

PN-ACF-211
101645

PROJET DE SERVICES URBAINS ET ENVIRONNEMENTAUX
Contrat No 608-C-00-96-00000

**ETUDE D'IMPLANTATION D'UN
SYSTEME D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES
A L'ANHI**

**Séminaire de Formation de Base sur le SIG
21-25 décembre 1998
L'Information Géographique Urbaine**

Prepared pour

**L'Agence Américaine pour le
Développement International
Rabat, Royaume du Maroc**

Le Bureau de Programmes Environnementaux et Urbains

Par

Mohamed Boukhaffa



Technical Support Services, Inc.

1000 Vermont Avenue NW
Washington DC 20005-4903 U S A

3 Rue Bouzniquah
Rabat - Maroc

décembre 1998

Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
USAID 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI

Compte rendu de déroulement de la session de formation
sur les SIG à l'INAU
21-25 décembre 1998

Parmi les activités inscrites dans le plan d'action relatif au projet SIG de l'ANHI, figurait l'organisation d'une semaine de formation de base sur les aspects théoriques et généraux sur les SIG au profit de l'équipe du projet dès sa constitution

Cette formation a pour objectif de permettre à l'équipe de se constituer un référentiel conceptuel en vue d'une meilleure prise en charge du projet dans ses phases opérationnelles

Après plusieurs reports liés à un problème de calendrier, cette session a pu se tenir dans les locaux de l'Institut National d'Aménagement et d'Urbanisme (INAU) à Rabat du 21 au 25 décembre 1998

Cette formation qui a été animée par MM Mohammed Boukhaffa et Jean Thibeau s'est déroulée conformément au programme défini dans ce sens et a été suivie par les membres de l'équipe SIG de l'ANHI dont les noms suivent

- Mme Majida El Fassi Fihri
- Mme Ihsane Bennani
- M Moncef Benkirane
- M Mohamed Rahhal
- M Chakib Belmejdoub
- M Oussama Ouaghlidi
- M Abdelfettah Benaïssa
- M Aomar Zahidi

Les principaux chapitres abordés dans le cadre de cette formation dont le contenu détaillé figure en annexe sont les suivants

- Les principes de positionnement à la surface de la terre
- Les modes d'acquisition des données géographiques
- Les caractéristiques des données géographiques
- Panorama de l'offre de données géographiques au Maroc
- Les SIG Concepts et définition
- Les modèles de représentation de l'espace dans les SIG
- Les bases de données dans les SIG
- Les Enjeux liés à l'utilisation des SIG
- Les SIG au Maroc état des lieux
- Méthodologie de conduite d'un projet SIG

Au terme de cette session une séance de synthèse-évaluation a eu lieu en présence de M. Mohamed Chraïbi de TSS afin de faire le point sur l'apport de la formation et des souhaits des différents membres de l'équipe

Les principaux éléments de synthèse tels qu'ils sont ressortis de cette séance vont dans le sens d'une bonne appréciation du contenu et le déroulement de la session. Toutefois un souhait général s'est exprimé par rapport à la nécessité de compléter cette formation par d'autres cycles sur les aspects techniques de prise en charge du projet

Projet Services Urbains et Environnement
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI

SUPPORTS DE COURS

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 : Les SIG : Concepts et définition

CHAPITRE 2 : Les modèles de représentation de l'espace dans les SIG

CHAPITRE 3 : Les bases de données dans les SIG

CHAPITRE 4 : Les Enjeux liés à l'utilisation des SIG

CHAPITRE 5 : Les SIG au Maroc : etat des lieux

CHAPITRE 6 : Méthodologie de conduite d'un projet SIG

Chapitre 1

Les SIG : Concepts et définitions

1. Les SIG : un concept nouveau

- Les S.I.G un concept à la rencontre de plusieurs disciplines
- Les S I G : une problématique en évolution constante
- Les S I G : outils et projets

2. Plusieurs types de définitions

- Liées à la pluridimension des SIG
- Dépendantes du type d'approche du concept

- **Quelques exemples de définitions**

Aronoff (1989) « *Un ensemble de procedures utilisees pour conserver et traiter de l'information a reference geographique* »

Burrough (1986) « *Un ensemble puissant d'outils pour saisir, conserver, extraire, transformer et afficher les donnees spatiales decrivant le monde reel* »

Didier (1990) « *Un SIG est un ensemble de donnees reperees dans l'espace, structurees de façon a pouvoir en extraire commodement des synthèses utiles a la decision* »

Koshkarov, Tikunov, Trofimov (1989) « *Un systeme dote de fonctions de modelisation spatiale* »

Société Française de photogrammétrie « *Un SIG est un systeme informatique permettant, a partir de diverses sources de rassembler, organiser , gerer, analyser, combiner, et presenter des information localisées pour la gestion de l'espace* »

3. Typologie des SIG :

- **Le « Paradigme » des SIG**
- **Structure d'un SIG**
- **Les grandes familles de produits SIG**
 - ◇ **Génération de produits**
 - ◇ **Catégorie de produits**
 - ◇ **Les SIG et les outils CAO / DAO**

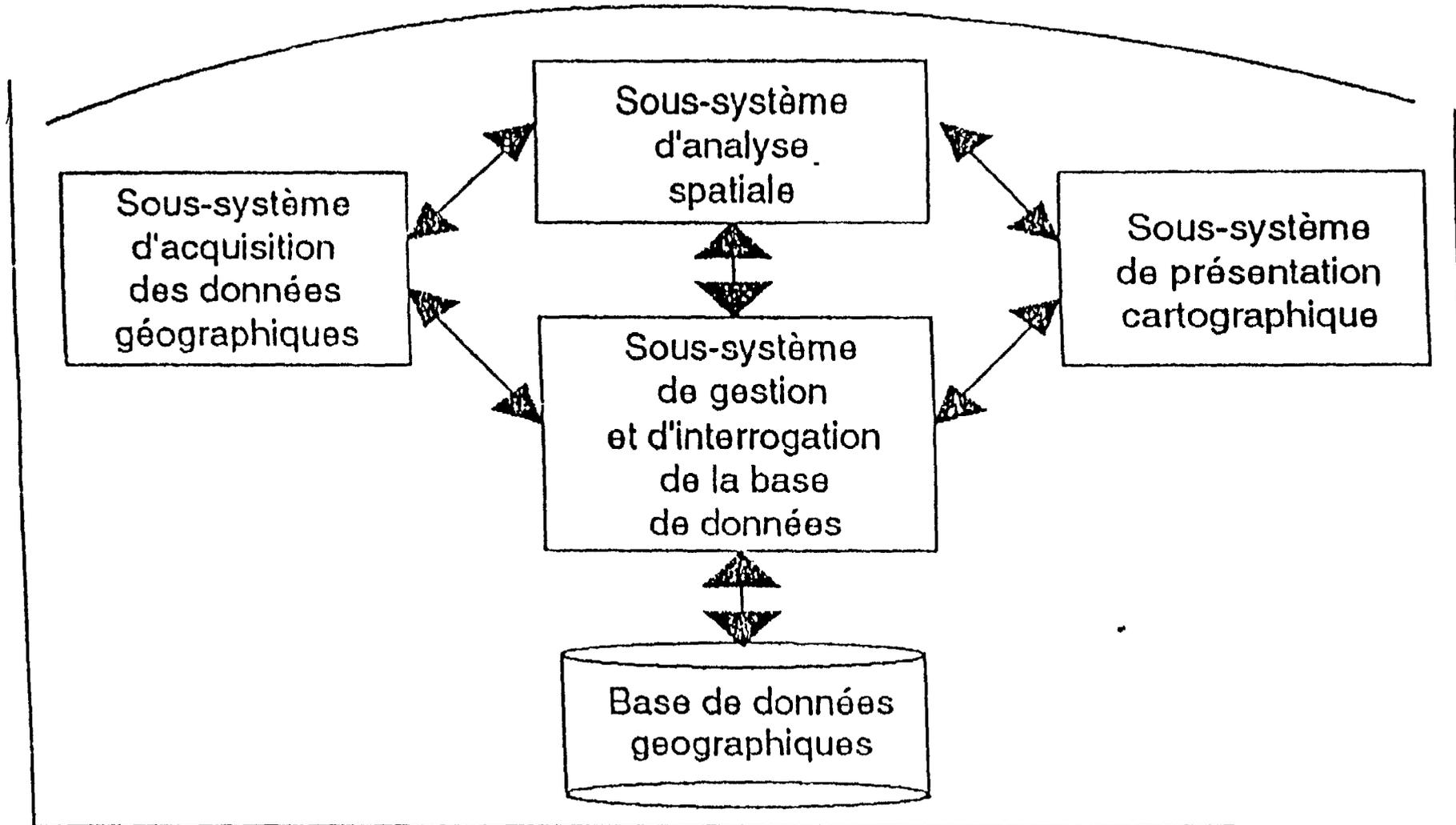
4 . Les fonctionnalités d'un SIG

- **Quatre grands groupes de fonctionnalités**
 - ◇ La mise sous format numérique des données (digitalisation, scanérisation, récupération de fichiers, .)
 - ◇ La gestion (organisation des données en couches, classes, topologie, gestion d'index)
 - ◇ L'exploitation (extraction et interrogation, analyse spatiale, allocation de ressources, optimisation de flux, recherche d'itinéraire)
 - ◇ L'édition (affichage, édition sur périphérique de sortie)

- **Divers domaines d'utilisation**

5. Le marché et l'évolution des SIG

- Tendances globales
- Aspects non techniques
- Aspect techniques

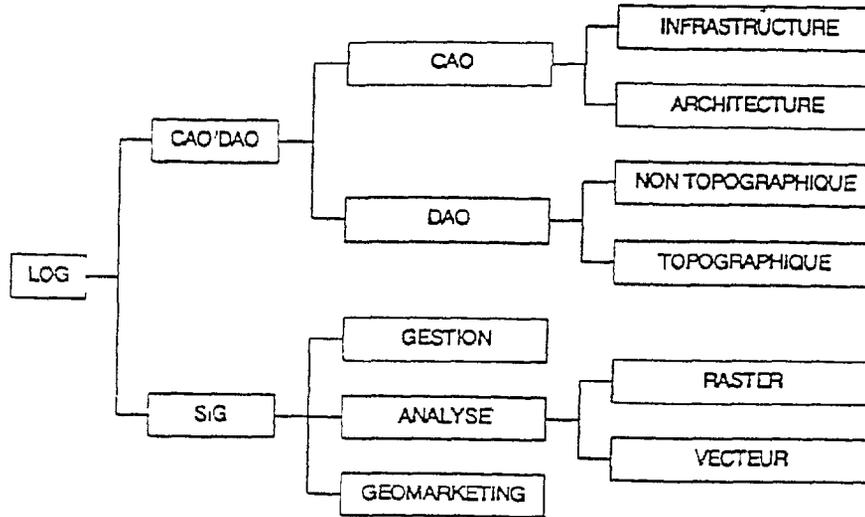


Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
US / D / US 000-022 / C-00-300
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI

