

## INITIATION DUSYSTEME DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE



ATHMANIA DJAMEL | Maître de conférences



## **Remerciements**



## Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	1
<b>Avant-propos</b> .....	4
<b>Chapitre I : Concepts de base des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG)</b> .....	5
<b>1. Définition du SIG</b> .....	6
A) Quelques définitions.....	6
B) Quelques utilisations des sig .....	7
C) Avantage et bénéfices de l'utilisation d'un SIG.....	9
<b>2. Historique</b> .....	10
<b>3. Les principales fonctions et rôle d'un SIG</b> .....	11
A) Abstraire : .....	11
B) Acquisition (Saisie): .....	12
C) Archivage (Gestion) : .....	12
D) Analyse et Interogation: .....	12
E) Affichage (Visualisation) : .....	13
<b>4. Les Composante d'un SIG</b> .....	15
A) Le matériel informatique du SIG .....	15
B) Les logiciels du SIG .....	16
i. Entrée de données : .....	16
ii. La gestion .....	16
iii. Le traitement.....	16
iv. La restitution des données et leur présentation.....	17
C) Ressources humaines & organisation.....	17
<b>5. Les sources de données spatiales :</b> .....	18
A) Les Cartes topographiques .....	19
B) Les images satellitales.....	20



C)	Les Données Topographiques de Terrain.....	20
D)	Le Système de Positionnement par satellite (Global Positioning System : GPS) 20	
E)	Les photographies aériennes .....	21



## **Avant-propos**



## **Chapitre I : Concepts de base des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG)**

## 1. Définition du SIG

### A) QUELQUES DEFINITIONS

**Information Géographique** : L'information géographique est la représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné.

(P. Quodverte, Cartographie numérique et information géographique, 1994)

**Système d'informations géographiques** : Système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion.

(Comité Fédéral de coordination inter-agences pour la cartographie numérique, 1988)

**S.I.G.** : Ensemble de données repérées dans l'espace, structuré dans l'espace de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision

(M. Didier, Etude du CNIG, 1990)

Un **SIG** apparaît donc à la fois comme un outil de gestion pour le technicien qui, au quotidien, assure le fonctionnement d'un certain service et un outil de décision pour le décideur. En définitive on peut retenir **qu'un SIG est un système informatisé (matériels et logiciels) capable de gérer, d'analyser et de représenter des données géographiques pour aider à la compréhension des phénomènes d'aménagement et de planification.**

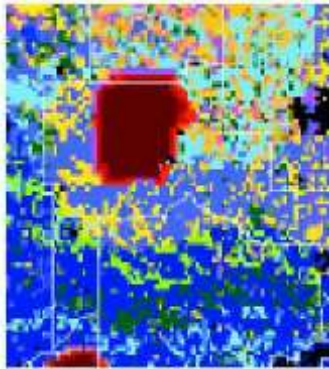
**Vocation d'un SIG** : Rassembler au sein d'un outil informatique de données diverses, localisées dans le même espace géographique, relatives à la terre et à l'homme, à leurs interactions et à leurs évolutions respectives. La finalité d'un SIG est l'aide à la décision.

L'information géographique désigne toute information sur des objets ou des phénomènes (appelés entités géographiques) localisables à la surface de la

terre. Elle est représentée sous forme cartographique, avec ses deux composantes :

- Une composante graphique (ou géométrique): la carte, qui décrit la forme et les caractéristiques de l'entité tout en la localisant par des coordonnées géographiques ou cartographiques.
- Une composante attributaire : la légende, qui identifie les entités représentées

## B) QUELQUES UTILISATIONS DES SIG

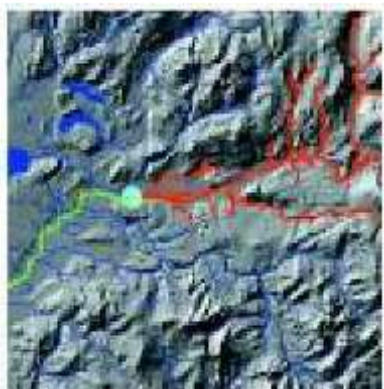


Une équipe de pompiers prévoit les risques de propagation d'un feu de forêt à l'aide de données relatives au terrain et au climat.

Un service de génie civil gère l'état des routes et ponts et produit Des cartes de planification Pour les catastrophes naturelles







Un bureau de gestion des ressources en eau effectue des recherches en amont pour trouver d'éventuelles sources d'un polluant.

