vues s'appuient sur des caméras

**Figure II.8:** IGI – Digicam H39 - 7216 x 5414 pixels,



**LIDAR (*Light Detection And Ranging*):**

La **téledétection par laser** ou **LIDAR** est une technologie de télédétection ou de mesure optique basée sur l'analyse des propriétés d'une lumière laser renvoyée vers son émetteur.

**Figure II.9:** Le LIDAR

**5. Modélisation :**

Drapage 3D du sol :

Pour un contrôle qualitatif du MNT, il est nécessaire d'effectuer un drapage du MNT avec l'orthophoto.

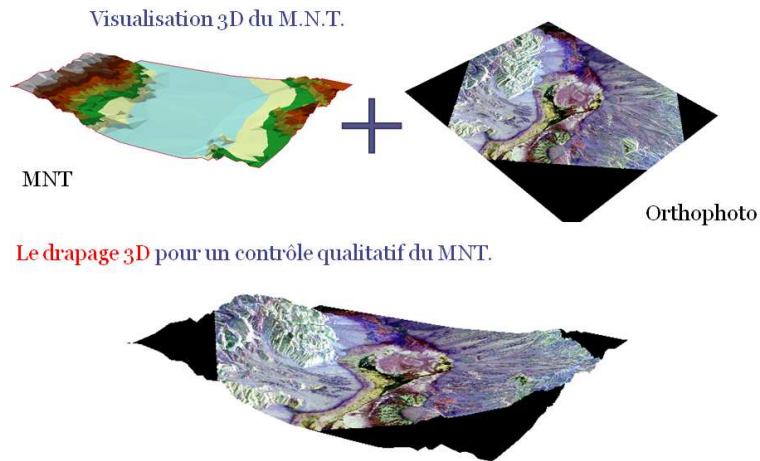


Figure II.10: Drapage du sol

Stéréo restitution :

Après avoir modélisé le sol, maintenant on passe à la modélisation de sursol.

La Stéréo restitution est un processus dont le principe est de numériser et identifier les objets géographiques notamment les bâtiments, après la stéréo restitution, on ajoute la troisième dimension.

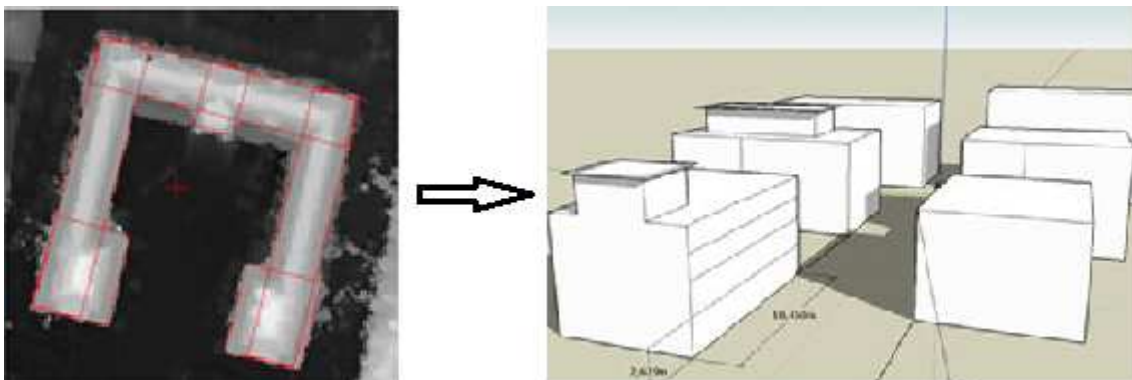


Figure II.11: Stéréo restitution

On aura en premier lieu une des bâtiments blancs non texturés.

Drapage 3D de sursol :



Figure II.12: Acquisition des photos de façades

Pour avoir des bâtiments texturés, on prend les photos des façades à l'aide d'une caméra embarqué sur un véhicule qui se déplace dans la ville.

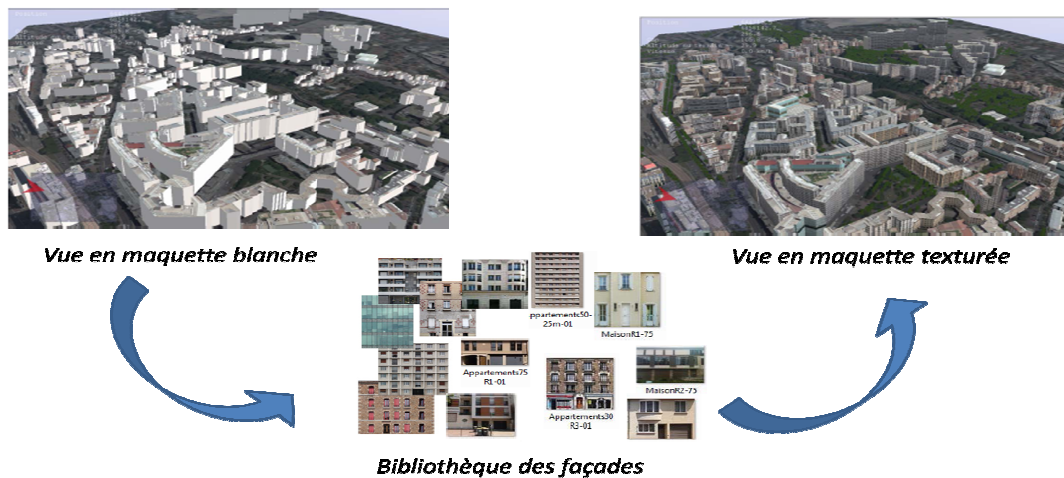


Figure II.13: Drapage sur sol

## 6. Pourquoi des SIG 3D ?

De nombreux problèmes liés aux SIG peuvent être résolus à l'aide de la 3D. La visualisation des données en 3D nous permet de mettre rapidement en évidence les relations spatiales entre les entités SIG, et les outils analytiques peuvent quantifier ces relations sous forme de modèles.

Les SIG 3D offrent des outils destinés à la création, la gestion, la visualisation, l'analyse et le partage des données SIG dans un contexte tridimensionnel (3D).

Les spécialistes de l'environnement, les offices des forêts et les ingénieurs civils peuvent utiliser les SIG 3D pour appréhender la configuration du terrain et modéliser celui-ci en vue de simuler des phénomènes tels que le ruissellement des eaux et les inondations. Les compagnies minières, les géologues et les chercheurs peuvent utiliser les fonctionnalités des SIG 3D pour approfondir leurs connaissances en matière d'ensembles géologiques de subsurface, tels que les intersections 3D de puits déviés et les couches de subsurface. Les collectivités locales, les urbanistes et les organisations militaires peuvent exploiter les SIG 3D pour formuler des questions liées aux structures créées par l'homme, notamment en ce qui concerne le champ de visibilité actuel et futur au sein d'une aire urbaine.[16]

### **7. Les SIG 3D dans un environnement urbain :**

#### **7.1) Description de l'environnement urbain :**

Selon M. MALDAGUE (1997) cité par KASEREKA (2002), le domaine de l'Environnement peut comporter trois dimensions à savoir : la dimension écologique (interactions dynamiques entre facteurs abiotiques (biotope, climat et sol) ; la dimension humaine, et la dimension culturelle.

D'où, il définit l'environnement comme étant un « Ensemble des milieux d'influences, milieux humains, naturels, économiques, qui agissent sur l'individu à tous les instants de sa vie quotidienne et déterminent en grande partie son comportement dans toutes les dimensions de l'être sociale, intellectuelle, affective, spirituelle et culturelle.

Du point de vue écologique, l'environnement est perçu comme cadre de vie, réservoir des ressources et réceptacle des déchets.

Dans le cadre de ce travail, nous optons pour cette définition de Maldague par le fait qu'elle inclut les composantes culturelles de la population humaine.

L'Environnement urbain : Il est constitué de facteurs abiotiques, facteurs biotiques, Homme, culture et techno sphère. [17]

#### **7.2) Spécificités des SIG 3D dans un milieu urbain :**

Dans le monde entier, les villes recherchent des solutions pour améliorer la durabilité de leurs infrastructures et offrir une meilleure qualité de vie à leurs citoyens. La durabilité englobe l'aménagement urbain, la conception des bâtiments, les transports, les programmes de lutte contre le

bruit et l'amélioration de la qualité des infrastructures collectives. Ce besoin a conduit à la création de SIG 2D rapidement éclipsés par de plus prometteurs SIG urbains 3D.

Cependant, les SIG urbains 3D n'ont pas pour seule vocation de donner une belle image d'une ville. Ils fournissent un modèle intégré d'informations aériennes et souterraines d'une ville, englobant non seulement l'environnement bâti mais également les infrastructures telles que les axes de circulation, qui permettent à la ville de vivre. Ces modèles d'informations 3D sont exploités aussi bien dans les workflows en amont des travaux, que dans la conception et la maintenance des infrastructures.

Pratiquement, un SIG urbain 3D inclut la cartographie thématique, les études de perspective, les simulations de bruit, les simulations d'inondation, ainsi que les workflows d'aménagement et de zonage urbains. [18]

### 7.3) Concepts et normes de ville 3D :

La modélisation des villes 3D suit des approches très différentes car les finalités sont multiples. Il s'agit de trouver le juste compromis entre le trop simple (mais que l'on peut obtenir à faible cout grâce a l'automatisation du processus de modélisation) et le trop cher.

Ainsi, certaines modélisations de villes 3D n'ont pas d'autre prétention que de faciliter les balades virtuelles et le repérage. Leur génération est largement automatisée ce qui entraine parfois des effets de bord surprenants.

De grandes villes constituent et administrent des modélisations urbaines 3D plus élaborées et qui doivent être les plus fideles possibles. Dans le cadre de projets d'aménagement ou pour l'instruction de dossier de permis de construire, il est nécessaire de travailler avec des niveaux de définitions élevés.

Sur ce plan, le terrain est relativement balisé avec la disponibilité de deux standards complémentaires, l'un plutôt adapté à la problématique des paysages urbains (*CityGML*), l'autre à celle des modèles de bâtiments (les IFC).

En matière de standard, il faut également citer les spécifications *Collada*(*Collaborative Design Activity*), concernant un format d'échange entre applications de 3D interactives.

#### **CityGML:** Modèle de représentation 3D urbain :

- Plutôt orienté approche des paysages urbains et modèles virtuels 3D

- Définition de classes et relations pour les objets les plus courants
- Les propriétés géométriques, topologiques et sémantiques sont décrites ainsi que les modes de représentation

### **IFC ( IndustryFoundation Classes) : Modélisation 3D des bâtiments**

- Format de fichier orienté objet utilisé par l'industrie de bâtiment pour échanger et partager des informations entre logiciel.

### **Collada ( Collaborative Design Activity) :**

- Format d'échange entre application 3D interactives.[19]

## **8. Exploitation, applications et domaines liés :**

Même si aujourd'hui, la plupart des usages se situent au niveau de la visualisation/navigation dans un modèle 3D, plusieurs autres usages existants ou émergents peuvent être évoqués.

On peut les regrouper de façon synthétique en trois catégories :

#### Modélisation 3D de ville souterraine/cadastre 3D du sous-sol :

On évoque ici les divers usages associés à la localisation des réseaux souterrains en 3D : consultation, projets, vérifications techniques, gestion étendue de réseaux... Ces usages devraient se développer dans les années à venir du fait de l'obligation légale faite aux exploitants de réseau de localiser précisément leurs réseaux. Des applications similaires existent dans le domaine de la géologie et de l'agro-pédologie.

#### Analyse sur des problématiques environnementales :

(Bruit, inondations, propagations de pollutions aériennes ou de liquides, calcul de potentiel photovoltaïque, études d'ensoleillement...) ou de sécurité(modélisation de feux ou d'accidents liés à des risques naturels ou d'accidents dus à des risques technologiques, circulation des services d'intervention dans les bâtiments et les ensembles urbains...) qui nécessitent des données en 3D. Il s'agit de façon plus générale d'intégrer la problématique 3D dans certaines analyses spatiales nécessitant la manipulation de pentes, altitudes, calculs d'inter visibilité, etc. Et des calculs sur des volumes plutôt que des traitements jusqu'ici uniquement focalisés sur des surfaces.