Exemple d'applications en milieu urbain

	OPERATIONNEL	ETUDES		OPERATIONNEL	ETUDES
Voie	Etat des chantiers • Etat des chaussées • Numerotation des voies • Gestion du mobilier urbain	Coordination des interventions et des travaux prévisions d'entretien Projets de voies Ouvrages d'art	Eclairage public	Localisation des points lumineux et des réseaux électriques Entretien préventif	Projets divers d'aménagement
Circulation	Plan de circulation • Gestion des feux de carrefour des panneaux de signalisation Comptage de trafic Plan de stationnement	Simulations de trafic de plan de circulation • Determination d'itinéraires Etude d'incidents de circulation • Analyse des accidents de circulation	Espaces verts	• Localisation des arbres Préparation de l'elagage	Plans d'entretien préventif ou curatif
			Architecture	• Plans des propriétés de la ville Suivi des interventions et des chantiers	Préparation des dossiers de construction permis de construire • plans d'architecture
Eau	Localisation des réseaux et des branchements pour faciliter les interventions	Analyse des consommations Etudes de dimensionnement de réseaux Projets de réseaux	Nettoieement	Plan de nettoieement	Calcul des itineraires
			Ordures menageres	Localisation des conteneurs des dépôts	Etudes d'itinéraires de collecte • Analyse des tonnages collectes
Assainissement	Localisation des réseaux et branchements	Calculs de la mineralisation du sol et etudes de dimensionnement des réseaux Projets de réseaux	Environnement	Zones inondables Zones de nuisance	• Propagation des pollutions aeriennes et aquatiques
			Securite	Localisation des immeubles accueillant le public Localisation des locaux et établissements dangereux Localisation des bornes d'incendie Determinaation d'itineraires	Simulation de catastrophes naturelles ou d'accidents majeurs
Urbanisme	• Memonsation du plan d'occupation des sols • Aide à l'instruction des permis de construire de demolir • Aide à l'instruction des intentions d'altérer • Plan d'aménagements de ZAC ZAD etc	• Analyse de l'impact des règles d'urbanisme • Analyse de l'évolution de la population du bâti des entreprises	Patrimoine	Localisation de vestiges archeologiques Localisation des bâtiments classés ou présentant un interet architectural ou historique Localisation des propriétés de la collectivite	• Etude de projets

Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI



CAO/DAO	SIG
Priorité à la représentation graphique des données et aux fonctionnalités de dessin (DAO) et de calculs techniques (CAO)	Priorité à l'organisation hiérarchique et à la structuration géométrique des données aux fonctionnalités de gestion et d'analyse
Peuts volumes de données Unité de travail : plan ou carte	Gros volumes de données Unité de travail : territoire
La représentation graphique des objets peut être fixée au stade de leur description. On cherche à visualiser la réalité d'une seule façon	La description des objets et leur mode de représentation graphique ne doivent pas être liés. Il faut pouvoir facilement changer de graphisme, c'est-à-dire parler les cartes
Lien graphique/attribution de type hiérarchique (ex : description du type de canalisation puis des tronçons correspondants)	Lien graphique/attribution de type relationnel (ex : une pièce comprend plusieurs logements qui appartient à des propriétaires différents)
Utilisation des attributs - listes d'objets et quantités - bordereaux de prix - métrés et avant-métrés	Utilisation des attributs - requêtes multicritères - visualisation cartographique - analyse spatiale
Peu de mise à jour hormis le passage du projet à la réalité	Mise à jour continue des attributs de données
Outil d'aide à la conception	Outil d'aide à la décision
La modélisation des données n'est pas indispensable	La modélisation des données à un niveau géométrique (topologie) et à un niveau sémantique (classes et attributs des objets) est recommandée pour l'exploitation ultérieure
Productivité à court terme Retour sur investissement rapide Coût peu élevé (en comparaison)	Productivité à long terme Retour sur investissement plus long Coût très élevé

SIG sur Station

Produit	Concepteur
Apic	Apic Systèmes
Arc/Info	Esri (US)
Argis 4GE	GeoVision, Unisys (US)
Ascodès 3	J S Info
Cadds 4X	Prime Computervision (US)
Carine II	Icorem
CIME	STN
Demeter	Data Consultant
Dogs Carto	Pafec (UK)
GDS	Graphic Design System (US)
Genamap/Genacell	Genasys II, Inc (US)
Génograph	Génération Digitale
GeoCity	Clémessy
Geodis	ACDS (CAN)
Geoserver	Sagem
Geo/SQL	Generation 5 Technology (US)
GPG/Geomanager	IBM (US)
GraphBase	RCI
InfoCad	DMS (US)
MGE	Intergraph (US)
Natural Geographic	Software AG (D)
Prefix	Cofet Informatique
Sicad	Siemens Nixdorf (D)
Smallword	Smallword (UK)
Spans	Tydac Technologies (CAN)
Star	Star Informatique (B)
Strings	Geobased Systems (US)
Synergis	BRGM
Systeme 9	Prime - Computervision (US)
Tigns	Intergraph (US)
TIM	Micrologie d'Applications (CAN)
Unah	3IG
Vision	GeoVision System (US)
XGéo	Spacia

SIG sur PC

Produit	Concepteur
Arc/Info (pc)	Esri (US)
Atlas	CEGI
Atlas*GIS	Strategic Mapping
Atlas Mapmaker	
AutoCad	AutoDesk AG (CH)
Autoroute Plus	Next Base (GB)
CAD*Astre	Cadre
Carthago	Cartogrammic
Cartes et Données	Artique Informatique
Decisionnel Cartes et Bases	ADDE
Digitop	Sirap
GeoConcept	Alsoft
Geograph	Info-TP
Geotop III	Sigef
Hyperbird	BSI (CH)
MicMap	Klik Développement
Mapgrafix	Comgraphix (US)
MapInfo	MapInfo (US)
Microstation	Intergraph (US)
Résocad Urbacad Viacad	Safège

Chapitre 2

Les modèles de représentation de l'espace géographique dans les SIG

1. Les concepts

2. Les modèles de représentation de l'espace dans les SIG

- Le modèle matriciel
 - ◇ Le matriciel simple (raster)
 - ◇ Le matriciel séquentiel (type run-length)
 - ◇ Le matriciel arborescent (type quad-tree)

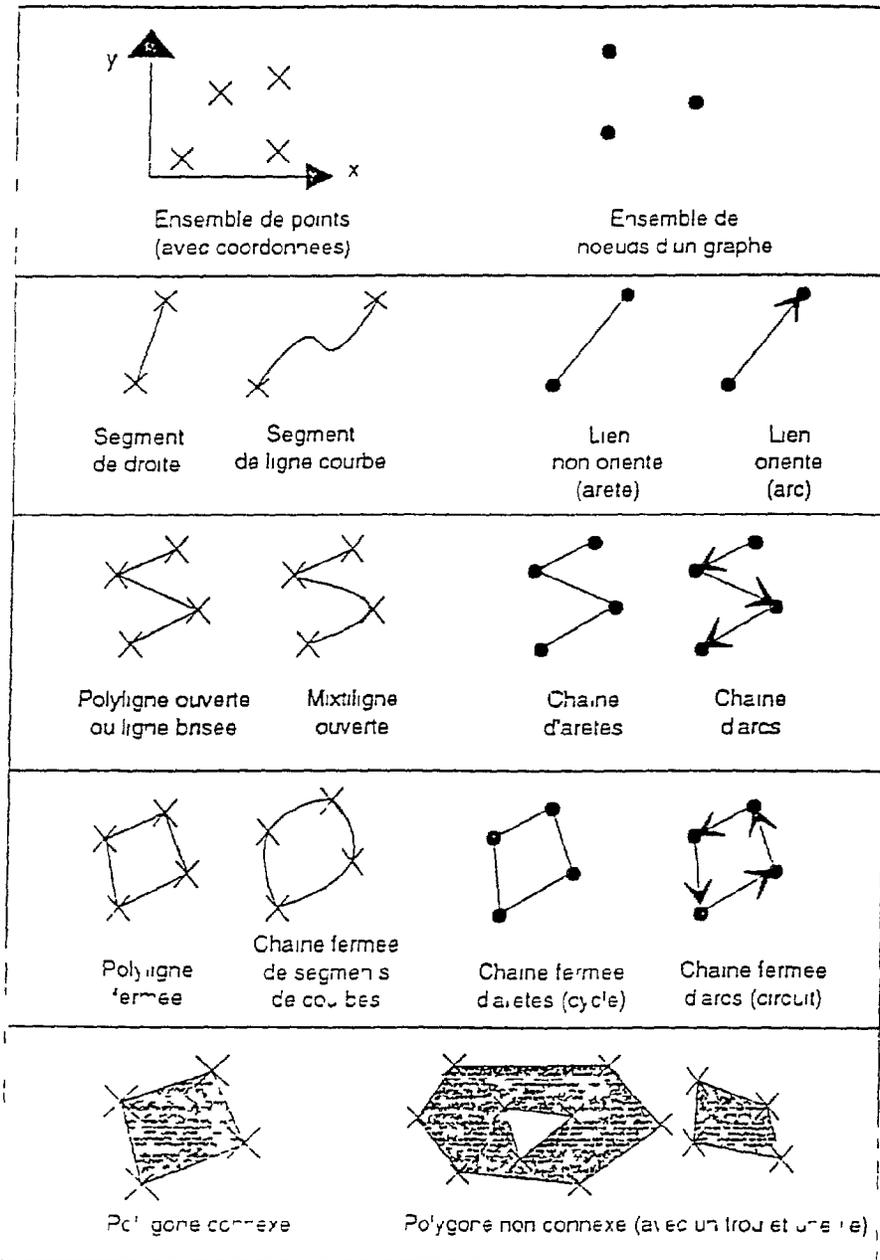
- **Le modèle vectoriel**

- ◇ Le vectoriel simple (type spaghetti)
- ◇ Le vectoriel connecte
- ◇ Le vectoriel topologique
- ◇ Le vectoriel relationnel (polyvert)

- **Le modèle orienté objet**

- ◇ Les classe d'objets
- ◇ La notion d'héritage de proprietes
- ◇ Les principes d'encapsulation

Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
 USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
 Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI



Principaux concepts de représentation des objets spatiaux

COMPARAISON DES DEUX TYPES DE DONNÉES GRAPHIQUES (1)