La protection civile doit trouver l'itinéraire le plus rapide pour atteindre une urgence.



Un service des eaux usées affecte un ordre de priorité l'intervention sur les zones après un séisme.



### C) AVANTAGE ET BENEFICES DE L'UTILISATION D'UN SIG

Les bénéfices apportés par l'implantation d'un SIG sont difficiles à évaluer car ils ne sont pas quantifiables. De plus, ces bénéfices sont spécifiques à chaque SIG et dépendent des différentes applications installées.

Un SIG permet d'abaisser les coûts de production des cartes et des plans ;

Il permet aussi d'établir des cartes et des plans que l'on ne pouvait pas réaliser à la main. Grâce à l'informatique, il est possible de réaliser des produits nouveaux qu'il était impossible de réaliser par la méthode classique ;

Il évite que des services différents procèdent à des levés topographiques sur la même zone et évite les pertes d'information avec le temps en accumulant les données recueillies sur le terrain ;

Il facilite la réalisation d'étude pour tous les projets ayant une composante géographique et permet de multiplier les représentations visuelles en facilitant ainsi la prise de décision tout en diminuant les risques d'erreurs ;

Il améliore le service rendu à l'utilisateur en permettant de lui fournir avec rapidité et fiabilité une information de qualité dont il a besoin ;

Il permet des calculs utiles à la prise de décision. Cela va du calcul simple, la superposition cartographique, au calcul complexe d'analyse spatiale intégrant un grand nombre de paramètres.

- La diminution à terme des coûts de production des cartes et des plans ;
- La génération de cartographie rapide avec mise en œuvre de processus de choix spatiaux interactifs ;
- Une intéressante amélioration de la présentation des produits cartographiques (Layout) ;
- .L'étude des changements intervenus entre deux ou plusieurs dates ;
- La mise à jour en temps réel, ce qui permet de faire du SIG un outil de suivi ;
- La réduction de l'incertitude lors des travaux ;
- Une grande efficacité lors de la planification et la gestion ;
- L'augmentation de la productivité ;

## **2. Historique**

Pendant les années 60 et les années 70, de nouvelles pratiques accordèrent une place croissante à l'utilisation des cartes pour la gestion des ressources naturelles. Suite à la prise de conscience de l'interrelation entre les différents phénomènes qui se déroulent à la surface de la terre, la nécessité de développer des outils de gestion globale et pluridisciplinaire, s'est rapidement imposée.

A l'époque la seule manière de confronter des informations issues de cartes distinctes consistait à tracer des calques et par ce biais d'essayer d'identifier les zones les plus favorables, en tenant compte de l'ensemble des informations de base.

Cette technique a été alors adaptée au système informatique encore à ses débuts.

Des cartes statistiques, volontairement simplifiées ont été reportées sur des feuilles blanches quadrillées.

A la fin des années 70, la technologie de cartographie assistée par ordinateur avait fait néanmoins de grands progrès, avec la disponibilité de plus d'une centaine de systèmes sur le marché. En parallèle, de nouvelles techniques se développaient dans des domaines proches: pédologie, hydrographie, topographie, photogrammétrie et télédétection. Le rythme soutenu du développement de ces nouvelles techniques, ainsi que l'absence de maturité de ce secteur s'est traduit dans un premier temps par la duplication d'efforts, dans des disciplines proches sans une réelle concertation. Mais au fur et à mesure que les systèmes se multipliaient et que l'expérience se gagnait, le potentiel de lien entre les processus différents de traitement des données spatiales émergeait. C'est ainsi que naissait un nouveau domaine: celui des systèmes d'information géographique, universellement utilisé de nos jours.

Au début des années 80, alors que l'informatique devenait à la fois plus sophistiquée (par la miniaturisation et l'augmentation des capacités de calcul), et plus populaire (par l'apparition des ordinateurs à des prix abordables), les SIG profitaient de cette généralisation des plateformes informatiques.

Aujourd'hui, les SIG sont utilisés par tous les acteurs de l'aménagement du territoire, au sein d'administrations publiques, de laboratoires de recherche, d'établissements scolaires, d'industries privées et d'utilités publiques.

### 3. Les principales fonctions et rôle d'un SIG

Le SIG est essentiellement un outil qui facilite l'intégration de données diverses, et qui permet de les transformer selon des formats compatibles, de les croiser, de les analyser et enfin d'afficher le résultat de ces analyses sous forme cartographique.