#### Applications concernant l'aménagement urbain et la gestion de patrimoine bâti en 3D (usage des sols *versus* occupation des sols).

Ces usages font appel à diverses familles de fonctions (nous n'évoquons pas les fonctions de saisie et mise à jour en 3D, mais uniquement les fonctions d'exploitation de données tridimensionnelles):

- Visualisation, navigation dans le modèle 3D, simulation d'ensoleillement ou jour/nuit...

- Calculs et représentations géométriques dérivés de l'élévation : profils en long et en travers, calcul de volumes, calculs divers...
- Analyse spatiale en 3D.
- Modélisation mathématique dans l'espace-temps (propagation de phénomènes dans le temps et dans l'espace par exemple).

Le principal enjeu en matière d'usages est de passer de la visualisation/ navigation à une véritable exploitation de la 3D, notamment en analyse spatiale, ce qui pose le problème de la topologie volumique et des bases de données 3D multi-échelles. Les fonctions des deux premières catégories sont disponibles dans des logiciels cartographiques, pas toujours dans les SIG. Celles des deux dernières catégories existent souvent à l'état expérimental et relèvent encore de la recherche en SIG.[9]

### 9. Perspectives des SIG 3D :

#### ❖ Enjeux à court, moyen, et long terme :

De nombreuses organisations ont franchi le cap de l'initiation à travers l'élaboration de maquettes virtuelles établies aux fins de communication et visualisation de projets d'aménagements, ainsi que du test de solutions de rendus réalistes. La plupart des travaux actuels sur le 3D présentent de telles réalisations. Pourtant, que leurs promoteurs en soient conscients ou non, les enjeux sont aujourd'hui ailleurs :

- À court terme, développer d'autres usages opérationnels de la 3D et mettre en place des processus de collecte, mise à jour, gestion, échange et exploitation de données tridimensionnelles opérationnels et stabilisés. C'est la condition pour rendre crédible les projets de SIG 3D dépassant le stade de la communication visuelle.
- À moyen terme, organiser la gestion des données dans le cadre d'entrepôts de données en 3D, permettant de traiter l'ensemble des *workflows* d'information géographique depuis le dessin et la cartographie numérique jusqu'à la CAO (ingénierie civile), l'aménagement du territoire, la gestion (patrimoine, réseaux...) et la modélisation volumique allant jusqu'à la réalité virtuelle ou augmentée.

Il s'agit ici de faire converger les modèles numériques tridimensionnels de bâtiments (BIM : *Building Information Model*) et d'ouvrages de génie civil et les modèles numériques tridimensionnels de paysages urbains (CIM : *City Information Model*), incluant la représentation du sous-sol. C'est la condition pour aller vers de véritables SIG 3D disposant de bases de données 3D maintenues et à jour.

- À long terme, généraliser les usages de « réalité augmentée », en profitant de la convergence entre les technologies existantes et en développement (SIG, CAO/DAO, GPS,

capteurs actifs, architectures distribuées, convergence entre techniques d'analyse et de cartographie et *Web 2.0...*), mais aussi de la miniaturisation (on parle de plus en plus d'applications de micro-géomatique, par exemple à l'intérieur de bâtiments) et de tout ce qui concerne l'ubiquité (outils accessibles par tous, à tout moment et en tout lieu).

En s'appuyant sur ces trois éléments clés, la réalité augmentée cherche à développer des systèmes informatiques qui rendent possible la superposition en temps réel d'un modèle virtuel à la perception que nous avons de la réalité.[9]

### **10. Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a vu que l'intégration de la troisième dimension dans les SIG nécessite un très long parcours allant de l'acquisition à travers plusieurs étapes jusqu'à la visualisation 3D.

Dans le chapitre suivant, nous allons réaliser un SIG 3D qui englobe l'environnement bâti d'une zone urbaine et les infrastructures telles que les axes de circulation, les réseaux souterrains pour pouvoir visualiser, simuler des phénomènes et exécuter des requêtes.

Dans ce chapitre on a expliqué la méthode qu'on va suivre pour réaliser notre projet. Dans le chapitre suivant on va suivre ces méthode pour répondre a deux besoin primordiale dans le domaine urbain, le premier c'est le suivi d'un chantier urbain, et le deuxième est la traduction de philosophie des planificateur dans une ville virtuelle.

## Chapitre III : Application SIG 3D

<b>III.1</b>	Introduction.....	32
<b>III.2</b>	Objectifs du travail	
<b>2.1</b>	Rappel de la problématique et besoins.....	32
<b>2.2</b>	Modélisation un prototype de SIG 3D pour la visualisation et la gestion du site universitaire de Kharouba.....	32
<b>2.3</b>	Etapas de réalisation.....	33
<b>III.3</b>	Description et choix de l'environnement de développement et zone d'étude	
<b>3.1</b>	SIG: ArcGIS, Catalogue, ArcMap.....	34
<b>3.2</b>	3D: ArcScene, ArcGlobe, Sketchup.....	35
<b>3.3</b>	Université de Kharouba – Mostaganem.....	36
<b>III.4</b>	Etapas de réalisation:	
<b>4.1</b>	Conception et modélisation de la BD :	
<b>4.1.1</b>	SIG 2D :	
<b>4.1.1.1</b>	BD Vecteur :.....	36
<b>a.</b>	MCD.....	37
<b>b.</b>	Dictionnaire de données.....	38
<b>c.</b>	Sources de données: collecte terrain, plans, documents utilisés.....	40
<b>4.1.1.2</b>	BD Raster :.....	41
<b>a.</b>	Images satellite .....	41
<b>b.</b>	Photo des façades.....	41
<b>c.</b>	échelles, couvertures.....	42
<b>4.1.2</b>	SIG 3D :	
<b>4.1.2.1</b>	Sol :	
<b>a.</b>	Sources, résolutions.....	42
<b>b.</b>	Construction du MNT .....	42
<b>4.1.2.2</b>	Sursol:	
<b>a.</b>	Méthodologie utilisée .....	42
<b>b.</b>	Modélisation 3D des objets.....	42
<b>c.</b>	Description des objets 3D.....	43
<b>d.</b>	Formats de données utilisés.....	43
<b>e.</b>	Drapage de façades.....	44
<b>4.1.2.3</b>	Sous-sol .....	45
<b>4.2</b>	Intégration des données	
<b>4.2.1</b>	Sol.....	45
<b>4.2.2</b>	Sursol.....	47
<b>4.2.3</b>	Sous-sol.....	50
<b>4.3</b>	Applications réalisées	
<b>4.3.1</b>	Applications 2D :	
<b>4.3.1.1</b>	Scripts (requêtes) .....	51

4.3.1.2	Analyses spatiales.....	51
4.3.2	Applications 3D :	
4.3.2.1	Résultats de la représentation 3D.....	52
4.3.2.2	Lignes de visées.....	53
4.3.3	Interface de visualisation 3D.....	54
III.5	Schéma de synthèse.....	54
III.6	Bilan et perspectives.....	55
III.7	Conclusion .....	56

## **1. Introduction :**

Dans ce chapitre, le but est de modéliser un SIG urbain en 3D qui aura pour but de décrire avec un haut niveau de réalisme une localité, à fin de pouvoir naviguer, localiser des services, effectuer des analyses spatiales et exécuter des requêtes.

## **2. Objectifs du travail :**

### **2.1) Rappel problématique :**

Un SIG 3D représente une partie de la réalité, il fournit un modèle qui permet la visualisation en terme de navigation dans un espace géographique tridimensionnel, matérialisé par la superposition d'un modèle numérique de terrain et d'une image satellitaire, et d'afficher des objets géographiques dans cet espace.

Notre projet consiste à réaliser un SIG pour la région de Kharouba (Est commune de Mostaganem) qui a toute fonctionnalité d'un SIG 2D avec l'ajout de la troisième dimension à fin d'avoir une visualisation plus réaliste.

### **Besoin :**

Pour une meilleure gestion du site de Kharouba il faut satisfaire les besoins suivants :

- Créer des données en trois dimensions (avec stockage d'altitude).
- Représenter des données avec plus de réalisme grâce à l'ajout d'altitude et de texture.
- Visualiser des données en trois dimensions.
- Exécuter des requêtes de sélection.
- Implémenter des analyses spatiales.
- Simuler des phénomènes.

### **2.2) Modélisation un prototype de SIG 3D pour la visualisation et la gestion du site universitaire de Kharouba :**

Avant d'entamer la modélisation du SIG, nous allons schématiser ses étapes comme suit :



**Figure III.1:** Acquisition et préparation des données

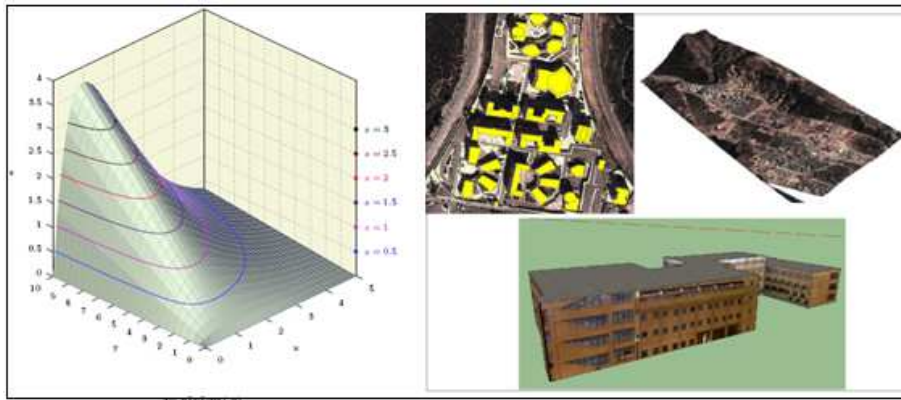


Figure III.2: Intégration de données

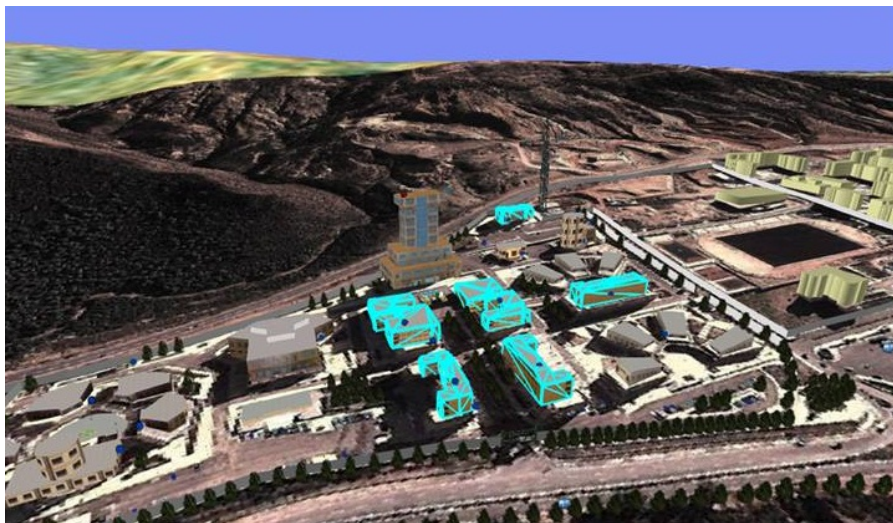


Figure III.3: Applications

Nous allons décrire toute les étapes de modélisation détaillées par la suite.

### 2.3) Etapes de réalisation :

La conception d'un SIG doit passer par les différentes étapes clés :

#### Préparation des données :

Cette étape représente le premier pas de la réalisation du SIG, elle constitue l'acquisition des données.

- Récupération des plans pour les réseaux souterrains et l'architecture de l'université.
- La collecte des données attributaires.
- La prise des photos des bâtiments de la faculté :
  - La tour universitaire.
  - Les amphis.
  - Les blocs (départements et salles).
  - Administrations.
  - Les bibliothèques.
  - Cafétéria.

### Intégration des données :

Après la collecte des données, on doit les intégrer dans le SIG selon le besoin.