VECTEUR	RASTER
Deux concepts différents de représentation de l'espace :	
CARTE ⇔ OBJETS ("object-based")	IMAGE ⇔ "CHAMPS" ou PLAGES ("field-based")
Espace "vide"	Espace "plein"
occupé par des <i>éléments géométriques</i> (points, lignes, polygones) représentant des <i>objets terrestres</i> (équipements , gares, écoles , routes , rivières , maisons , parcelles..) selon des <i>caractéristiques graphiques</i> variables (trait, épaisseur, couleur)	matrice formée par une maille régulière définissant des <i>éléments tous identiques</i> appelés <i>pixels</i> , volume beaucoup plus important de données à superficie égale

COMPARAISON DES DEUX TYPES DE DONNÉES GRAPHIQUES (2)

VECTEUR	RASTER
Fonctions d'analyse spatiale différentes	
Éléments liés par une topologie permettant une organisation en famille, niveau, couche	Absence de topologie éléments indépendants créant des zones par association de couleurs homogènes
Paradoxe entre le niveau d'abstraction et le caractère explicite de l'information	
Information plus abstraite, par des représentations symboliques	Information moins abstraite, décrivant l'occupation biophysique de la surface terrestre
Information plus explicite par l'identification des objets	Information plus implicite, avec par exemple des nomenclatures non conventionnelles pour l'occupation du sol

Chapitre 3

Les bases de données dans les SIG

1. Les niveaux de modélisation

- Modélisation des données (modèles conceptuel, logique et physique)
- Modélisation des traitements

2. Les structures d'une base de données SIG

3. Les liaisons entre données dans les SIG

4. La notion de topologie dans les SIG

- **Présentation du concept**
- **Utilité de la topologie dans les bases de données géographiques**
- **Les relations en topologie**

5. Spécificités et utilisation des bases de données SIG

6 . Les bases de données géomatiques distribuées

Phases de modélisation d'un SIG

MODELISATION DES DONNEES		MODELISATION DES TRAITEMENTS
Identification des objectifs		Inventaire des besoins
Identification des entités	Modele	Identification des fonctions globales
Inventaire des attributs	Conceptuel	Specification des applications
Specification des liens		
Production du schema conceptuel		
Production du diagramme structuel	Modele	Production d'algorithmes généraux
Choix de structure de base de données	Logique	Identification des opérations
Choix des systèmes informatiques	Modele	Choix des systèmes informatiques
Elaboration des tables	Physique	Développement des applications

Typologie des traitements dans un SIG

TRAITEMENTS	USAGES	EXEMPLES
Localisation	Inventaire localise	Qu'y a t-il a cet endroit ?
Distribution	Analyse thématique	Où trouve-t-on tel genre de phénomène?
Evolution	Analyse temporelle	Qu'est ce qui a changé depuis ?
Repartition	Analyse spatiale	Quelle est la forme, ou l'organisation de ?
Modelisation	Simulation des processus	Que se produirait-il si ?
Optimisation	Aide à la décision	Quelle est la meilleure façon de ?

LES DIFFÉRENTS TYPES DE DONNÉES D'UN SIG

BASE DE DONNÉES ALPHA-NUMÉRIQUES

ATTRIBUTS

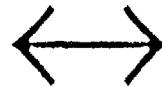
Noms ou textes

Codes

Quantités ou capacités

Fonctions

LIEN = TOPOLOGIE



BASE DE DONNÉES GRAPHIQUES OU CARTOGRAPHIQUES

DONNÉES VECTEUR

Points

Lignes ou arcs

(réseaux)

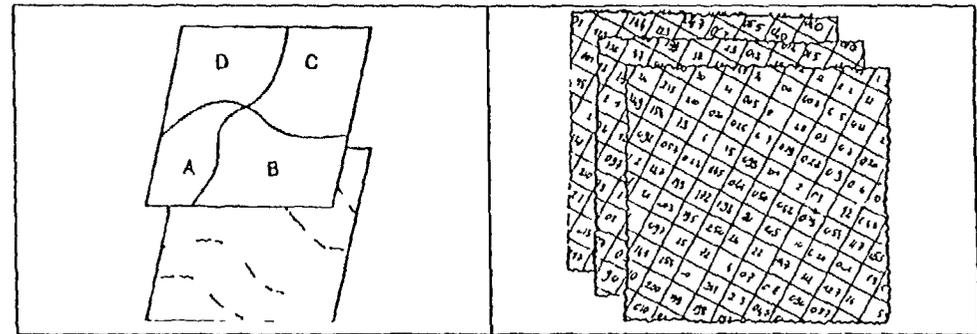
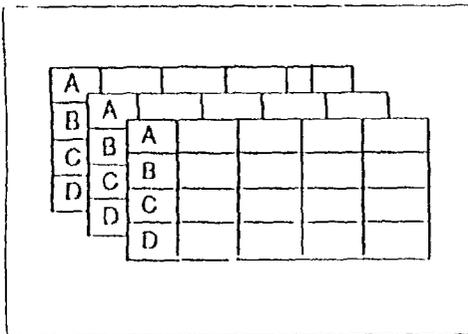
Polygones (zonages)

DONNÉES RASTER :

Carrés réguliers, sur un ou plusieurs plans

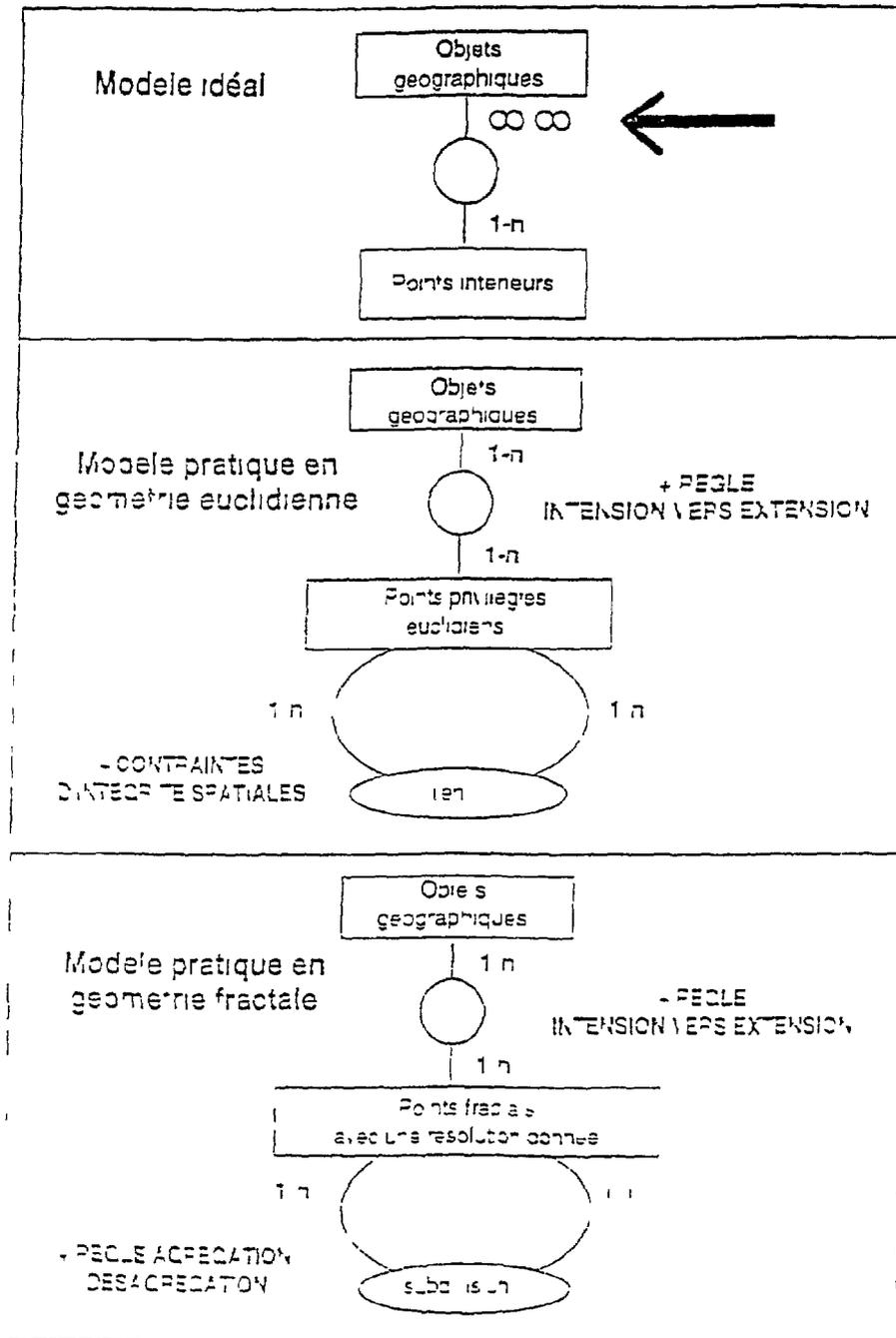
(images

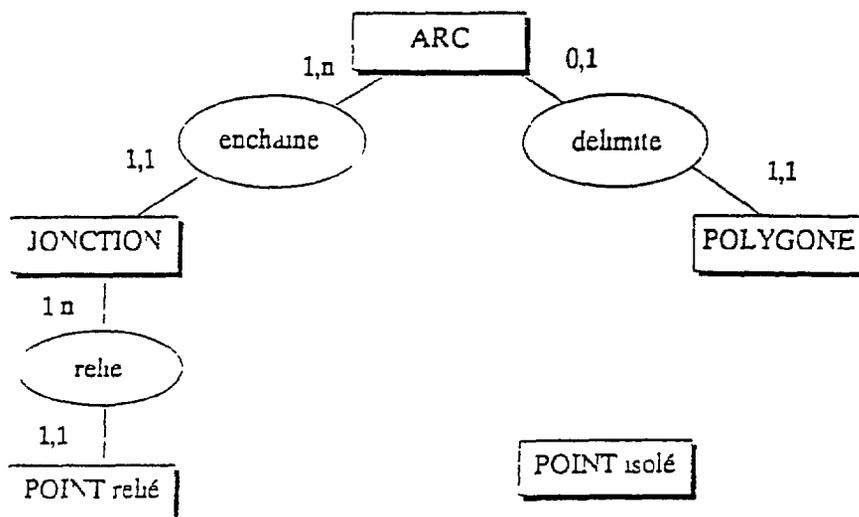
multispectrales)



La gestion d'une topologie est une différence fondamentale entre les logiciels de SIG et ceux de conception ou dessin assisté par ordinateur (CAO/DAO)

Elle permet des analyses spatiales complexes et l'élaboration de cartes spécifiques à partir de la même base de données