#### A) ABSTRAIRE :


Concevoir un modèle qui arrange les données par constituants géométriques et par attributs descriptifs, et qui permet aussi d'établir des relations entre les objets.



Modélisation de l'information

## B) ACQUISITION (SAISIE):

Avant d'utiliser des données papier dans un SIG, il est nécessaire de les convertir dans un format informatique (numérique). Cette étape essentielle depuis le papier vers l'ordinateur s'appelle digitalisation (ESRI France).


 Récupérer l'information existante, alimenter le système en données.

## C) ARCHIVAGE (GESTION) :

Selon le volume des données à intégrer et à manipuler dans un SIG, les moyens de les stocker diffèrent. Dans le cas, où on a recours à un volume très important de données, on a recours à faire appel à un SGBD (Système de Gestion de Bases de Données). Ceci, pour faciliter le stockage, l'organisation et la gestion des données.

Un SGBD n'est autre qu'un outil de gestion de la base de données.

Il existe de nombreux types de SGBD, mais en Système d'Information Géographique, le plus utilisé est le SGBDR (Système de Gestion de Bases de Données Relationnel).

 Stocker les données de façon à les interroger facilement.

## D) ANALYSE ET INTEROGATION:

Lorsqu'on a un système d'informations géographiques alimenté en données, on peut l'interroger en posant des questions comme :

- A qui appartient cette maison ?
- Lequel de deux supermarchés est le plus proche ?
- Où est la salle couverte de cette ville ?

Et des questions intégrant une analyse, comme par exemple :

- Quels sont les terrains disponibles pour construire de nouvelles maisons ?

- Quels sont les sols adaptés à la plantation de vignes ?
- Si je construis une autoroute ici, quel en sera le trafic ?

Les SIG procurent à la fois des outils simples d'interrogation et de puissantes solutions d'analyses accessibles à tous les publics.

Les SIG modernes disposent de nombreux et puissants outils d'analyse, mais deux d'entre eux apparaissent comme particulièrement essentiels :

L'analyse de proximité

Combien existe-t-il de maisons dans une zone de 100 mètres de part et d'autre de cette autoroute ?

Quel est le nombre total de client dans un rayon de 10 km autour de ce magasin ?

L'intégration de données au travers des différentes couches d'information permet d'effectuer une analyse spatiale rigoureuse. Cette analyse par croisement d'information, si elle peut s'effectuer visuellement (à l'identique de calques superposés les uns aux autres) nécessite souvent le croisement avec des informations alphanumériques. Croiser la nature d'un sol, sa déclivité, la végétation présente avec les propriétaires et les taxes payées est un exemple d'analyse sophistiquée que permet l'usage d'un SIG.

➡ Réponses aux requêtes, interrogation des données sous un SIG

## **E) AFFICHAGE (VISUALISATION) :**

Pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes. Une carte vaut mieux qu'un long discours. La carte est en effet un formidable outil de synthèse et de présentation de l'information. (ESRI France)

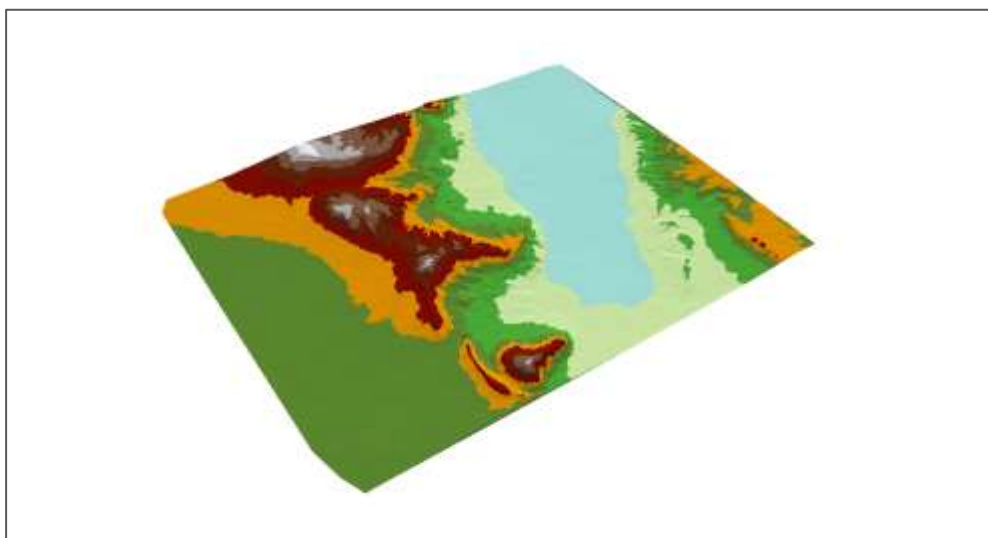
Les SIG offrent à la cartographie moderne de nouveaux modes

L'expression permettant d'accroître de façon significative son rôle pédagogique. Les cartes créées avec un SIG peuvent désormais facilement

intégrer des rapports, des vues 3D ; des images photographiques et toutes sortes d'éléments multimédia.