Les étapes suivantes représentent la partie intégration :

- Le choix du système de projection.
- Calage d'image satellitaire.
- La numérisation:
  - Les réseaux souterrains :
    - Electricité
    - Téléphone
    - Gaz
  - Les points d'accès réseau internet sans fil « wifi ».
  - Les couches bâtiments.
  - Les courbes de niveau de la carte topographique.
  - Habillages (arbre, voiture, parking, lampes d'éclairage...).
- La saisie des données attributaires.
- Création de TIN à partir des courbes de niveau.
- Le drapage (sol et sur sol).
- Spécification de la symbologie et l'angle de certains objets.
- Ainsi que l'importation de l'image satellitaire de la zone à étudier.

### Application :

Cette phase consiste à exploiter les données SIG pour développer des applications utiles, ci-dessous une liste des applications possibles pour un SIG 3D qu'on a pu réaliser une partie :

- Requête de sélection sur départements, transport, réseaux...
- Visualisation/ navigation 3D.
- Gestion d'éclairage.
- Gestion des Réseaux.
- Lignes de visée.
- Simulation de vol.
- Ombrage 3D.

### **3. Description et choix de l'environnement de développement et zone de travail :**

#### **3.1) Environnement SIG :**

- ArcGis : est un ensemble de logiciels SIG réalisé par la société ESRI. La version utilisée est Arc GIS 10.0

- *ArcCatalog*, pour la gestion et la navigation dans les bases de données.
- Sous ArcGIS, *ArcMap* est utilisé en mode édition pour le renseignement des attributs descriptifs, géographiques et la forme géométrique des entités.

### 3.2) L'environnement 3D :

- *ArcScene* est une visionneuse 3D bien adaptée à la génération des scènes de perspective qui vous permettent de naviguer et d'interagir avec vos données vectorielles et raster 3D. Il prend en charge une cartographie de texture et une symbologie linéaire 3D complexes, ainsi que la création de surfaces et l'affichage de TIN. Toutes les données sont chargées en mémoire, ce qui permet des fonctionnalités de navigation, de déplacement et de zoom relativement rapides. Les entités vectorielles sont rendues comme vecteurs et les données raster sont affichés avec une résolution réduite.
- *ArcGlobe* fait partie de l'extension ArcGIS 3D Analyst. Cette application est généralement conçue en vue d'une utilisation avec des jeux de données très volumineux et permet la visualisation uniforme de données d'entité et raster. Elle est basée sur un affichage global, toutes les données étant projetées dans une projection Cube globale et affichées à différents niveaux de détails.
- *Google SketchUp* est un outil de modélisation et de constructions en 3D. Le logiciel dispose de fonctionnalités puissantes, mais à la fois simples à mettre en oeuvre, afin de rester accessible à un large public. Les secteurs d'activités auxquels peut s'adresser l'application sont variés puisqu'elle permet d'exporter ses travaux dans de nombreux formats. Elle est donc compatible avec de nombreux autres outils professionnels, tels que Photoshop, 3D Studio, ArcGis, Vectorworks, Illustrator, PowerPoint, InDesign, QuarkXpress, Google Earth, AutoCAD, etc.

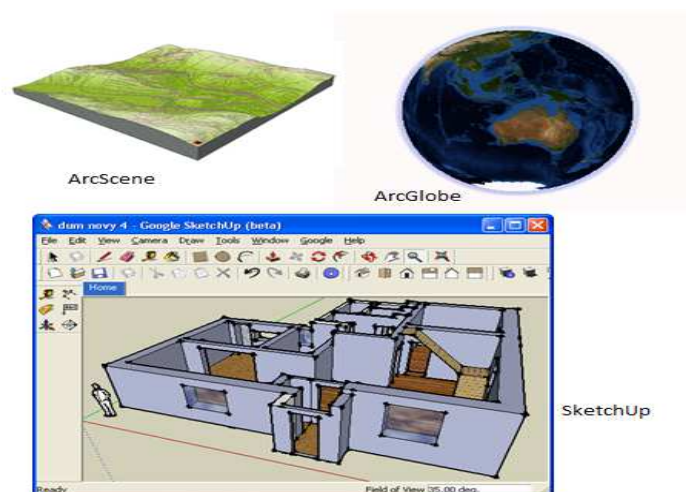


Figure III.4: Environnement de travail

### **3.3) Université de Kharouba (Mostaganem) :**

Le choix de la zone d'étude se fait en se basant sur quelques critères :

- La valeur de l'établissement.
- La disponibilité de données.
- Relief du site.
- ...

La zone d'étude choisie :

Nous avons choisi l'Est de la commune de Mostaganem qui inclut l'Université de Kharouba, l'institut de l'Education Physique et Sportive (EPS), faculté de médecine, les résidences universitaires, quartier 600 logements et quartier Salam.

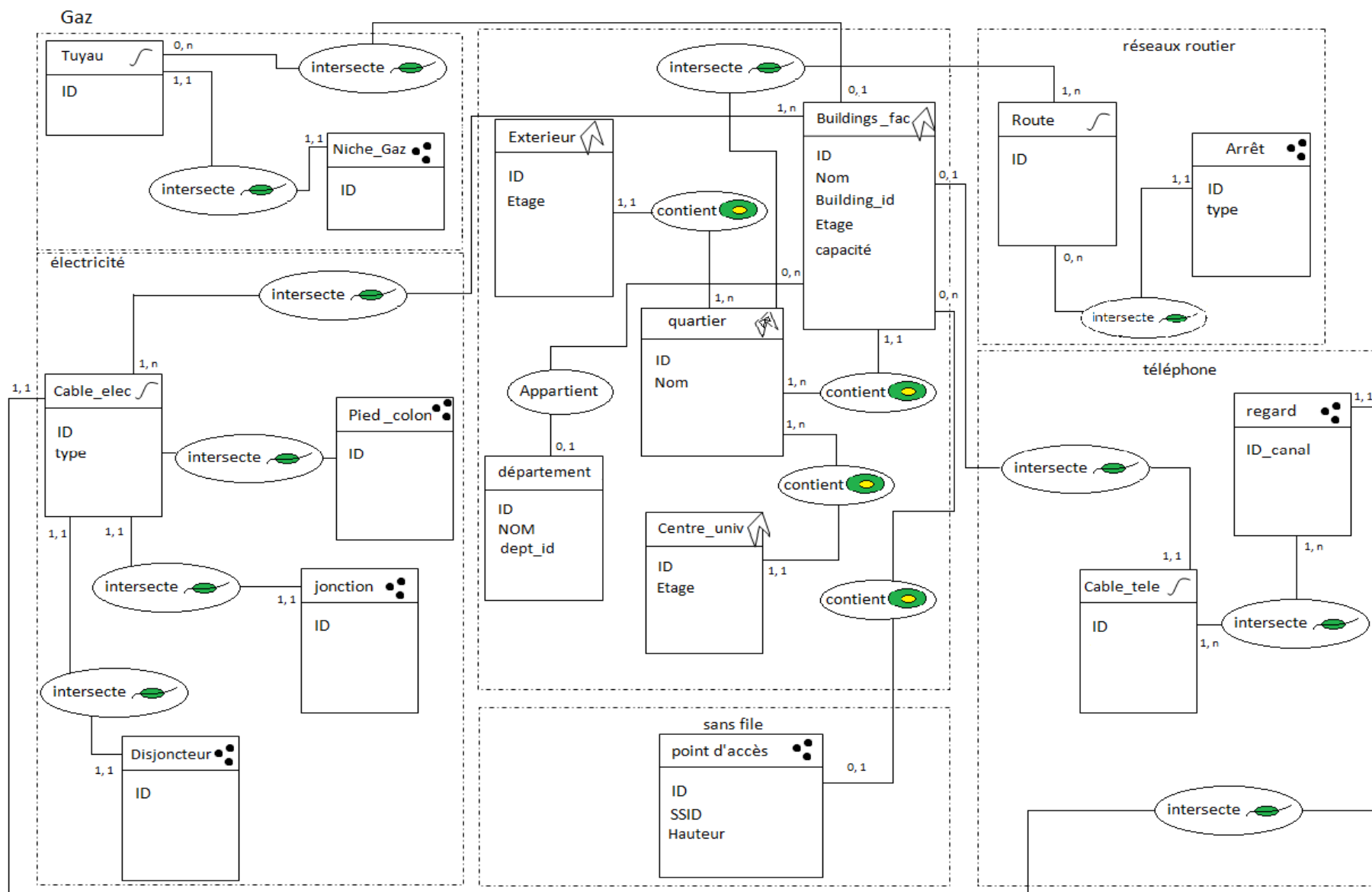
## **4. Etapes de réalisation :**

### **4.1) Conception et modélisation de la base de données :**

#### **4.1.1) Modélisation du SIG 2D :**

##### **4.1.1.1) La BD vecteur :**

a. Modèle Conceptuel de Données (MCD) :



**b. Dictionnaire de données :**

La couche	Type de la couche	Champ	Type de champ	Taille	description
Buildings_fac_drap	Multipatch	ID	Entier		Les bâtiments drapés de la faculté
		Building_id	Texte	50	
		Nom	Texte	50	
		Capacité	Texte	50	
		etage	Entier		
Centre_univ_3d	Multipatch	ID	Entier		Autres bâtiments universitaires
		etage	Entier		
Exterieur_3d	Multipatch	ID	Entier		Bâtiments quartier
		etage	Entier		
quartier	polygone	ID	Entier		Les quartiers de la zone
		Nom	Texte	50	
Route	Ligne	ID	Entier		Réseau routier
Arret	Point	ID	Entier		Arrêts de bus et taxi
		type	Texte		
Cable_tele	Ligne	ID	Entier		Réseau téléphonique
Cable_elec	Ligne	ID	Entier		Réseau électrique
		type	Texte	50	
disjoncteur	point	ID	Entier		Disjoncteurs
jonction	point	ID	Entier		Jonctions
Pied_de_colone	point	ID	Entier		Pied de colonne
regard	point	ID	Entier		Les regards d'électricité et de téléphone

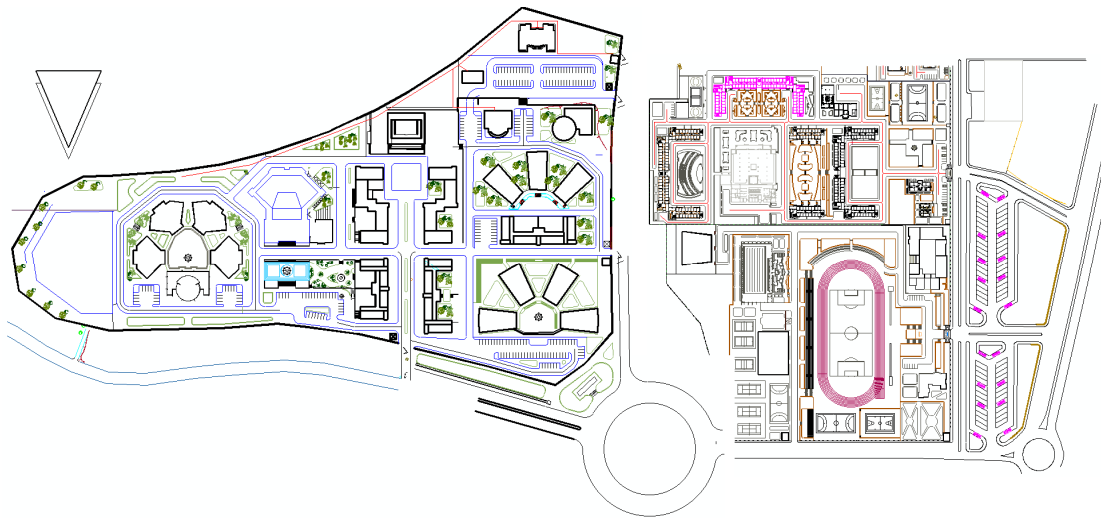
Tuyau	Ligne	ID	Entier		Réseau gaz
Niche_gaz	point	ID	Entier		Niches de gaz
Point_acces	point	ID	Entier		Les points d'accès au réseau sans fil « wifi »
		SSID	Texte	50	
		Hauteur	Entier		
Arbre	point	ID	Entier		Les arbres
Entourage	Ligne	ID	Entier		Mur entourage
Lampadaire	point	ID	Entier		les lampes d'éclairage
Lumiere	polygone	ID	Entier		Distance d'éclairage
		Buff_dist	Entier		
Place_park	Ligne	ID	Entier		Places parking
Zone_park	Polygone	ID	Entier		Les zones des parkings universitaires
		Capacité	Entier		
Voiture	point	ID	Entier		Les voitures
		type	Texte	50	
		Angle	Entier		
plus	point	ID	Entier		Les portes, les barrières.
		Angle	Entier		
camera	point	ID	Entier		Caméras de surveillance de la tour « rectorat »
département	table	ID	Entier	50	Les départements
		Dep_id	Texte		
		nom	Texte	50	
Mosta1	Raster				Image satellitaire de Mostaganem

### c. Sources de données:

La préparation des données est une étape très importante dans la mise en œuvre d'un SIG.