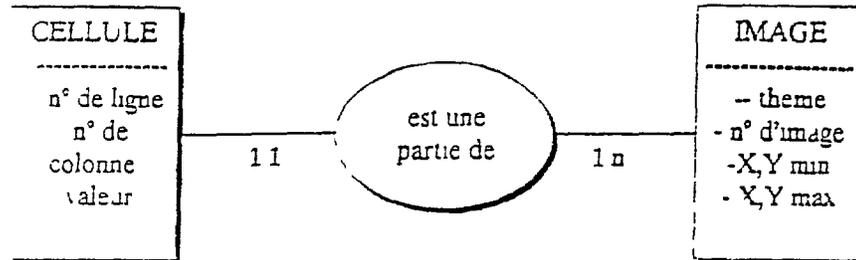
Dans le modèle spaghetti chaque polygone est défini par un arc soigneusement fermé, et donc qui revient à son point de départ

Les arcs enchaînent des jonctions entre généralement deux points. La jonction est support d'informations sur le type de jonction (droite, courbe, cercle), ou sur le mode de représentation (lève de plume, type de trait) associée ou non à une signification pour l'usager (mur mitoyen, limite de commune)

Les points sont le support de base de l'information : coordonnées X, Y, Z et qualité ou mode de constitution

Certains points sont reliés à d'autres par des jonctions. Mais un point relié est répété autant de fois qu'il participe à une jonction. Les points isolés servent de point d'attache à des symboles ponctuels ou à des lignes (des identifiants ou des balises quelconques)

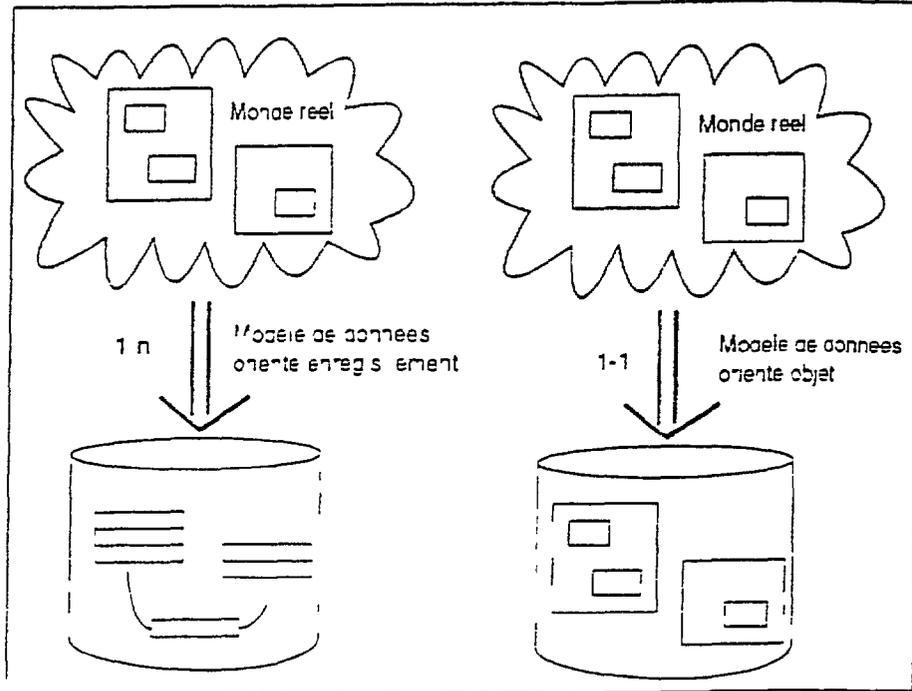
Le ... dans le spaghetti



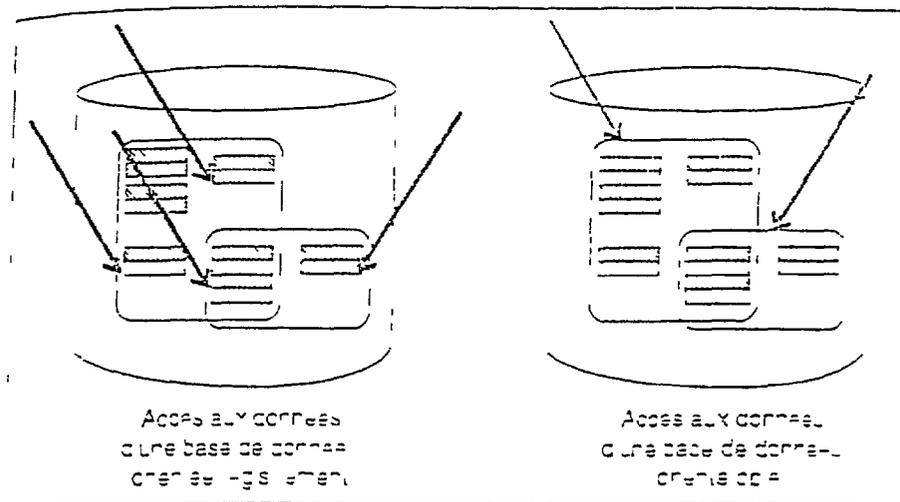
Une cellule n'a qu'une seule valeur. Sa position est définie par son numéro de ligne et par son numéro de colonne dans une et une seule image.

Une image peut porter une ou plusieurs cellules. Chaque image est définie par exemple par son nom et par un numéro. La étendue de territoire que couvre cette image est définie par les coordonnées de ses extrêmes.

Le thème EDIGEO utilise deux modes. Le premier est un mode où que P est la valeur de la cellule Q. Le second est un mode où que P est la valeur de la cellule Q. Le premier mode est utilisé pour les données de type numérique et le second pour les données de type caractère. Les données numériques sont codées par le système de coordonnées UTM et les données caractères sont codées par le système de coordonnées UTM.