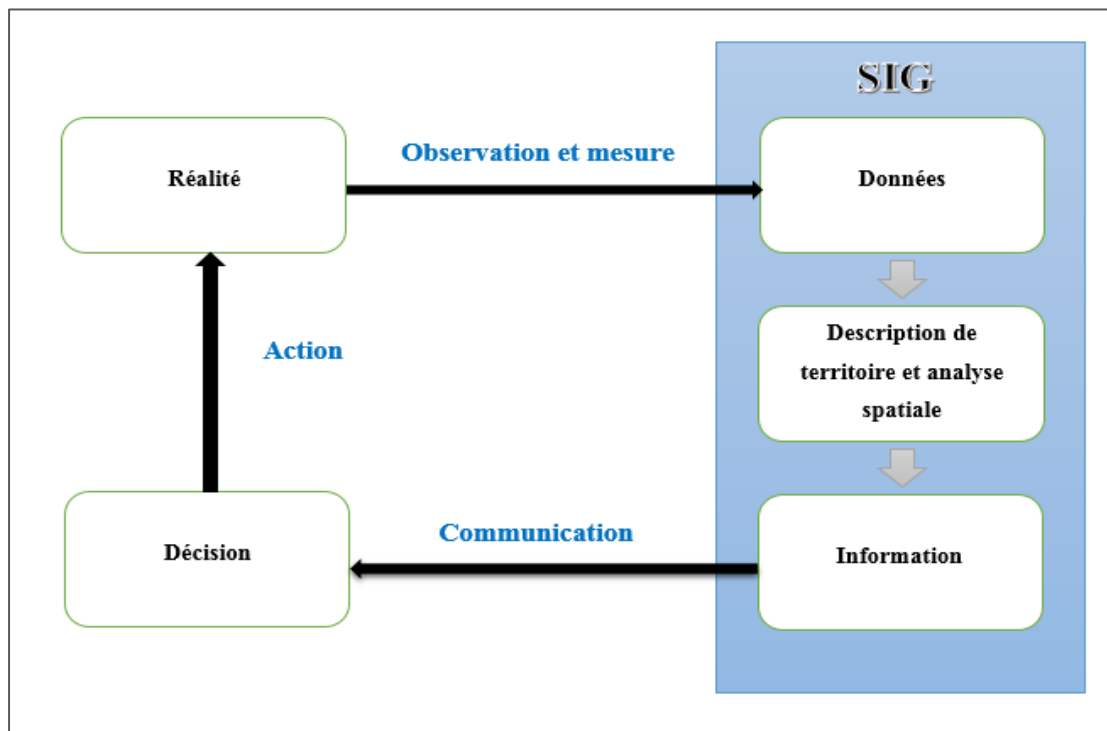


Restitution graphique



*Figure 1: TIN de Tébessa*

**Donc, les SIG viennent pour répondre à une problématique bien déterminée et cherchent à reproduire le plus fidèlement possible la réalité selon le paradigme suivant :**



#### 4. Les Composante d'un SIG

Les systèmes d'information géographique sont composés de trois éléments: l'ordinateur, les logiciels, et la composante humaine (personnel et organisation) qui font fonctionner le système.

##### A) LE MATERIEL INFORMATIQUE DU SIG

Le matériel informatique nécessaire pour faire tourner un SIG inclut des unités communes à n'importe quel système de gestion automatisé de base de données, un ordinateur central, plusieurs unités de disques pour enregistrer des données et des programmes, un système de sauvegarde de données, des unités de visualisation de graphique en couleur, et autres éléments périphériques communs aux ordinateurs.

Un SIG possède, en outre, plusieurs composantes spécifiques, incluant: un convertisseur analogique/numérique ou un scanner, qui est employé pour convertir l'information géographique des cartes sous forme numérique; un traceur, qui imprime les cartes et d'autres sorties graphiques du système, et pour finir, une table à digitaliser à option.