- Plan du site :

Nous avons récupéré les plans du site de l'université de Kharouba (rectorat) sous format numérique (fichier Autocad), la figure suivante représente un plan de l'université, les résidences et l'EPS.



**Figure III.5 :** Plan de l'université de Kharouba

- Les réseaux « Voirie (et) Réseaux Divers » VRD :

Les réseaux souterrains (Gaz, électricité, téléphone) ont été récupérés de bureau d'étude architecture « Morjane Malik » sous format numérique (fichiers Autocad).

- Collecte des données attributaires :

Grace au service de planification de l'université de Kharouba, on a pu récupérer les données attributaires suivantes :

- Appellation des amphis et leurs capacités.
- Nombre des salles pour chaque bloc et leurs capacités.
- Nom des départements.
- Nombre d'étage des bâtiments (altitude).
- ...

**4.1.2) La BD raster :**

**a. Image satellitaire :**

L'image satellitaire utilisée est téléchargée à partir de Google Earth, l'image est très récente (année : 2013)



**Figure III.6 :** L'image satellitaire de Kharouba

**b. Photos des façades :**

A l'aide d'un appareil photo, on prend des photos de façades des bâtiments (tour universitaire, bloc, départements, amphis, bibliothèque...)



**Figure III.7 :** Photos des bâtiments de l'université

**c. Echelles, couvertures :**

L'image satellitaire de Kharouba est de l'échelle 1/2000 (échelle urbain).

Elle couvre l'université de Kharouba, la faculté de sport (EPS), les résidences universitaires, quartier Salam, quartier 600 logements.

**4.2.1) Modélisation du SIG 3D :**

**4.1.2.1) Modélisation du Sol: MNT**

**a. Source et résolution :**

D'après le chapitre précédent, il existe plusieurs manières pour avoir le Modèle Numérique du Terrain (MNT).

La numérisation des courbes de niveaux est l'une de ces méthodes, elle nécessite une carte topographique qui possède l'altitude de chaque courbe.

La source de la carte topographique : Centre National des Techniques Spatiales (CNTS)

Résolution de la carte topographique : 20 mètres.

**b. Construction du MNT :**

Dans cette méthode l'élaboration du TIN (Triangulated Irregular Network) est un processus long, car la vectorisation des courbes de niveaux demande beaucoup de temps. La précision est importante car plus on digitalise de lignes de niveau, plus la précision sera importante.

Le TIN obtenu doit être drapé sur l'image satellitaire ce qui représente le MNT.

**4.1.2.1 Sur sol :**

**a. Méthodologie utilisé :**

Nous souhaitons combiner les données SIG avec l'image et les modèles de bâtiment dans ArcGlobe pour développer un modèle urbain réaliste contenant des jeux de données SIG pour les emprises de bâtiments, les éclairages publics, les arbres ainsi que des exemples de véhicules pour cette zone. Ce modèle peut être destiné à aider les décideurs à visualiser les bâtiments proposés et leurs vues associées. Les modèles de ce type permettent également d'étudier la perception spatiale ou de simuler des entités urbaines.

**b. Modélisation des objets 3D :**

La modélisation 3D est l'étape en infographie tridimensionnelle qui consiste à créer, dans un logiciel de modélisation 3D, un objet en trois dimensions, par ajout, soustraction et modifications de ses constituants.

La création des objets 3D commence par la numérisation des polygones sous ArcMap, puis l'ajout des altitudes sous ArcGlobe selon le nombre d'étage, les objets créés seront importés par la suite sous Google SketchUp à fin de draper les façades.

L'extrusion consiste à surélever une ou plusieurs faces (adjacentes ou non) ou un profil 2D le long d'une trajectoire et de créer les faces venant combler le vide occasionné par le déplacement de l'élément de départ. Par exemple, extruder un cercle donne un cylindre ouvert ou un tuyau qui suit la trajectoire.

### c. Description des objets 3D :

#### • Couches 3D :

Toutes les couches 3D sont de type Multipatch.

#### Couches 3D drapées :

Buildings\_fac\_drap: représente les bâtiments intérieurs de l'université.

#### Couches 3D non drapées :

Centre\_univ\_3D : Les résidences universitaires, la faculté de la médecine et l'EPS.

Exterieur\_3D : quartier Salam, quartier 600 logements.

#### • Habillage :

Les arbres, les véhicules, les lampes d'éclairage et les cranes de construction de l'université sont tous numérisés comme couche de type point, nous avons procédé au changement de la symbologie de chaque type.

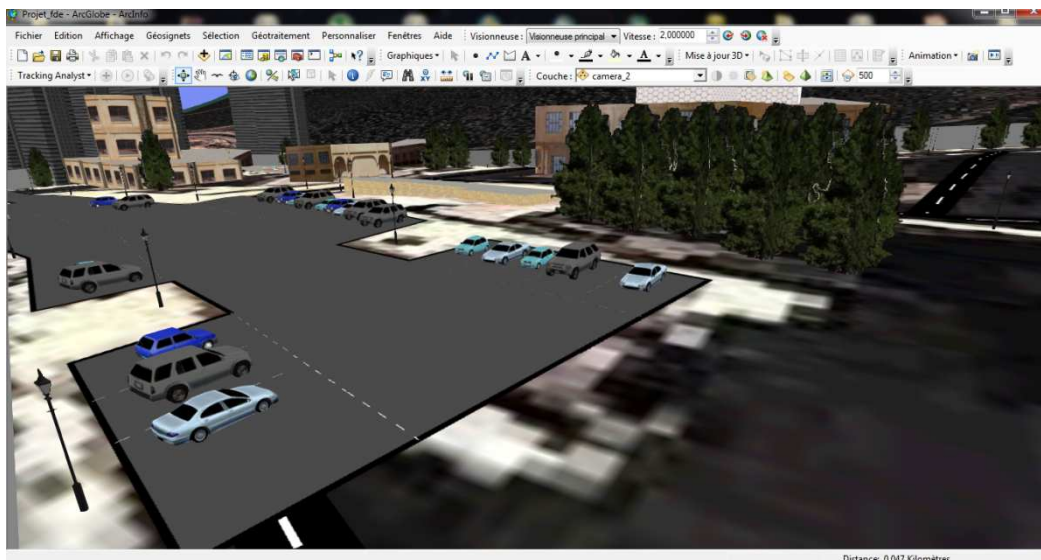


Figure III.8: Objets géographiques pour l'habillage

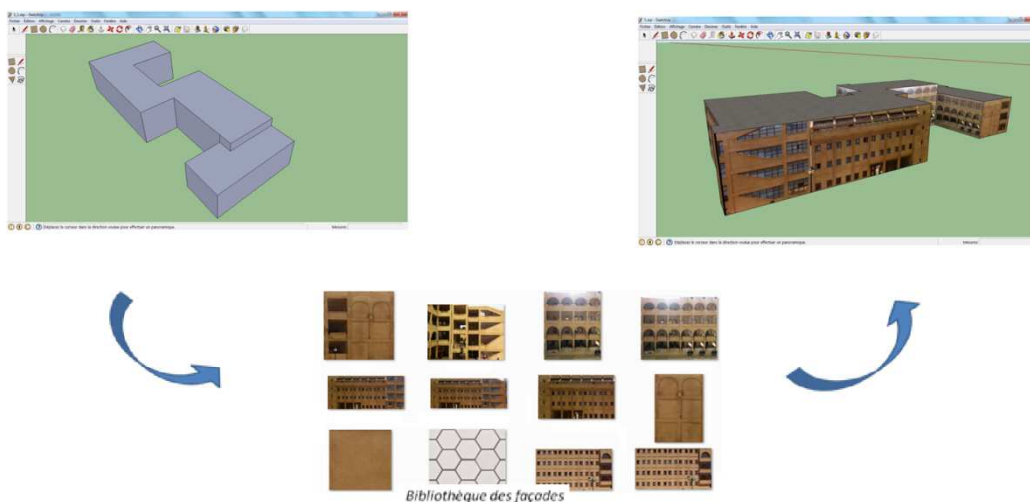
### d. Format de données utilisées :

Pour l'échange et le transfert des données entre ArcScene et Google Sketchup il faut respecter la norme Collada c'est-à-dire le fichier transféré doit être de format (.dae).

Collaborative Design Activity (abrégé en COLLADA, signifiant *activité de conception collaborative*) a pour but d'établir un format de fichier d'échange pour les applications 3D interactives.

COLLADA définit un standard de schéma XML ouvert pour échanger les acquisitions numériques entre différents types d'applications logicielles graphiques qui pourraient autrement conserver leur acquisition dans des formats incompatibles. Les documents COLLADA, qui décrivent des acquisitions numériques, sont des fichiers XML, habituellement identifiés par leur extension .dae («*digital asset exchange*», traduit par «*échange numérique d'acquisition*»).

### e. Drapage de façades :



**Figure III.9 :** Drapage des façades

La figure ci-dessus représente l'ajout des textures sur un objet blanc en effectuant un drapage des façades à fin d'avoir un objet texturé, en utilisant la bibliothèque des façades.

Le drapage des objets se fait sous Google SketchUp.

Pour l'acquisition des façades on a utilisé un appareil photo « Samsung WB150 »

Résolution : 16 Méga Pixel, Zoom : 18x.



**Figure III.10 :** Appareil photo utilisée

### 4.1.2.3) Sous-sol :

Le sous-sol contient les réseaux VRD (réseau téléphonique, câblage d'électricité, réseau Gaz), la profondeur diffère d'un réseau à un autre.

La figure suivante représente une visualisation 3D des réseaux sous-sol.

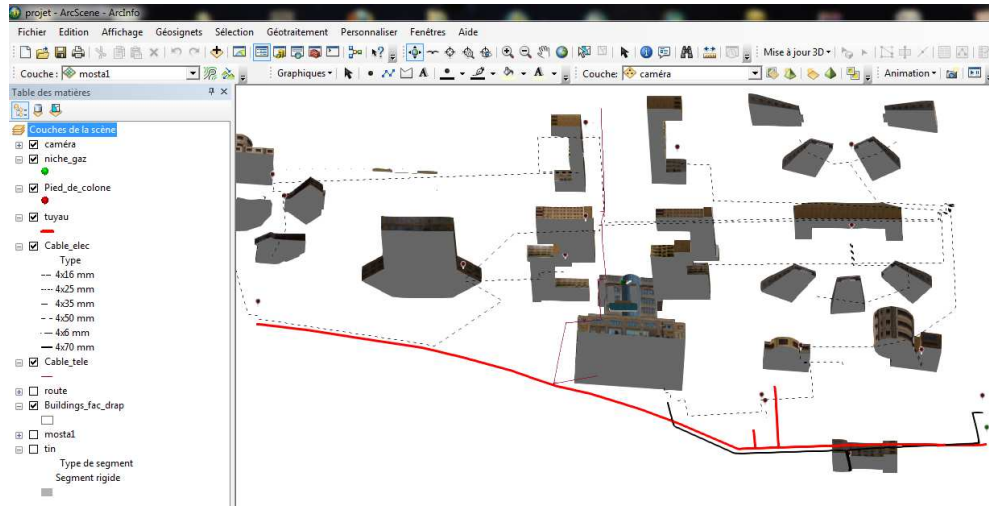


Figure III.11 : Visualisation 3D des réseaux sous-sol

## 4.2) Intégration des données :

### 4.2.1) Sol :

En utilisant la couche des courbes qu'on a numérisées, nous pouvons créer notre TIN. Pour cela on doit fournir un champ de type numérique comme valeur d'altitude, et grâce à l'interpolation, le TIN prend des valeurs intermédiaires entre les courbes.