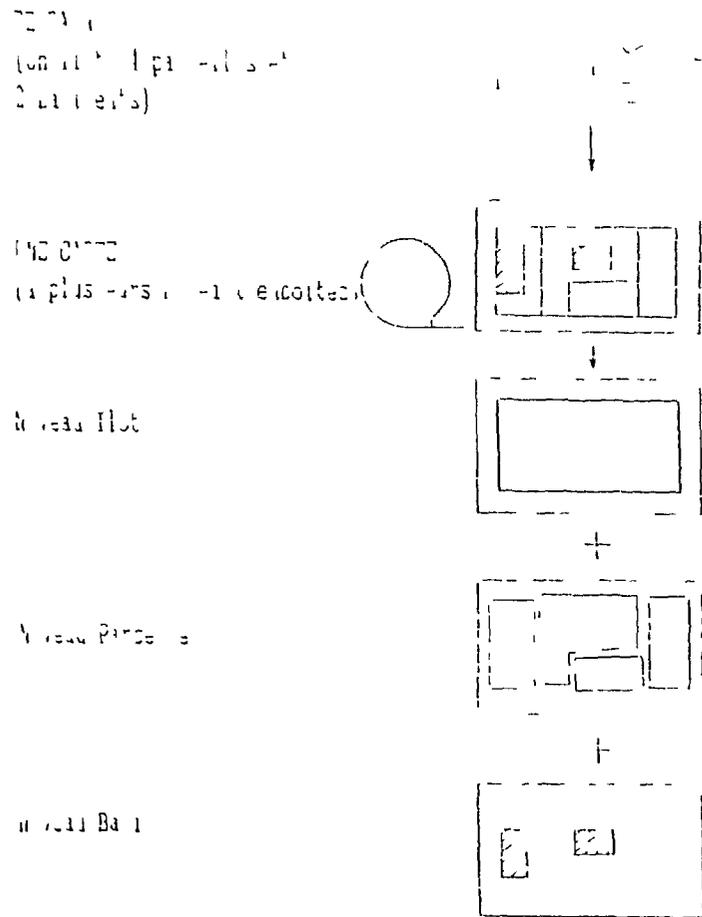


Différence entre les applications orientées enregistrement et orientées objet

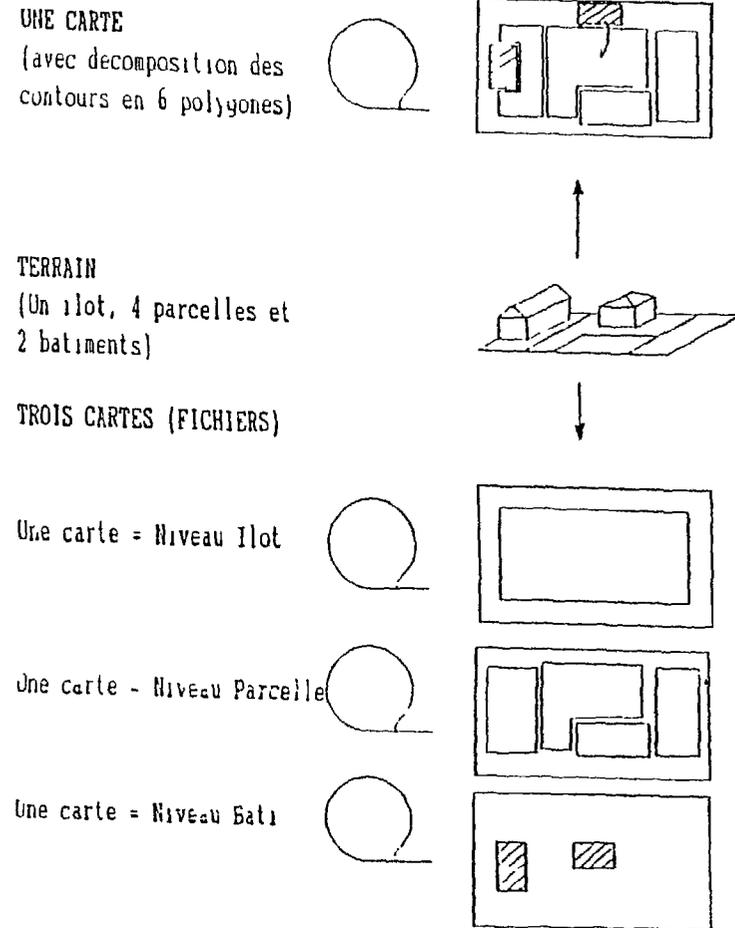


L'accès aux données

Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI

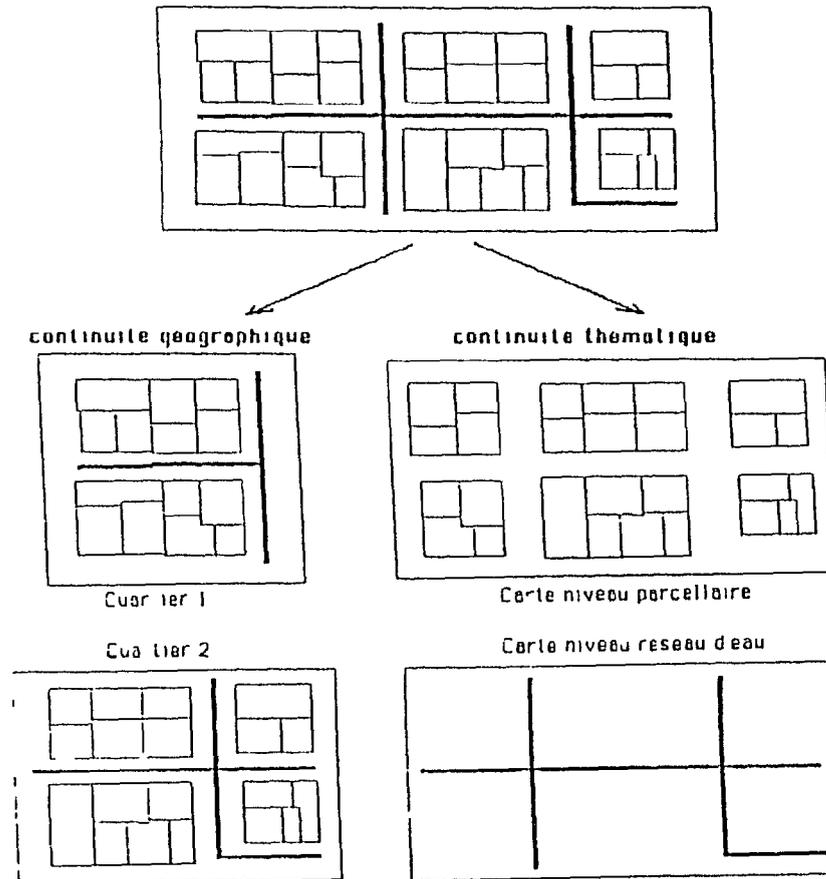


Organisation topologique à trois couches



Organisation topologique à une seule couche

Projet Services urbains et Environnementaux au Maroc
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI



PROBLEMES

Le reseau dessert des parcelles
 des 2 cotés de la rue
 Le contour de du reseau n'est
 pas simple

Comment connecter le reseau aux parcelles
 qu'il dessert ?
 La vue synthétique d'un secteur est plus
 difficile à obtenir

Continuité géographique et continuité thématique

CHAPITRE 4

Les Enjeux liés à l'utilisation des SIG

1. Les enjeux de la « normalisation »

- Définition d'une norme
- A quoi sert une norme ?
- Contenu d'une norme
- Quelques exemples

2. Les SIG et le droit

- Enoncé de la problématique
- Information géographique et droits d'auteurs
- La responsabilité civile et la diffusion de données numériques
- Droits d'usage et droits d'exploitation

CHAPITRE 5

Les SIG au Maroc : etat des lieux

1 .Genèse de la problématique S.I.G au Maroc

- Un développement récent
- Une dynamique certaine
- Les grandes phases
 - ◊ Découverte et sensibilisation
 - ◊ Lancement de projets pilotes
 - ◊ Questionnement, évaluation et recadrage

2.Principaux domaines d'application

- **Le cadastre, la cartographie, et la Télédetection**
- **L'inventaire et la gestion des ressources naturelles et de l'environnement**
- **L'aménagement du territoire, l'Urbanisme et l'Habitat**
- **La gestion urbaine et municipale**
- **La gestion des infrastructures et des réseaux**
- **La formation et la recherche**
- **Les bureaux d'ingénierie**

3. Les modalités de mise en oeuvre

- **Les méthodologies d'approche**
- **La prise en charge institutionnelle des projets**
- **Les filières de financement**
- **la formation et l'expertise**
- **Les configurations informatiques**
- **Les données utilisées**
- **Les résultats**

CHAPITRE 6

Méthodologie de conduite d'un projet SIG

1. La notion de projet SIG

- les questions préalables
- Les composantes d'un projet SIG
- SIG et SI . complémentarités et interdépendances
- Utilité d'un SIG

2. Le contenu d'une méthode

- L'étude préalable
 - ◇ Analyse de l'existant
 - ◇ Bilan des besoins
 - ◇ Delimitation du systeme cible
 - ◇ Evaluation d'un ou plusieurs projets
 - ◇ Prise de decision

- Etablissement d'un planing d'exécution

- Mise en place de l'organisation

- **Conception du Système**

- ◊ Choix des concepts materiels et logiciels
- ◊ specification des applicatifs
- ◊ Elaboration du modele conceptuel

- **Developpement du système**

- ◊ Selection et acquisition des systemes
- ◊ Specification detaillee de la base de donnees
- ◊ Formation du personnel

- **Activités opérationnelles**

- ◊ Installation du systeme
- ◊ Realisation d'un projet pilote
- ◊ Developpement des applications
- ◊ Etablissement des protocoles operationnels d'utilisation

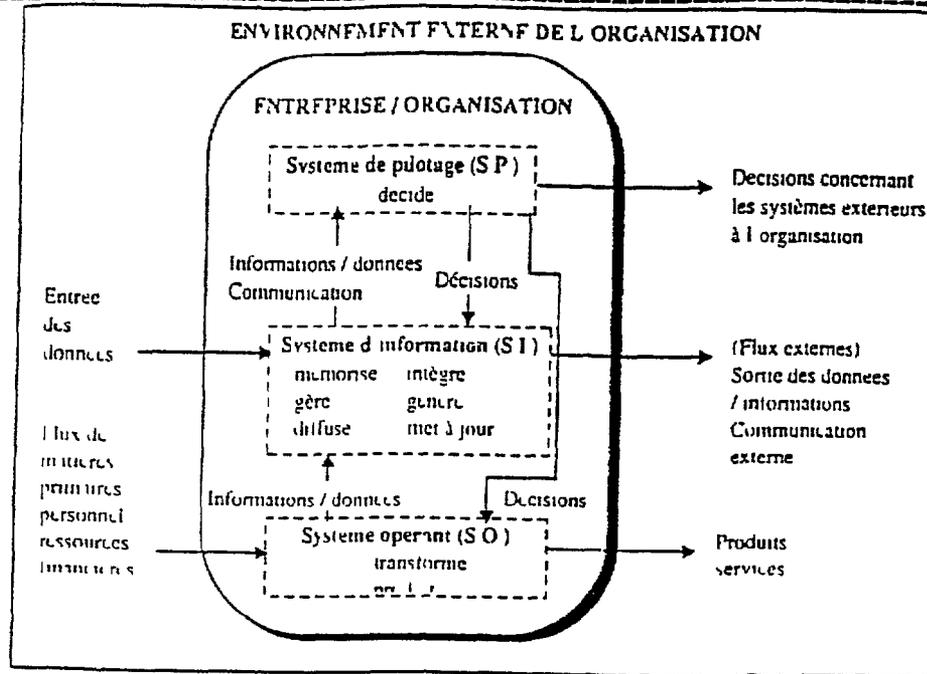
- Phase d'audit

- ◊ Evaluation de l'operationnalite du systeme
- ◊ Extension du systeme

3. Methodologie d'elaboration d'un bilan economique d'un projet SIG

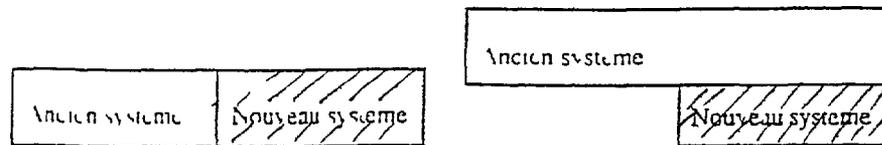
4. Les clés du succès d'un projet SIG

Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Géographiques au sein de l'ANHI



SD = doit décider pour quelque chose ou approuver le resultat d'une activité
 SI = doit informer et être informé pour (de) quelque chose. Les traitements au sein du SI sont relatifs à la génération, l'acquisition et la mémorisation, la communication et la diffusion, la mise à jour et la maintenance, la gestion et l'intégration des informations / données
 SO = doit (faire) réaliser quelque chose (doit être mis à contribution dans la réalisation d'une ou de plusieurs activités) et / ou a la responsabilité d'une activité et / ou doit fournir un avis sur la réalisation de l'activité ou la prise de décisions et / ou doit fournir des pré-décisions (solutions possibles, scénarios différents d'action)
 La production de l'information relève du SI et / ou d'un système mixte S O / I, S D / I ou S I / D / O

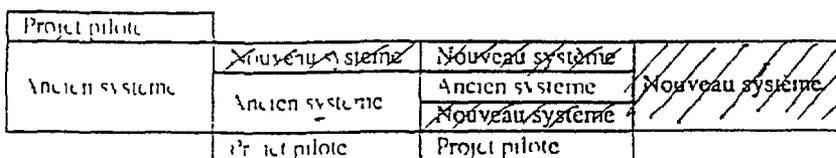
Les trois sous systèmes de l'organisation d'après [NAN 92] modifiée



a Mise en service immédiate et complète b Mise en service parallèle



□ Nouvelle application (parties du nouveau système)
 c1 Les nouvelles applications concernent différents domaines d'activités c2 Remplacement graduel par domaine d'activité
 c Mise en service progressive