## B) LES LOGICIELS DU SIG

Les logiciels assurent les suivantes fonctions principales:

- Entrée de données: numérisation ou scannérisation et enregistrement de données attributaires à partir du clavier
- Gestion de base de données analyse et traitement de données
- Interaction avec l'utilisateur (correction cartographique)
- Sortie de données et présentation (traçage)

### i. Entrée de données :

Implique la conversion des données cartographiques d'observations terrestres, d'images satellitaires ou bien encore de photographies aériennes dans des formats numériques compatibles avec le système.

La qualité des sources des données et la méthode d'intégration choisie pour ces données, affecteront la qualité des produits finaux issus du SIG; et ceci quel que soit la sophistication du matériel ou des logiciels utilisés. Il est fréquent que les inventaires des ressources naturelles soient incomplets ou anciens, il est alors préférable de mettre à jour cet inventaire avant de commencer toute la phase de numérisation de ces données.

### ii. La gestion

La gestion de base de données comprend principalement les fonctions suivantes: structuration, requête, analyse et enregistrement des données attributaires

### iii. Le traitement

Le traitement des données couvre deux types d'exécution:

- La préparation des données par l'élimination d'erreurs ou la mise à jour ;
- l'analyse des données pour fournir des réponses aux questions que l'utilisateur pose au SIG.

Le traitement, selon sa nature, peut opérer conjointement sur les données spatiales et attributaires ou sur seulement l'un des types de données. On peut citer quelques

traitements classiques tels que le croisement de différentes cartes thématiques, traitement des superficies et des distances, acquisition d'information statistique à partir de données attributaires; changement des légendes, le changement d'échelle et de projection, la création d'une zone tampon, ou bien encore la représentation en trois dimensions à partir d'un modèle numérique de données d'élévation de terrain (MNT).

#### iv. La restitution des données et leur présentation

La restitution des données et leur présentation peut être sous forme d'affichage écran par l'intermédiaire d'un moniteur couleur, cette visualisation pouvant elle-même être exportée sous forme de fichiers graphiques, soit sous forme de sortie cartographique papier.

### C) RESSOURCES HUMAINES & ORGANISATION

Il est courant de présenter un SIG en ne décrivant que les aspects logiciels et matériels de celui-ci. On oublie alors l'une des composante essentielle: la composante humaine, la seule à même de faire fonctionner et de piloter le système de manière pertinente et efficace.

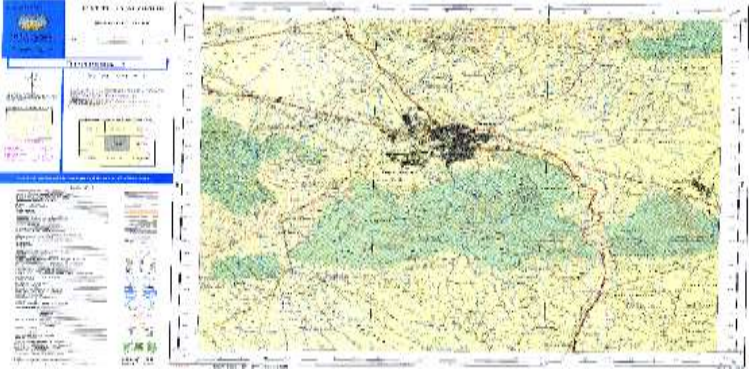


Le SIG ne doit être perçu comme un "outil miracle" par le gestionnaire de ressources. La qualité des données qu'il produit sera à la hauteur de la qualité des données sources et de leur pertinence vis à vis de la problématique posée.

**N.B : Le résultat sera donc à l'image de la maîtrise des outils et concepts des SIG et de leur bonne application dans un cadre thématique donné, et cela quel que soit le niveau de complexité des outils utilisés.**

Comme pour tout travail cartographique, la collecte de données et la création de nouvelles bases de données géoréférencées, exigent des niveaux de compétence pointus, une formation adaptée des personnels chargés de cette collecte et de la saisie, et un contrôle qualité à toutes les étapes. En d'autres termes, outre la qualité du matériel et des logiciels acquis, l'utilisation pertinente d'un SIG requiert un effort en matière de formation, de planification, d'organisation et de suivi afin d'assurer une bonne qualité et l'intégrité du produit final.

La coordination entre des spécialistes d'horizons divers est également un des éléments clés de cette réussite.