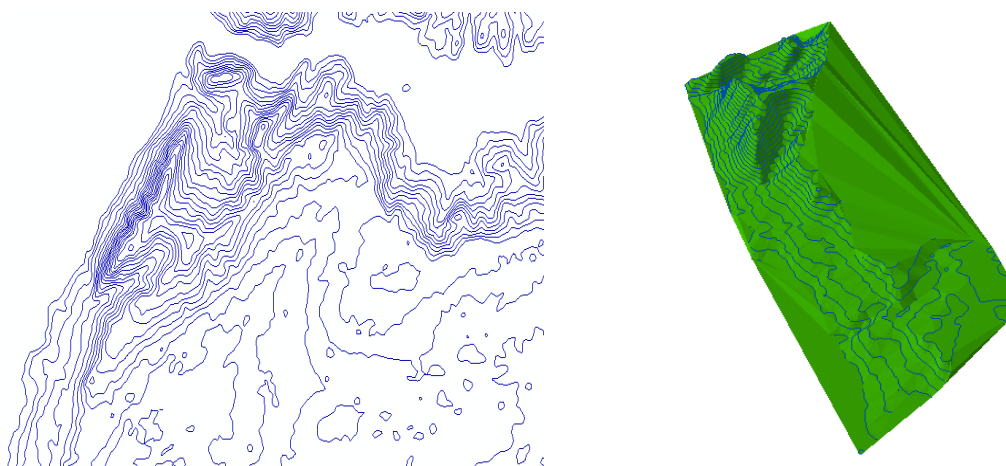
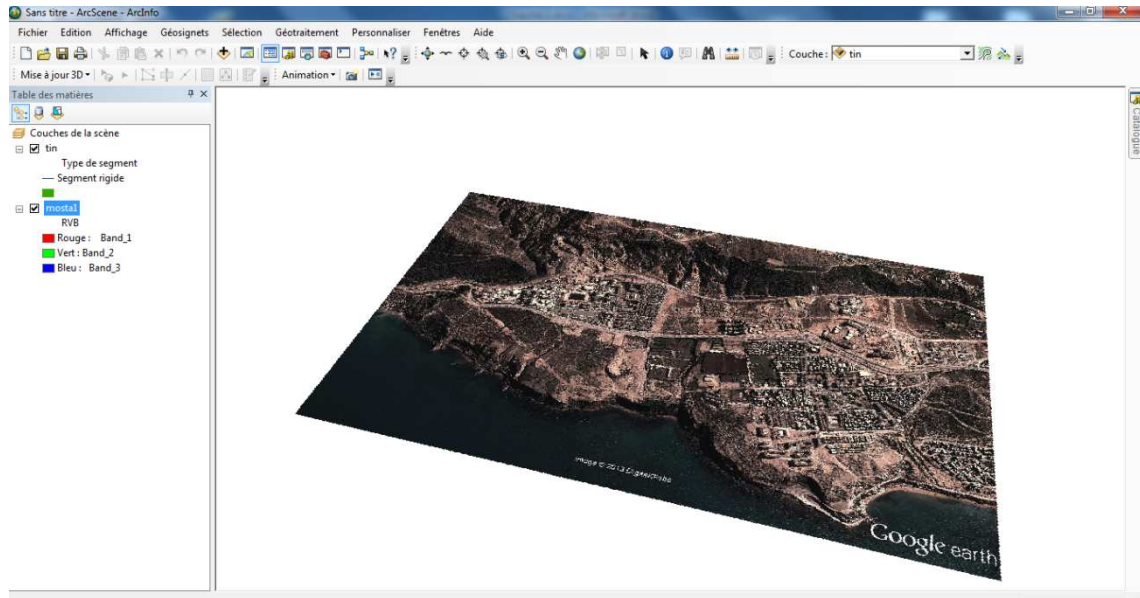


Figure III.12 : Construction du TIN à partir de courbes de niveau

**Drapage :**

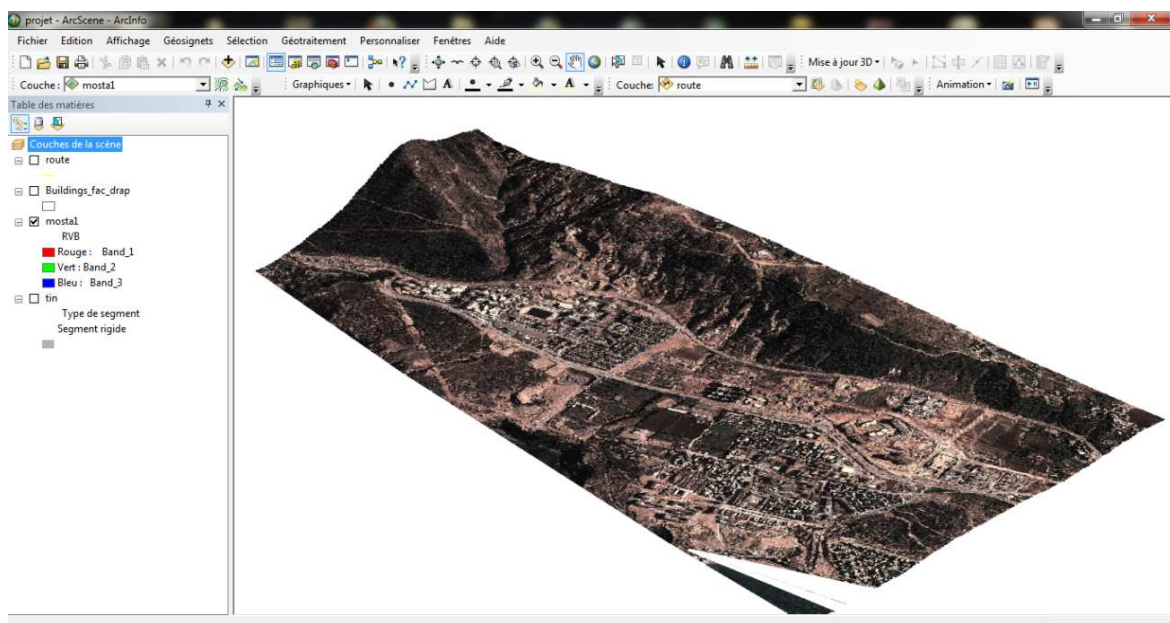
La figure suivante représente l'image satellitaire utilisée dans notre SIG, elle est bidimensionnelle, et pour avoir la référence spatiale exacte on a défini le système de projection adéquat ainsi que le calage de cette image selon les coordonnées importé de Google Earth.



**Figure III.13 : L'image satellitaire 2D**

L'affichage d'une image de télédétection drapée sur une surface de TIN facilite généralement la compréhension de la nature du relief et leur relation avec la forme de la surface de la terre.

Pour cela on doit draper l'image sur le TIN obtenu précédemment, ArcScene nous donne cette possibilité en affectant les hauteurs de base de la couche de la surface.



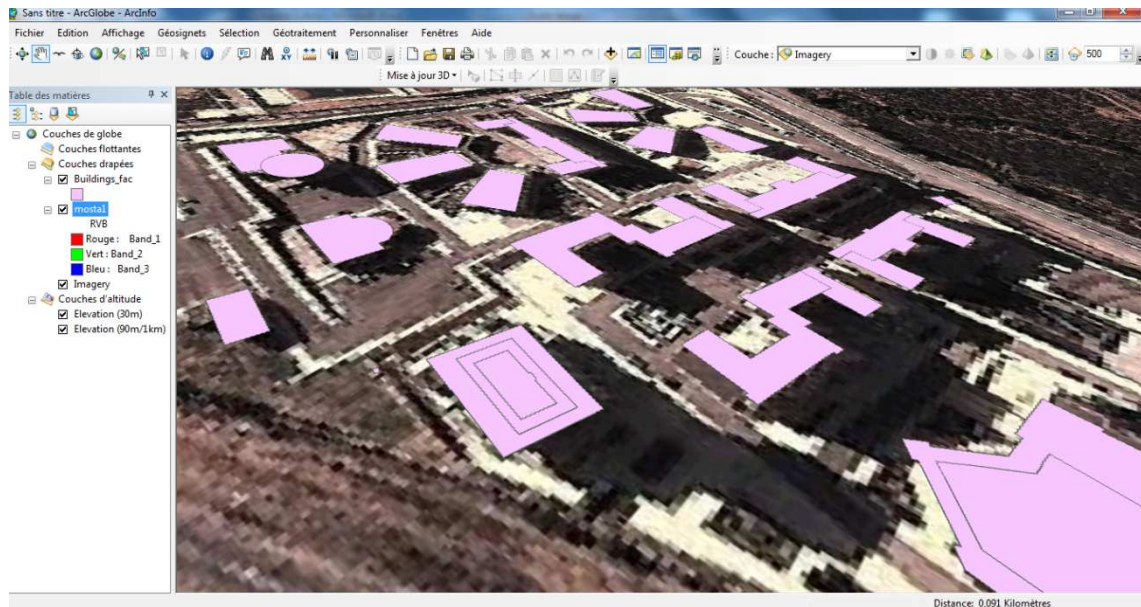
**Figure III.14 : Modèle Numérique du Terrain**

Après le traitement, l'image prend le même relief que le TIN, le résultat s'appelle MNT.

### 4.2.2) Sursol :

Numérisation des polygones sous ArcMap :

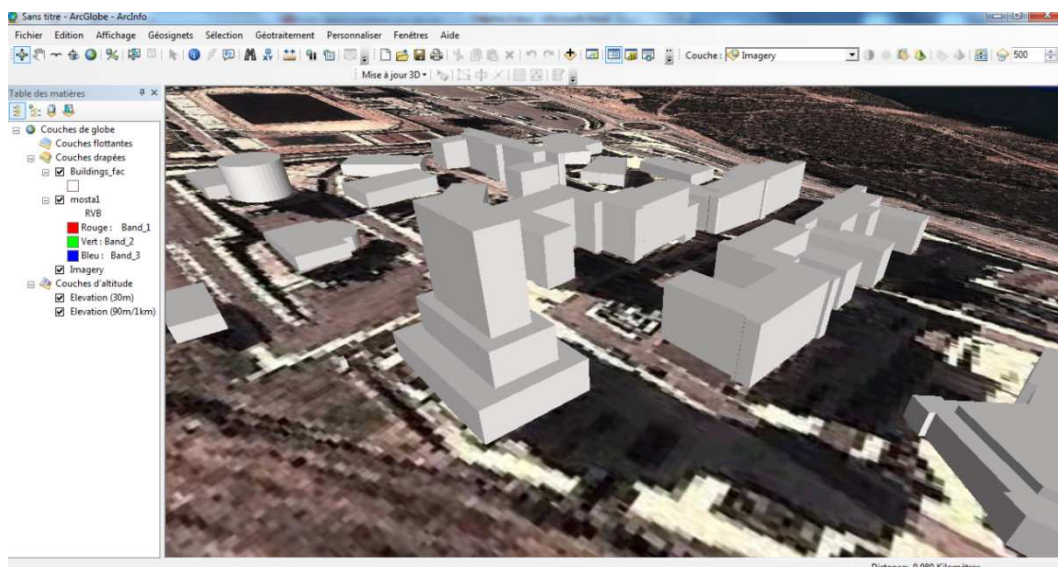
Grâce aux plans obtenus, nous avons numérisé avec exactitude les bâtiments de la région universitaire, les autres zones sont numérisées à l'aide de l'image satellitaire.



**Figure III.15 :** Numérisation des Objets

Importer les données numérisées sous ArcGlobe qui nous donne la main d'extruder les polygones en fonction de nombre d'étage, le nombre d'étage de chaque objet est fournis comme étant un champ de type entier.

On obtient alors, la hauteur réelle de chaque bâtiment en supposant que chaque étage comprend 4 mètres.