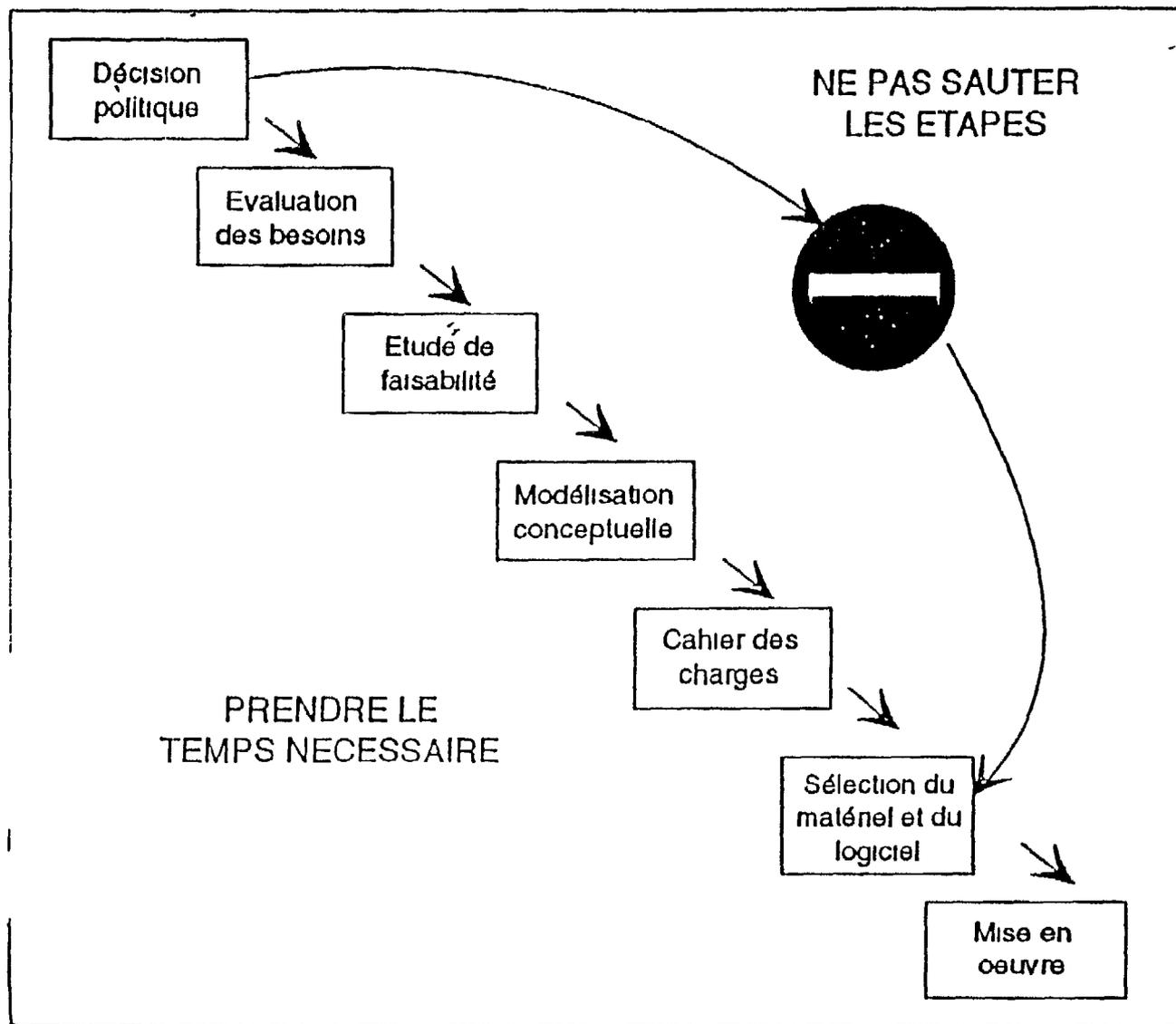
d Mise en service à l'aide de projets pilotes et/ou de la démarche évolutive

Diverses scénarios de mise en service du nouveau système

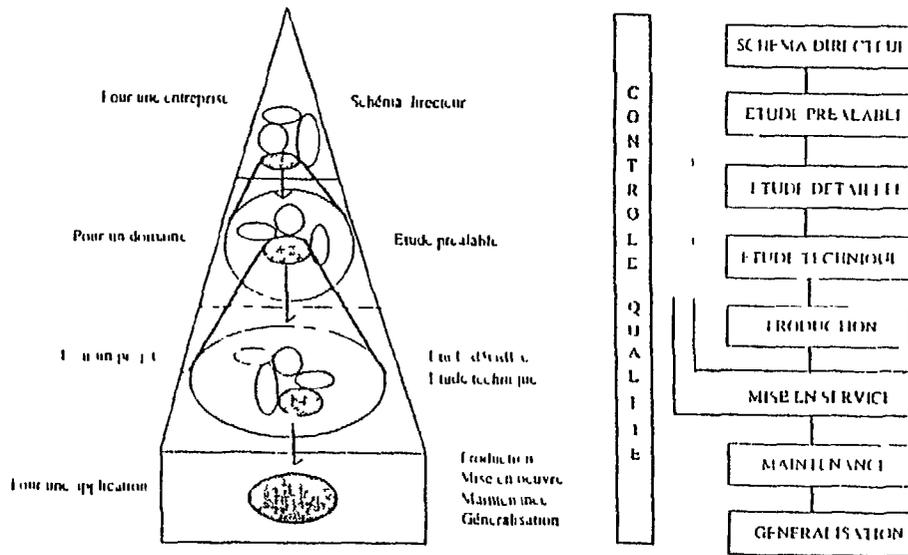
Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc

USAID / TSS 608-0221-C-00-6000

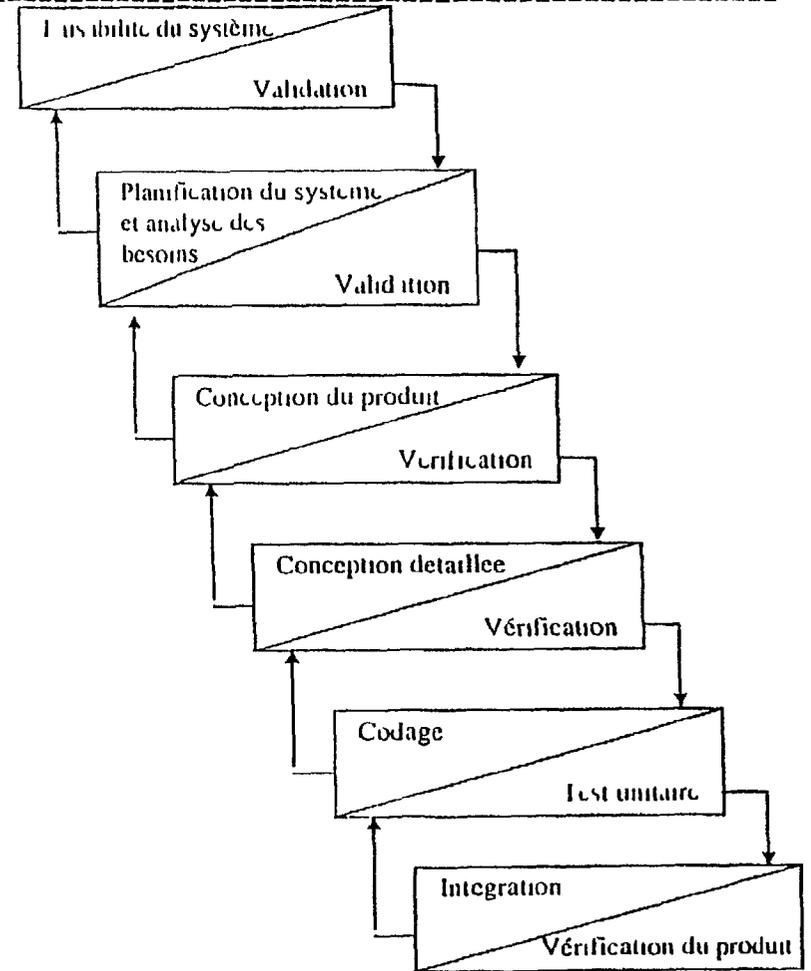
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI



Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI

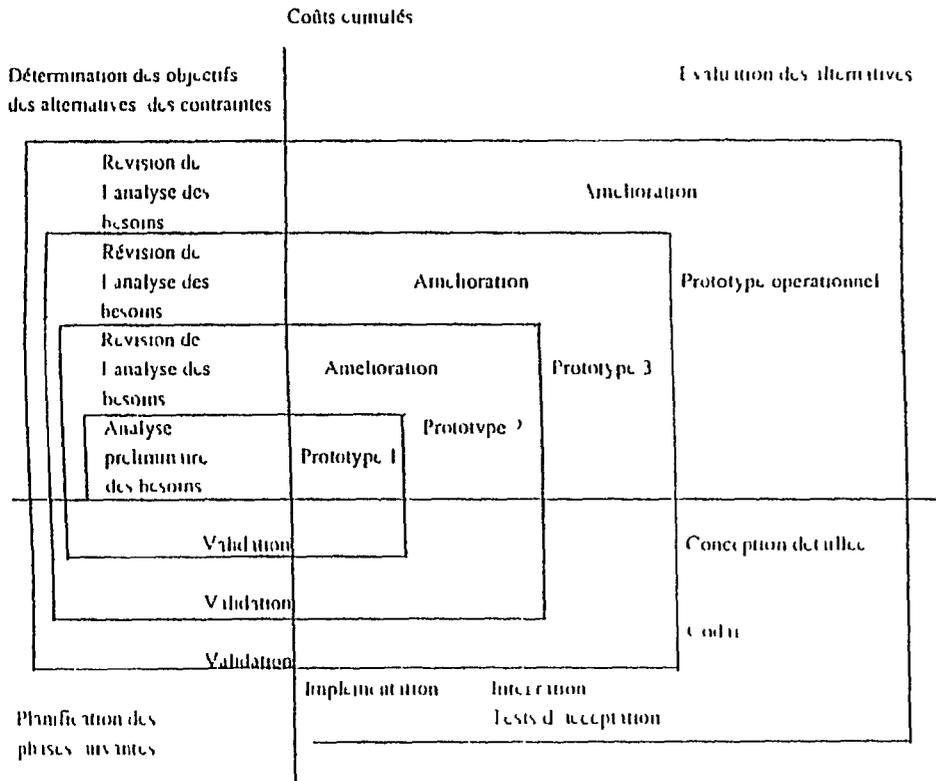


La démarche de la méthode MFRISE d'après [ROC 89]