## 5. Les sources de données spatiales :

Carte Topographique	
Carte Géologique	
Image Satellitale	

Photographie aérienne	
Données Topographiques de Terrain	 
Le Système de Positionnement Global (Global Positioning System : GPS)	 

## A) LES CARTES TOPOGRAPHIQUES

Ce sont les cartes produites par L'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) à partir des photographies aériennes ; appelées cartes de bases. Ces cartes représentent les courbes de niveau, les parcelles, les oueds, les routes...

Elles sont produites à différentes échelles 1 / 200 000, 1/100 000, 1/ 50 000 et 1/ 25000. Ils servent à la majorité des études liées à l'espace : études d'impacts sur l'environnement, les études d'aménagement, les barrages, les lacs collinaires.

## **B) LES IMAGES SATELLITALES**

Elles représentent une autre source de données pour les SIG. De nos jours, ils sont devenus le support le plus utilisé pour l'alimentation des SIG en données et surtout pour la mise à jour des cartes existantes.

Elles sont utilisées en urbanisme, en surveillance de la pollution marine, au suivi des mouvements des côtes, en géologie...

Avec le progrès technologique, la clarté de l'image satellitale est devenue de plus en plus meilleure.

Les images sont prises à partir des satellites qui gravitent autour de la terre à quelques dizaines de kilomètres.

## **C) LES DONNEES TOPOGRAPHIQUES DE TERRAIN**

Généralement les levés topographiques sur terrain aboutissent à un ensemble de points portant comme variables x, y et z. A partir de cet ensemble on peut tracer des lignes (représentant des routes, des pistes...) ou des surfaces (limites de bâtiments, de parcelles ...).

Les données topographiques offrent aux SIG des données avec une précision millimétrique, d'où son intérêt surtout dans le cas des travaux à grandes échelles.

## **D) LE SYSTEME DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE (GLOBAL POSITIONING SYSTEM : GPS)**

Il s'agit d'une constellation de 24 satellites (ou plus) qui gravitent tout autour du globe terrestre en suivant des orbites inclinées de 55° par rapport à l'équateur. Chaque satellite effectue deux tours en 24 heures, c'est-à-dire un tour chaque 12 heures de telle sorte qu'à chaque instant chaque hémisphère (Nord et Sud) soit couvert par 12 satellites.

Les satellites émettent des signaux en direction de la terre. Ces signaux sont captés par des appareils de toutes sortes allant des récepteurs qui se tiennent à la main jusqu'aux installations sophistiquées utilisées en mode statique ou cinématique (à bord de véhicules).



Ces signaux, permettent de déterminer à un instant donné, la position du récepteur au sol, avec une précision du mètres jusqu'aux millimètres.

Les positions ponctuelles enregistrées dans le GPS sont stockées sous formes de données numériques (X, Y, Z) ou sous format graphique (point, ligne et surface).

Conjuguées à d'autres techniques de la géomatique, les données GPS peuvent servir à un large éventail d'applications, notamment pour déterminer la position et suivre la trajectoire de véhicules et d'autres objets mobiles, gérer des infrastructures, horodater de l'information et des images et naviguer d'un point à un autre du globe.

### **E) LES PHOTOGRAPHIES AERIENNES**

Elles constituent la base pour la réalisation de plusieurs produits : cartes, modèles numériques de terrain, suivi des évolutions urbaines, rectification des limites des parcelles cadastrales, etc.

Une mission de photographie aérienne comprend généralement les étapes suivantes : 1) plan du vol, 2) vol, 3) développement et archivage.

Pour la réalisation du plan de vol, plusieurs données sont nécessaires : la zone à couvrir, bien sûr, l'échelle finale du cliché, laquelle donnera la superficie couverte par une photographie élémentaire, ainsi que

L'altitude de vol (par exemple, une échelle au 1: 25 000 correspond à une altitude de 4000 mètres au-dessus du niveau du sol lorsqu'il est plat). Afin de pouvoir palier au problème de relief chacune de ces photographies doit recouvrir partiellement la précédente (typiquement de l'ordre de 60 à 80 %) Le recouvrement latéral (perpendiculaire à la trajectoire de l'avion), non essentiel à la vision en relief, est fixé à 20 % environ.

Une fois le vol est terminés, les films seront développés dans une machine laboratoire et lorsqu'ils sont validés ils seront numérisés et archivés.

Actuellement la photographie aérienne classique laisse petit à petit sa place à la numérique utilisant des caméras numériques ; dispositifs de prises de vue multispectral.



Toutes ces photographies seront par la suite assemblées en mosaïque et serviront à la cartographie de la zone photographiée.