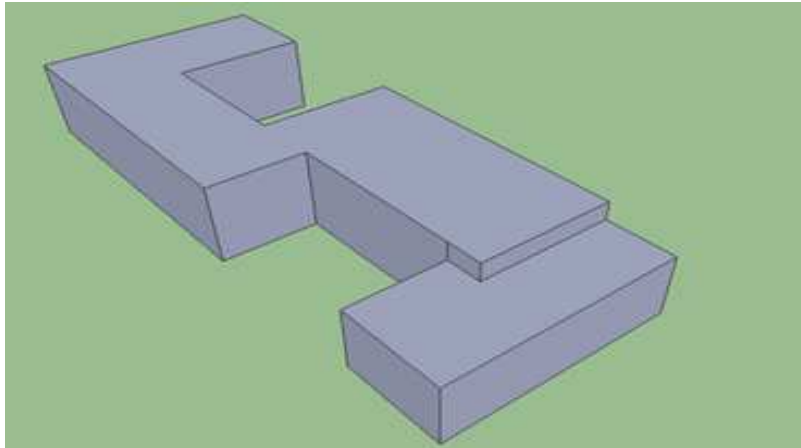
**Figure III.16:** Extrusion des polygones

La couche `buildings_fac` reste toujours de type polygone, elle doit être convertie en format Collada (.dae), l'extension 3Danalyst permet cette conversion en deux étapes :

Conversion vers Multipatch puis vers Collada.

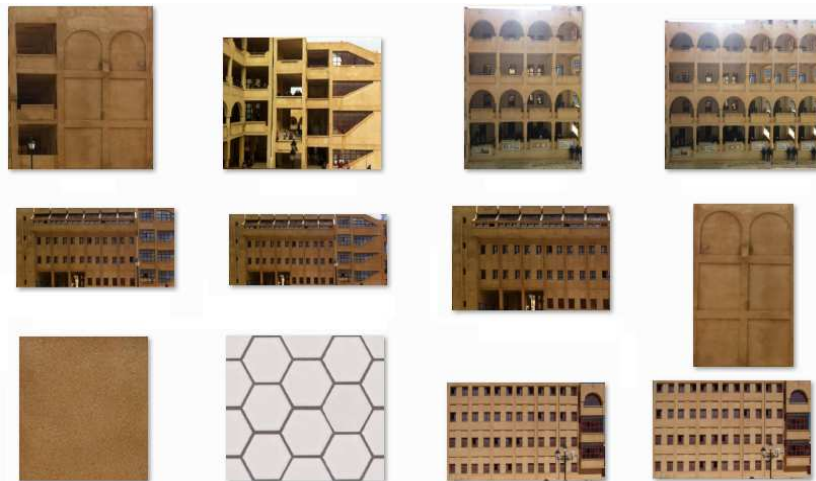
Cette opération va générer un répertoire appelé `Buildings_collada` qui contient chaque bâtiment dans un fichier (.dae).pour pouvoir importer chaque objet à Google SketchUp et le traiter à part.

- ✓ Voici un exemple d'un bloc non texturé :



**Figure III.17:** Objet 3D blanc

- ✓ On a la bibliothèque des textures suivante :



**Figure III.18 :** Bibliothèque des façades

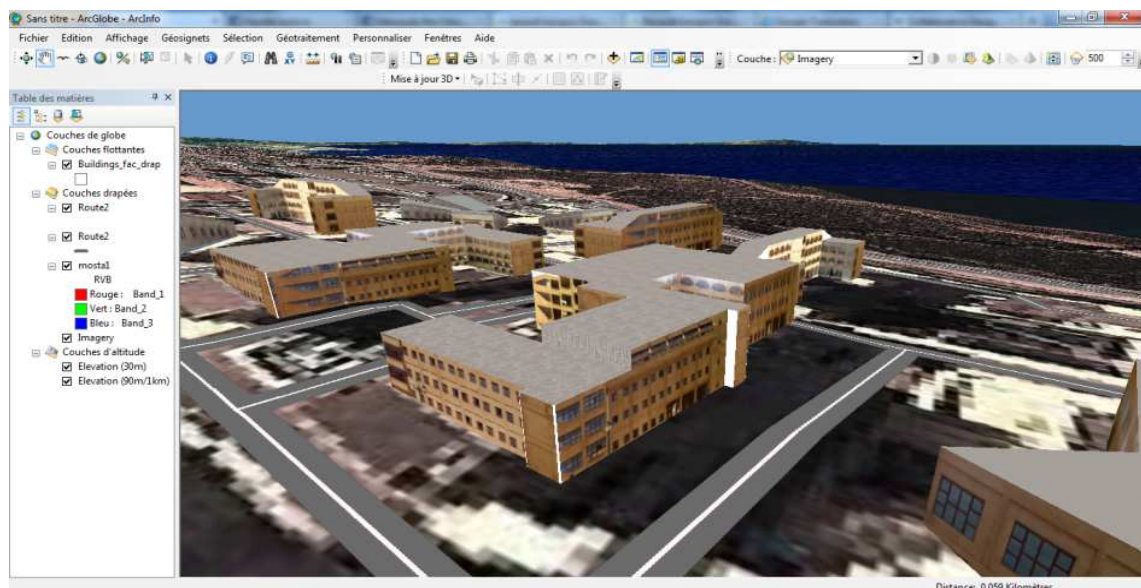
- ✓ Nous procédons au drapage des façades du Bloc (ajout des textures) :



**Figure III.19 :** Objet 3D texturé

Pour pouvoir intégrer ces objets dans ArcGis il faut exporter le modèle 3D sous format collada.

Après l'ouverture d'une session de mise à jour on peut intégrer l'objet sous ArcScene ou ArcGlobe, nous pouvons même changer l'orientation, modifier l'échelle ou déplacer l'objet géographique importé.



**Figure III.20:** Intégration de l'objet 3D

### 4.2.3) Sous-sol :

La numérisation des réseaux et leurs constituants se fait dans ArcMap à l'aide des plans Autocad.

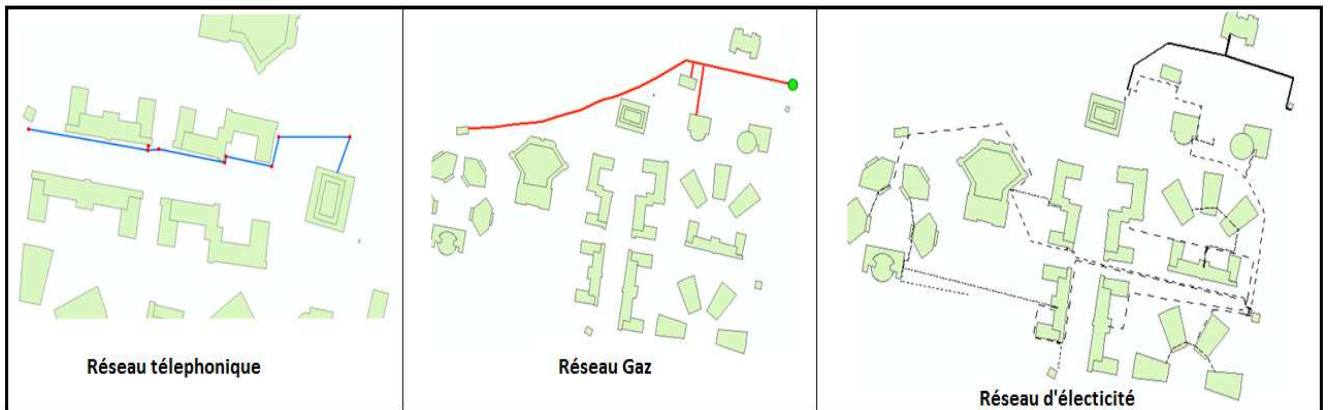


Figure III.21: Numérisation des réseaux souterrains

Après la numérisation, les couches sont importées dans ArcScene pour donner l'altitude, ils sont presque à 80 cm souterrain.

Cette figure représente une visualisation 3D des différents réseaux.

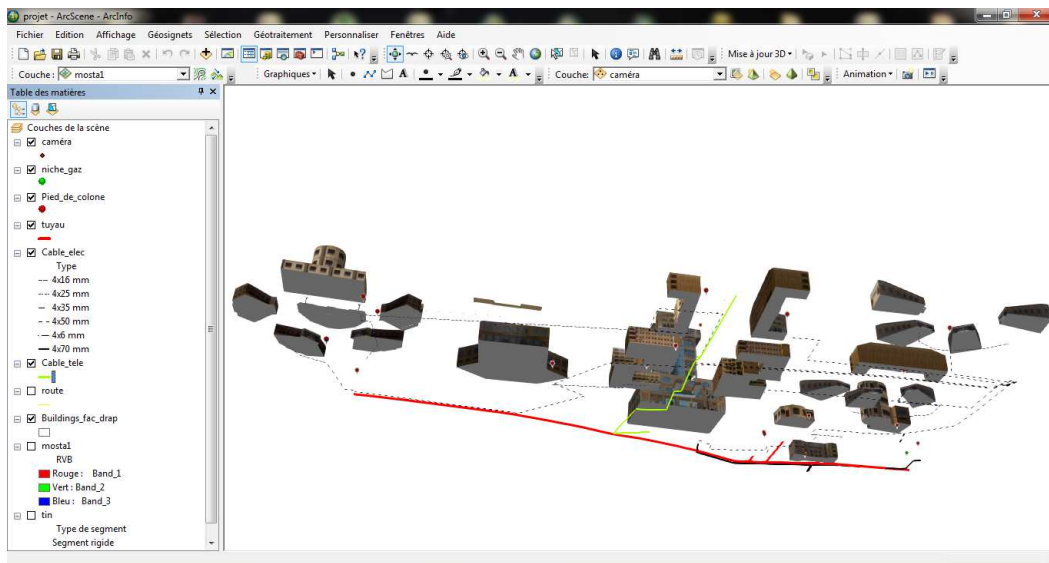


Figure III.22 : Visualisation 3D des réseaux sous sol

### 4.3) Applications réalisées :

Après la collecte et l'intégration, les données doivent être exploitées pour réaliser des applications à fin de résoudre des problèmes, localiser des services ou simuler des phénomènes 2D et 3D.

Nous allons citer et expliquer quelques applications réalisées et leur utilité dans le thème choisi :

### 4.3.1) Applications 2D :

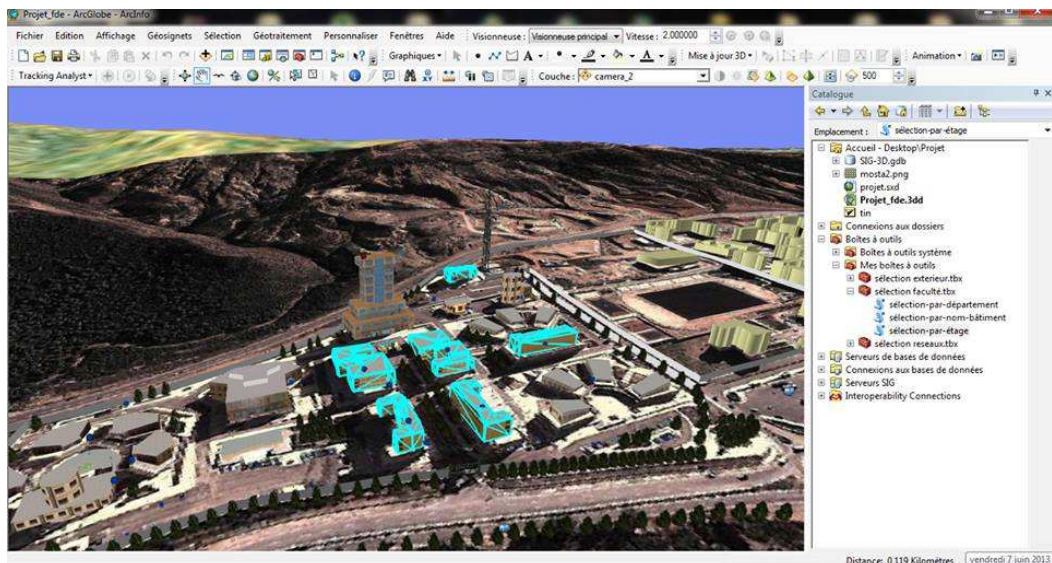
#### 4.3.1.1) Scripts (requête) :

Nous avons pu programmer des requêtes 2D concernant la gestion locale de l'université de Kharouba en utilisant la bibliothèque ArcPy du langage python, on fournit un ou plusieurs champs de paramètres pour chaque sélection.