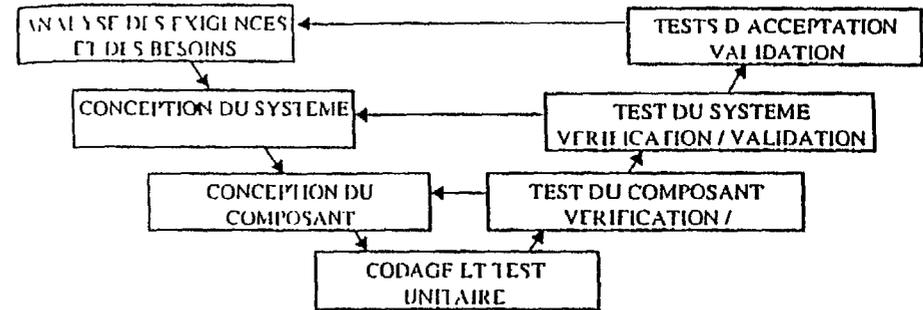


La démarche de la «cascade» d'après [ROC 89] illustration des étapes proposées

Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI

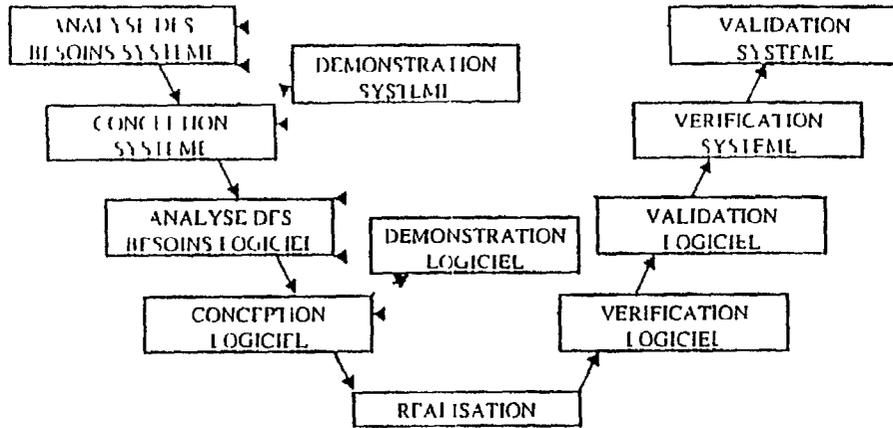


La démarche de la «spirale» d'après [ROC 89] modifiée

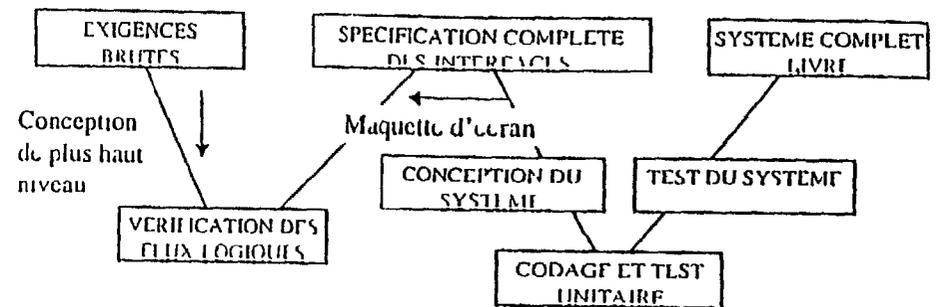


La démarche en «V» d'après [ROC 89] modifiée

Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI

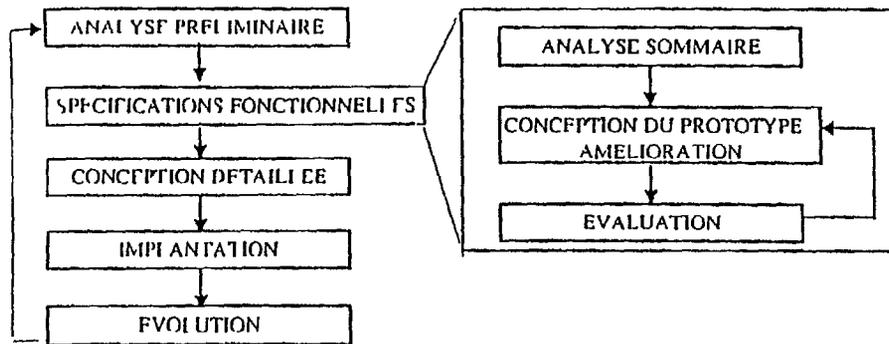


Demarche composite de cycle de developpement d'après [PAL 94]

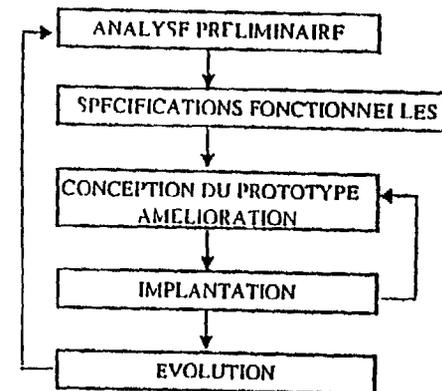


La demarche en «W» d'après [ROC 89]

Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Système d'Informations Géographiques au sein de l'ANHI



La démarche mixte d'après [PAQ 90]



L'approche évolutive d'après [PAQ 90]

Projet Services Urbains et Environnementaux au Maroc
USAID / TSS 608-0221-C-00-6000
Implantation d'un Systeme d'Informations Geographiques au sein de l'ANHI

Annexes

What Is GIS Anyway?

If you want to get a good discussion going, just ask geographers, cartographers and other spatial technology users to briefly define GIS. I recently did just that on two forums—the GIS List (GIS L) and the *comp.infosystems.gis* newsgroup, and a lively discussion ensued. Some people offered classic, text book definitions, and others proposed definitions they made up themselves. The classic argument came up that GIS is simply a tool, but that particular path is best left for another day. Here, without comment, are some definitions I received.

"A Geographic Information System is any system designed for capturing, storing, checking, integrating, analyzing and displaying spatially referenced data about Earth."

"A GIS is a system that allows one to combine geographic datasets or layers and create new, unique geospatial data to which one may apply standard spatial analysis tools."

"An organized collection of computer hardware, software and procedures designed to support the capture, editing, management, manipulation, analysis, modeling and display of spatially referenced data for solving complex planning and management problems. A GIS is characterized by its ability to perform topological structuring of data."

"A GIS is a set of principals, methods and tools used to capture, store, transform, analyze, model, simulate and display spatial and nonspatial data. The information resulting from the process aims at both understanding and explaining the spatial distribution of phenomena and events, and at supporting the planning and decision making processes."

"GIS relates a location to an asset or an event. The system may be manual or computerized."

"A GIS is any system that makes a link between statistical data and the geographic location involved. Therefore, to be fitted into a GIS, the data must include a geographical element. Either a set of coordinates (e.g., spot height, soil sample) or a link to an object that's defined in geographical coordinates (e.g., street, parcel)."

"A relational database with a sense of space."

The online GIS Dictionary from the University of Edinburgh includes the following definition: "A computer system for capturing, storing, checking, integrating, manipulating, analyzing and displaying data related to positions on Earth's surface. Typically a Geographical Information System (or Spatial Information System) is used for handling maps of one kind or another. These

might be represented as several different layers where each layer holds data about a particular kind of feature. Each feature is linked to a position on the graphical image of a map."

A Question That Raises Other Questions

Asking GISers to define GIS raised many other questions. "We'll come to discover that the name of the discipline is self-descriptive, and needs little or no further definition," was one response.

Several respondents offered the terms Geographic Information Management and Geographic Information Science as alternatives to the common Geographic Information System.

Wrote another, "We've been obsessing on the wrong thing. Geographic information really is self-defining. System, too, is pretty easy to define. But if you throw in the term 'management', now you've got something to wrestle with."

Some also wondered if GIS could best be defined by what it can do for us, rather than what it's composed of. It's one thing to describe hardware devices, software and databases, but it's another thing to relay what the components actually do, how they assist in problem solving and what kind of problems they solve. Are these integral to the "definition" of GIS?

"A GIS uses a database management system to store and link data that relates to the same geographic area," according to one definition. "This facilitates the following types of queries: What if? What is it? Where is it? What spatial patterns exist? What has changed since?"

Two participants summed up the discussion. Wrote one user, "As a practitioner of GIS I find that I use many 'definitions' of GIS in my work and social life and it seems never the same one twice—maybe because I can't find one or two that suit."

Said the other, "I think this debate has made it clear, at least to me, that even the technical communities that use GIS have their own definitions, and no single paragraph or concept can capture all aspects of GIS."

For further perspective on the definition of GIS, see Nicholas Chrisman's discussion found on the World Wide Web at <http://webster.washington.edu/~chrisman/G460/Lec02.html>.

Lisa W. Nyman is a computer specialist with the U.S. Census Bureau and keeper of the GIS Frequently Asked Questions (FAQ) List—a resource of the *comp.infosystems.gis* Internet newsgroup. The most recent FAQ List is available on the World Wide Web at <http://www.census.gov/geo/www/faq/index.html>. You may submit "GeoSpatial FAQ" questions to Nyman at the Geography Division, U.S. Census Bureau, Washington, DC 20233-7400. E-mail: lnyman@census.gov.





How Do You Define the GIS Market?

Purvi Rajani is market research director GIS World Inc. 155 E Boardwalk Drive Suite 250 Fort Collins CO 80525 E mail purvi@gisworld.com

Several different companies estimate the value of the GIS software market, and each comes up with a different answer. Why? One reason is that each company uses different methodologies and information sources to calculate their estimates. In addition, some analysts only count companies located in North America, and some look at the worldwide market. However, one of the key differentiators in how the various companies quantify the market involves which companies they include in their definition of the GIS industry.

Confounding Variables

Autodesk Inc., San Rafael, Calif., is one of the major sources of controversy in GIS market statistics. Manufacturer of AutoCAD, one of the top PC-based computer-aided design (CAD) packages in the world, Autodesk is included in GIS market statistics by Dataquest, San Jose, Calif., and International Data Corp. (IDC), Framingham, Mass. However, Daratech, Cambridge, Mass., and Frost & Sullivan, Mountain View, Calif., exclude Autodesk from their calculations.

Strictly speaking, Autodesk had no true GIS products until its purchase of Automated Methods (Pty) Ltd, Johannesburg, South Africa. However, market research has shown that a substantial portion of AutoCAD users apply the software to mapping applications. In addition, the company's DXF file format is used extensively for GIS data input. Does that mean the portion of AutoCAD sales to organizations which use the software primarily for mapping should be allocated to the GIS market?

GIS World Inc., Fort Collins, Colo., always includes AutoCAD in its GIS user studies. The software is used

extensively in many traditional GIS markets, and many GIS World studies show that AutoCAD's DXF and DWG file formats remain popular among GIS users. However, the company's research usually points out that AutoCAD isn't a GIS package and is used for mapping and data input functions in most markets. In addition, GIS World research shows that AutoCAD users typically have at least one other GIS software package. In a recent survey of 890 GIS users around the world, 52% said they used AutoCAD. The survey also found that more than 94% of those AutoCAD users had at least one other GIS software package—usually ARC/INFO from ESRI, Redlands, Calif. In addition, more than 80% of those AutoCAD users reported some other software as their primary GIS software.

Autodesk always has been a major influence in the GIS industry, and its recent acquisitions of Automated Methods and Argus Technologies, the Calgary, Alberta, Canada-based developer of the MapGuide World Wide Web mapping product, will make the company a major market force in the next few years. But, strictly speaking, CAD isn't GIS—even when it's used for mapping.