Requêtes sur les bâtiments de l'université :

- ✓ Sélection selon le nombre d'étages :

La figure suivante représente un exemple de sélection où le nombre d'étages est égal à 4.



**Figure III.23** : Sélection des bâtiments selon le nombre d'étage

- ✓ Sélection par nom du département.
- ✓ Sélection par nom de structure.
- ✓ Sélection des amphis selon la capacité.
- ✓ Sélection des blocs selon le nombre de salles.
- ✓ Requête sur le réseau électrique :
  - Sélection des câbles par type.
  - Sélection des jonctions, disjoncteurs, regards et pieds de colonne.
- ✓ Sélection des bâtiments extérieurs par nom de la zone (quartier).
- ✓ Sélection des arrêts selon le quartier et le type de transport.

#### 4.3.1.2) Analyses spatiales :

- ✓ Gestion d'éclairage :

A fin d'étudier la gestion d'éclairage dans l'université, on a numérisé la couche des lampadaires pour pouvoir effectuer une analyse spatiale concernant les zones éclairées et la distribution idéale des lampadaires.

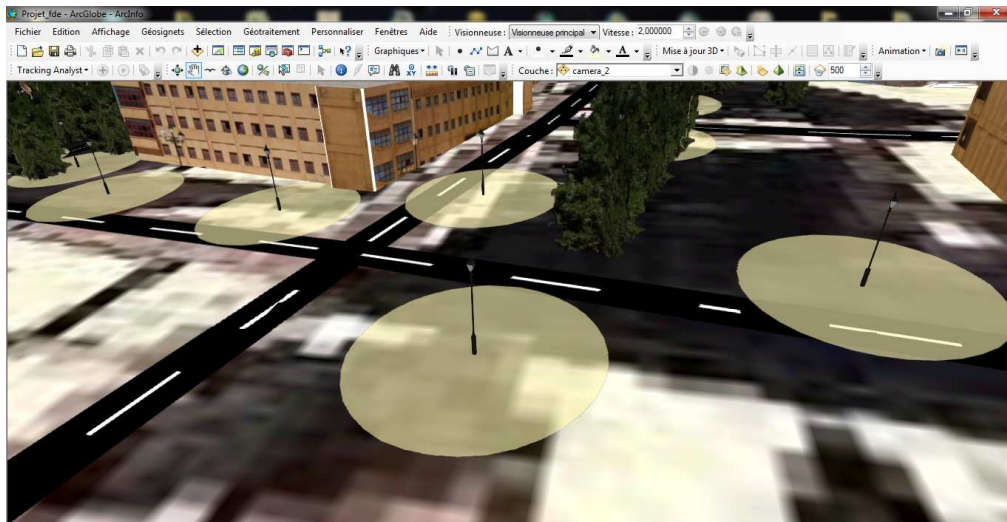


Figure III.24 : Gestion d'éclairage

✓ Gestion du réseau sans fil :

Pour but d'étudier la gestion des antennes wifi dans l'université, nous avons utilisé la couche des points d'accès de réseaux sans fil en fournissant un diamètre pour construire un cylindre autour de chaque antenne dont le cylindre représente la zone d'influence.

Cette analyse 3D permet aux spécialistes du domaine de connaître la distribution optimale des antennes.

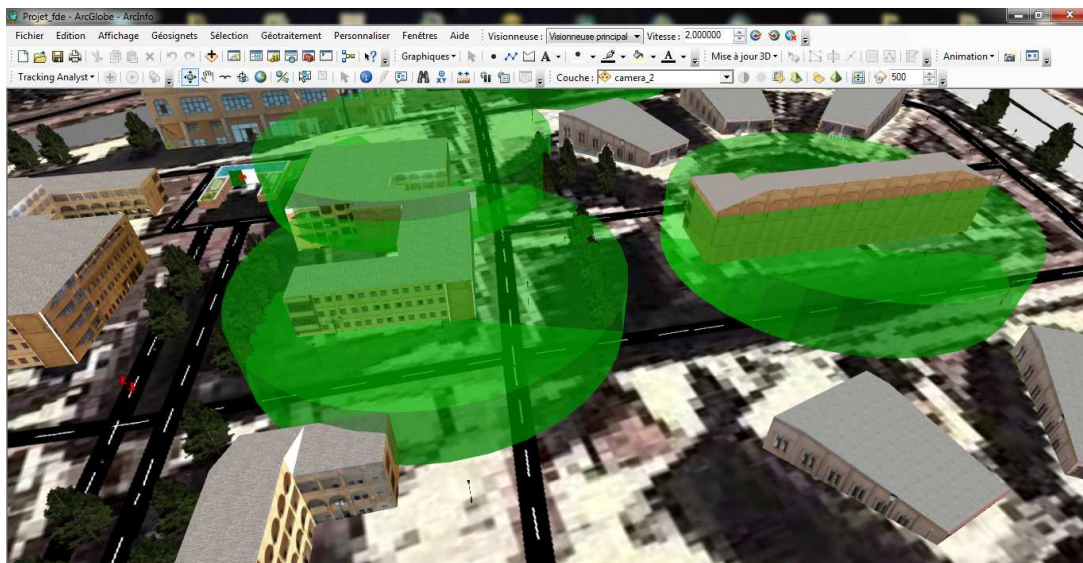


Figure III.25 : Gestion des réseaux sans fil

#### 4.3.2) Application 3D :

##### 4.3.2.1) Résultat de représentation 3D :

Le but initial de notre SIG 3D est de construire une maquette 3D qui facilite la visualisation/navigation des données dans un contexte tridimensionnel, la maquette doit être un modèle qui représente la réalité dédiée pour la découverte de la nature du site étudié et ses infrastructures.

La figure ci-dessous démontre le résultat de la représentation tridimensionnelle des données en superposant les différentes couches.

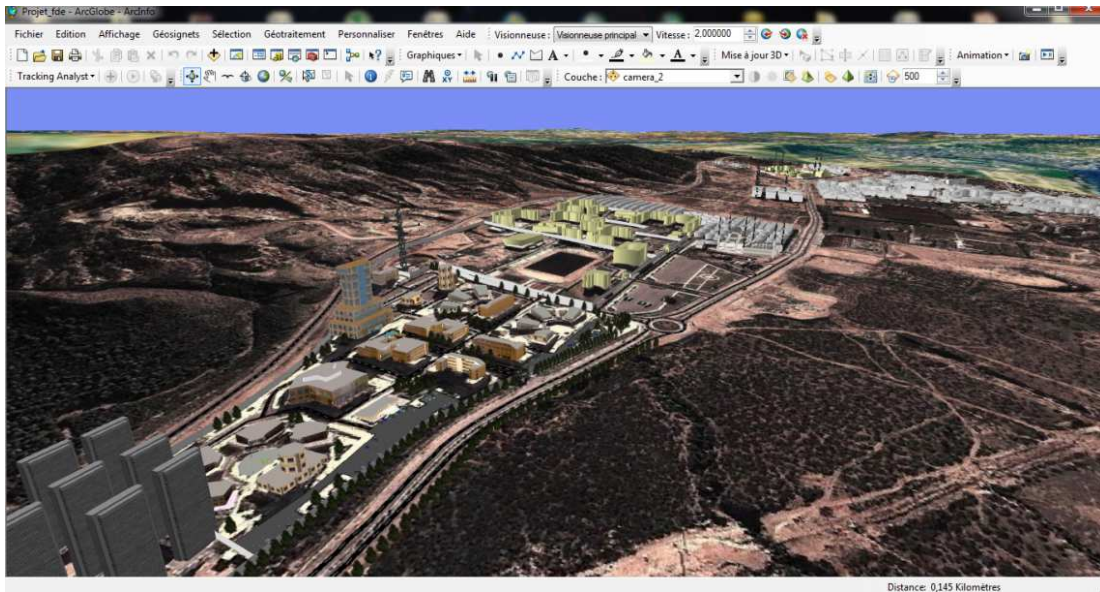


Figure III.26: Visualisation 3D du site

#### 4.3.2.2) Lignes de visée :

Cette application permet la simulation du visionnage 3D à partir d'un point d'observation vers une surface cible donnée à l'aide des lignes, grâce à cette application on a pu simuler la zone de couverture d'une caméra de surveillance placée dans la tour universitaire.

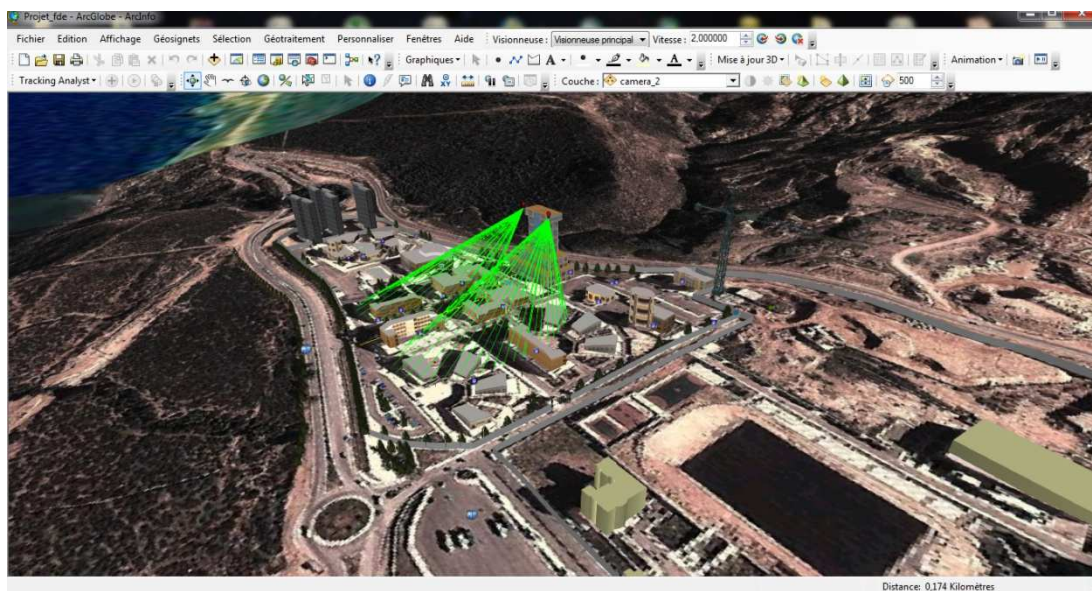


Figure III.27: Lignes de visée pour la caméra de surveillance

### 4.3.3) Interface de visualisation 3D:

Pour visualiser ces données en 3D, nous avons implémenté une interface autonome sous Microsoft Visual Studio 2010 enrichie des bibliothèques d'ArcGIS contenues dans ArcGIS Engine. Cette interface contient les fonctionnalités de base d'ArcGlobe, elle permet la visualisation de la modélisation 3D sans avoir recours à l'installation d'ArcGIS mais en installant les bibliothèques de logiciels contenus dans ArcGIS Runtime.

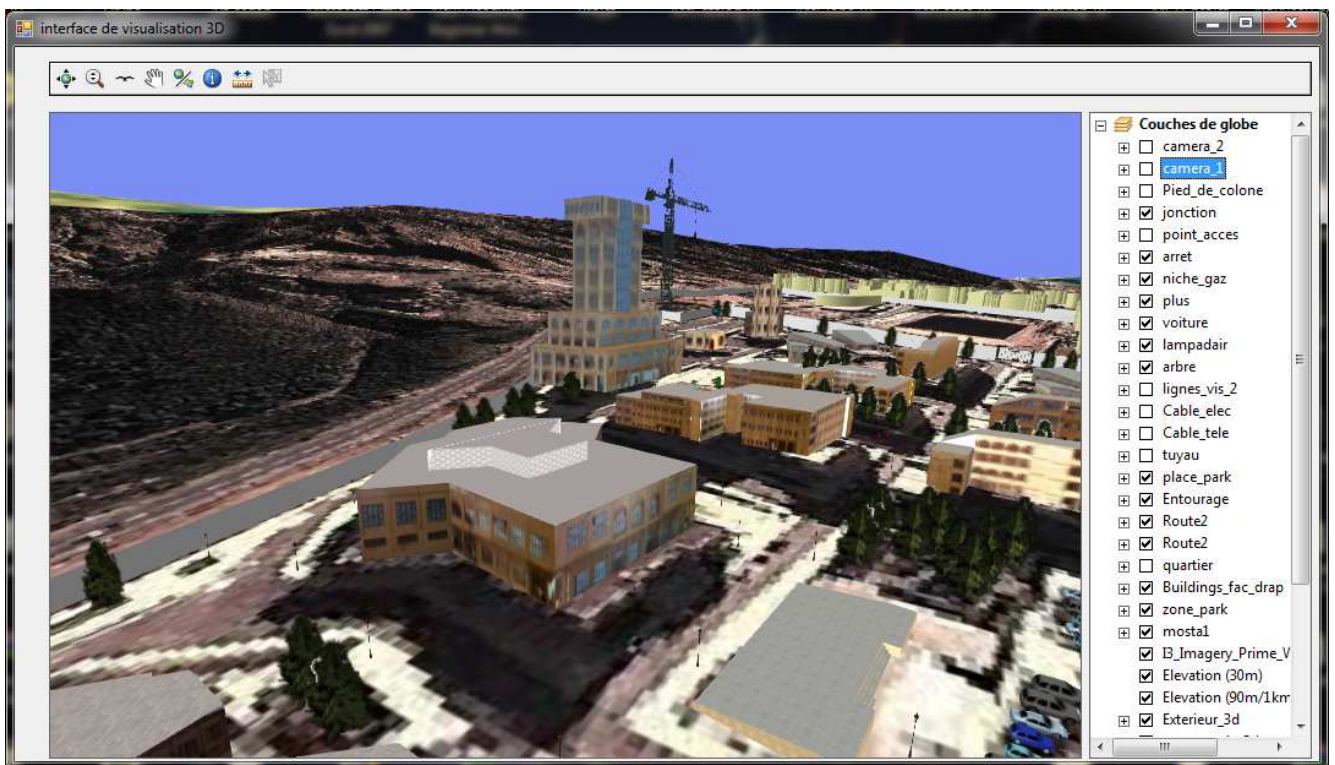


Figure III.28: Interface de visualisation 3D

## 5. Schéma de synthèse :

On peut résumer notre projet par un schéma de synthèse qui regroupe les différentes étapes de modélisation (acquisition, intégration, modélisation et traitement, analyses et applications) :

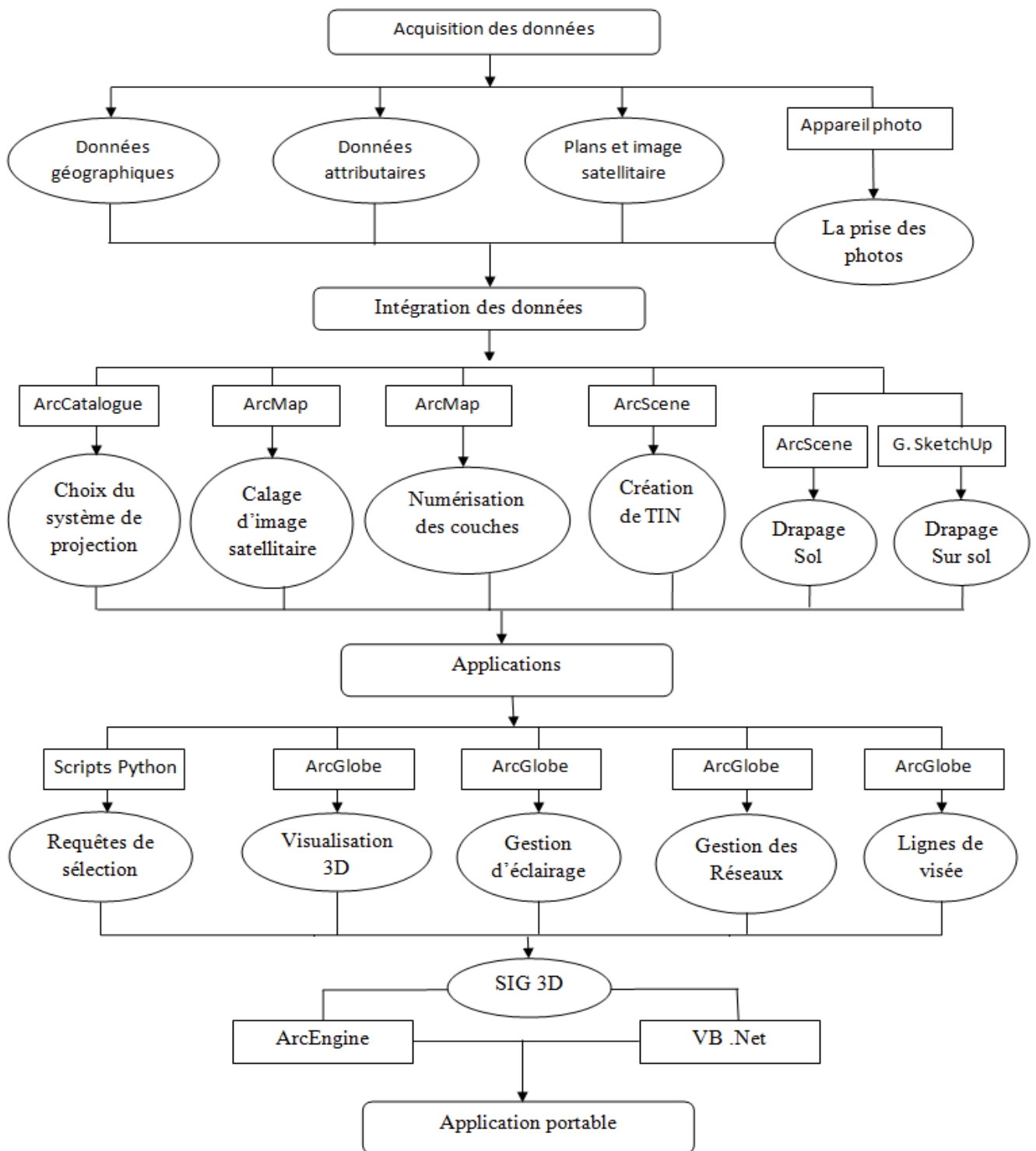


Figure III.29 : Schéma de synthèse

## 6. Bilan et perspectives :

Avec l'apparition des SIG 3D, beaucoup de problèmes ont été résolus notamment ceux liés à l'environnement urbain et l'aménagement du territoire. Ces SIG 3D permettent des analyses performantes en fournissant une visualisation impressionnante de réalisme.

L'utilisation de la troisième dimension dans les SIG a beaucoup d'avantages, ainsi que quelques inconvénients :

Parmi les avantages nous pouvons citer :

- Mieux appréhender l'urbain et l'aménagement sous une nouvelle dimension.
- Mieux analyser des volumes, la visibilité, l'ensoleillement.
- Intégrer des modèles 3D extérieurs.
- Enrichir sa BD 3D, modéliser ses projets d'aménagement.
- Personnaliser ses outils de consultation.
- Promouvoir ses activités et son territoire.

Parmi les points faibles des SIG 3D, nous pouvons citer:

- Du temps et/ou de l'argent (logiciel, matériel informatique dédié).
- Gérer des données lourdes et complexes.
- «Marier » infographes et sigistes.
- Bugs d'affichages et incompatibilités.
- Des données peu modifiables.
- La course au réalisme...

Les SIG 3D sont encore au stade du développement et de la recherche, ils visent à dépasser le stade de la visualisation en allant vers l'intégration des autres technologies pour élargir les domaines d'exploitation. Au plus tard, il reste quelques applications 3D à réaliser notamment l'ombrage 3D.

D'autre part il est indispensable de citer l'apparition du SIG 4D qui gère le temps comme quatrième dimension.

Le SIG 4D permet d'analyser et de simuler en 4D des systèmes intégrant les données SIG. L'impact de la dimension temps est un élément de plus en plus recherché dans les analyses de SIG. Il sert à exploiter les données SIG dans un contexte de dépendance au temps.

## 7. Conclusion :

A travers ce chapitre on constate que la réalisation d'un SIG 3D nécessite l'intervention de plusieurs technologies, elle inclut la cartographie, la modélisation 3D et les CAO/DAO... etc.

Ainsi, nous avons conclu que le SIG 3D dans un milieu urbain offre un modèle proche de la réalité qui permet d'optimiser la compréhension de cet environnement pour mieux réagir.

### **Conclusion générale :**

La 3D couplée à un SIG offre des possibilités de communication très intéressantes pour les acteurs de l'aménagement. La démocratisation et l'intérêt grandissant autour de cette technologie est un plus pour les collectivités, un moyen efficace de promouvoir l'action publique territoriale et améliorer le processus décisionnel. Cette diffusion grand public est encore au stade de la réflexion sachant que les formes disponibles sont l'image, la vidéo et le viewer web 3D.

Dans notre rapport, on a proposé un panorama de modèles et de technologies sous-jacentes à la problématique des SIGs 3D ainsi que la description des divers concepts et normes de modélisation de ville à trois dimensions.

Ce projet avait pour but de réaliser un SIG urbain en 3D à fin de décrire avec un haut niveau de réalisme l'université de Kharouba, pour pouvoir naviguer, localiser des services, exécuter des requêtes et effectuer des simulations en fournissant des analyses spatiales en 2D et 3D dédiée pour la gestion et l'aide à la décision.

**# Bibliographie :**

- [1] : **Mme Sidi Yekhlef** – Cours « System d’Informations Géographiques » Master 1 informatique SIG Faculté des sciences exactes et de l’Informatique / Université de Mostaganem.
- [2] : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Systeme\\_d'information\\_géographique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Systeme_d'information_géographique)
- [3] : **Gael TCHIOFFO KODJO** [Mémoire fin d’études - Conception et réalisation d'une application de webmapping d'analyse territoriale sur des SIG et bases de données open source : cas du territoire camerounais]
- [4] : **Élisabeth HABERT** Laboratoire de cartographie appliquée - IRD – 2000
- [5]: **NEC strereoscopic 3D website:** <http://www.nec-display-solutions.com/p/w3d/fr/applications/advantages.xhtml>
- [6]: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Trois\\_dimensions](http://fr.wikipedia.org/wiki/Trois_dimensions)
- [7]: **NEC Strereoscopic 3D website :** <http://www.nec-display-solutions.com/p/w3d/fr/technology/functions.xhtml>
- [8]: **NEC Strereoscopic 3D website:** <http://www.nec-display-solutions.com/p/w3d/fr/technology/systems.xhtml>
- [9] : **Henry PORNON** – [La 3D et les SIG] Expert Géomatique - N° 71 - Octobre-Novembre 2009
- [10] : **Olivier BANASZAK - Mathieu KOEHL** – [vers la généralisation] de la 3D N°114 1<sup>er</sup> trimestre 2008
- [11] : **Mr Midoun** – Cours « Modèle Numérique du Terrain » Master 2 informatique SIG Faculté des sciences exactes et de l’Informatique / Université de Mostaganem.
- [12] : **Mme Brachemi S.** Mémoire de fin d’étude pour l’obtention du diplôme ingénieur.

- [13]: **EducTice.ens-Lyon.fr** : <http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/recherche/geomatique/veille/imagerie-3d/MNT/index.htm>
- [14]: **Mr Midoun** – Cours « Source de Données » Master 2 informatique SIG Faculté des sciences exactes et de l'Informatique / Université de Mostaganem.
- [15]: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Orthophotographie>
- [16]: **ArcGis ressource center site officiel ESRI**  
<http://resources.arcgis.com/fr/content/3dgis/10.0/about>
- [17]: **Augustin MUZUMBI MUKAMBA** – [*Assainissement urbain par l'approche « pollueur payeur » au Quartier Matonge, dans la Commune de Kalam*], Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme **Licence en Sciences et Techniques de Développement**
- [18]: **www.Bentley.com**  
[:http://www.bentley.com/frFR/Solutions/Cadastre+and+Land+Development/3D+City+GIS.htm](http://www.bentley.com/frFR/Solutions/Cadastre+and+Land+Development/3D+City+GIS.htm)
- [19]: **Xavier Dupasquier** – Intégration de la 3D dans les SIG [tendance, question et perspective] GIS-SIT 2010