Complementary GIS Technologies

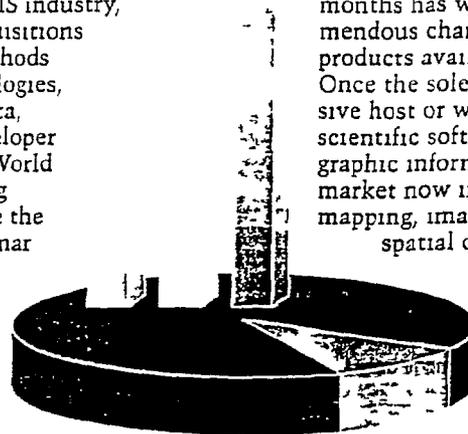
CAD is a complementary technology to GIS. In his recent book *Only The Paranoid Survive*, Intel CEO and co-founder Andy Grove highlights the important role of complementary technologies in affecting the competitive dynamics of an industry. To understand the role of complementary technologies in the GIS market, one need only look at the strong symbiotic relationship between data and

software. Many GIS industry leaders believe that data availability and access are key drivers for GIS market growth. For example, the business geographics market experienced tremendous growth following the release of TIGER street files from the 1990 U.S. Census. Similarly, increased demand for GIS software is expected to follow the launch of several commercial high-resolution remote sensing satellites during the next two years. Perhaps an even more important development is the ability to store spatial data in major relational database management systems. Although all of these technologies complement GIS, they aren't GIS—and no one should expect to see them in GIS software market size estimates.

Anyone who's worked with geographic information technology for even the last 12 months has witnessed a tremendous change in the types of products available to them. Once the sole domain of expensive host or workstation-based scientific software, the geographic information technology market now includes desktop mapping, image processing, spatial data servers, GIS/mapping software development kits and object control exchanges, Internet mapping servers and a variety of other new

products. How do these new products fit into a definition of the GIS market? Where does an analyst draw the line to decide which revenues should be counted and which should be excluded?

Understanding the GIS market will become an even fuzzier task as such technologies converge in the next few years. The key will be to understand what the products do and question all assumptions underlying market research.



Le système de positionnement global par satellites (GPS)

INTRODUCTION

Le besoin de s'orienter et de se positionner a poussé l'homme à créer des moyens et des instruments de levés terrestres (topographie) en allant de la chaîne, à la planchette, aux theodolites, jusqu'aux stations totales. Le levé aérien (photogrammétrie) a connu également un grand essor avec le développement de l'aviation civile. Par ailleurs, l'épanouissement des techniques spatiales et l'avènement des satellites artificiels depuis les années 70, ont permis le développement des télécommunications, de la télédétection spatiale et du positionnement par satellites.

Les principaux systèmes de positionnement par satellite ont été développés par la défense américaine (TRANSIT, GPS) et soviétique (GLONASS). Pour des raisons de disponibilité, d'opérationnalité et de commodité, nous allons présenter uniquement le système GPS.

DESCRIPTION DU SYSTEME GPS

Généralités

Le système de positionnement global GPS (Global Positioning System) est un système de positionnement universel et de navigation basé sur l'observation de signaux radio-électriques émis par les satellites américains de la constellation NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging). Ce système a été mis en place en 1978 par le département de la défense américaine en remplacement du système TRANSIT qui date de 1967. Il permet de déterminer de façon précise la position de l'utilisateur dans un système de référence mondial appelé WGS84, sa vitesse et l'information sur le temps. Il offre également la possibilité d'une utilisation en temps réel, du fait qu'il est disponible en tout lieu du globe terrestre, en tout temps et indépendamment des conditions météorologiques.

Constellation

La constellation GPS comporte 24 satellites répartis sur 6 plans orbitaux à raison de 4 satellites par orbite. Ils sont placés sur une orbite quasi-circulaire, à une altitude d'environ 20 200 km avec une période de 12 h. Deux ondes porteuses de fréquences $L1 = 1575,42$ MHz et $L2 = 1227,60$ MHz sont transmises continuellement par les satellites GPS. Les codes C/A (Coarse Acquisition) et P (Precise or Protected) sont modulés sur les porteuses et fournissent aux récepteurs les éléments nécessaires pour une localisation en temps réel à 50 m environ. Le message du satellite contient également les données relatives aux éphémérides et aux horloges des satellites ainsi qu'au modèle ionosphérique.

Récepteurs

Les récepteurs GPS captent et enregistrent les données transmises par les satellites sur une ou deux fréquences ($L1$ et $L2$) et permettent d'effectuer les mesures de phases, de pseudo-distances, de l'effet Doppler et d'interférométrie.

Un récepteur GPS comprend généralement une antenne, une unité radio-fréquence, une unité de traitement numérique et une unité de gestion et de commandes

Precision

On distingue deux principaux modes de positionnement absolu et relatif. Le positionnement absolu utilise un récepteur unique et peut atteindre des précisions d'environ 20 m à 50 m. Quant au positionnement relatif, il utilise deux ou plusieurs récepteurs dont au moins un est placé sur un point connu et permet d'atteindre des précisions centimétriques.

La précision du positionnement par GPS est influencée par le type de récepteur, la méthode d'observation utilisée, les éphémérides, le mode de calcul, le type de code, la dégradation volontaire de la précision et la protection du code P.

GPS SOURCE D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Applications

Les domaines d'application du système GPS sont divers et variés : levés topographiques, géodésie, géodynamique, cadastre, acquisition des données pour le SIG, télédétection (rectification, vérité terrain), inventaire du réseau routier, exploitation forestière, exploration pétrolière, relevés sismiques, positionnement, relevés hydrographiques, navigation, etc.

Relation entre le système GPS et le système géodésique national

Le système GPS diffère du système géodésique national par son origine. Le premier a son origine au centre de masse de la terre (dit géocentrique) et le second a son origine au point Merchich à côté de Casablanca. La relation entre ces deux systèmes s'exprime alors en fonction de trois (3) translations déjà connues. À cet égard, il faut tenir compte de cette correction chaque fois qu'on passe des coordonnées cartésiennes (X, Y, Z) GPS à celles de la carte et vice versa. Cependant, cette correction n'est pas requise si on travaille exclusivement avec les coordonnées géographiques (latitude et longitude). Pour le Maroc, la première détermination de ces translations a été faite par M. AÏT BELAÏD en 1986 dans le cadre d'une thèse de maîtrise, donnant les valeurs $\Delta X = 33,7$ m, $\Delta Y = 137,4$ m et $\Delta Z = 39,4$ m. La deuxième détermination a été faite en 1987 par la défense américaine dans le cadre du projet africain ADOS et les valeurs obtenues sont $\Delta X = 31$ m, $\Delta Y = 146$ m et $\Delta Z = 47$ m, d'où un écart moyen de 6 m par rapport à la première solution. Toutes les deux déterminations ont été basées sur l'ancien système TRANSIT.

GPS générateur d'information géographique numérique

Le large éventail d'applications du GPS montre que le système n'a épargné aucun domaine d'activité en allant du positionnement terrestre, maritime, aérien et spatial. Le système GPS est révolutionnaire du fait que les observations se font en temps réel et les données sont acquises sous forme numérique.

L'information produite sous forme de localisation, de réseaux ou de plans permet d'alimenter directement les systèmes d'information géographique par une information fiable, sûre, précise et facilement exploitable dans un temps minimum. Nous avons là une sérieuse alternative au procédé qui consistait à numériser les documents déjà existants et qui ont été élaborés par des techniques conventionnelles.

PROJET DE SERVICES URBAINS ET ENVIRONNEMENTAUX
Contrat No 608-C-00-96-00000

ETUDE D'IMPLANTATION D'UN
SYSTEME D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES
A L'ANHI

Séminaire de Formation de Base sur le SIG
21-25 décembre 1998
L'Information Géographique Urbaine

Prepared pour

L'Agence Américaine pour le
Développement International
Rabat Royaume du Maroc

Le Bureau de Programmes Environnementaux et Urbains

Par

Jean Thibault



Technical Support Services, Inc.

1000 Vermont Avenue NW
Washington DC 20005-4903 U S A

3 Rue Bouzniquah
Rabat - Maroc

décembre 1998

INTRODUCTION

Le séminaire qui débute aujourd'hui se propose de traiter des systèmes d'information géographique. C'est, en quelque sorte, un honneur qui m'est fait d'ouvrir ce débat, en ayant pour mission de vous expliquer, de la façon la plus simple possible, en quoi consistent les techniques de la représentation de la terre. Je laisserai alors, à ceux qui ne succéderont, le soin de vous exposer l'usage qui pourra être fait de cette représentation, grâce aux possibilités que nous offre l'informatique.

Il faut en premier lieu, définir l'éthymologie du terme géographie. Ce terme d'origine grecque est formé de deux mots "gué" qui signifie terre et "graphein" écrire. On voit donc que le mot géographie, dans sa globalité, traduit la représentation du globe terrestre. Le dictionnaire en donne la définition suivante : "Science qui a pour objet la description et l'explication de l'aspect actuel, naturel et humain, de la surface de la terre". La géodésie, que nous étudierons plus loin, est la science de la forme et des dimensions du globe terrestre. Depuis la plus haute antiquité l'homme a eu le souci de représenter la terre, sinon dans son intégralité, du moins à son échelon local, puisque le cadastre existait déjà chez les Egyptiens.

Le cadastre était un ensemble des documents sur lesquels étaient enregistrés le découpage d'un territoire en propriétés et en cultures ainsi que le nom des propriétaires des différentes parcelles. Cette institution, si elle a permis aux pharaons de prélever l'impôt, a également ouvert la porte à la technique d'établissement des plans dont le géomètre était l'acteur principal. Son nom lui-même signifie "celui qui mesure la terre", il assurait les mesurages sur le terrain, les calculs qui en découlent et l'établissement des plans. Le cadastre que nous cotoyons aujourd'hui n'est différent de celui-ci que par l'évolution des techniques.

Au cours des siècles, les recherches sur la forme de la terre et sa représentation graphique ont évolué sans l'impulsion des chercheurs, astronomes et voyageurs des grandes découvertes. Les anciens la croyaient réduite à un simple disque, puis s'est faite jour la notion de sphéricité. Enfin, une des premières cartes géographiques fiable est celle de Cassini (18^e siècle).

On peut donc affirmer que l'information géographiques a toujours existé et se réduisait, jusqu'à l'apparition de l'informatique, au plan lui même. La personne pour laquelle ce plan avait été établi l'exploitait à sa façon (cadastre pour le calcul de l'impôt, études routières, hydraulique, voyageurs etc), le système étant en quelque sorte son cerveau et son intelligence.

L'apparition de l'informatique a bouleversé, dans son ensemble, non seulement la vie quotidienne mais elle a également touché toutes les techniques dont, assurément, la géographie. Son influence s'est étendue aux techniques de mesurage sur le terrain, de traitement de l'information recueillie et à l'édition des documents cartographiques. Non seulement l'informatique facilite grandement l'établissement et l'exploitation des documents modernes mais encore elle permet l'exploitation des documents anciens.

55

CHAPITRE I

PRINCIPES DE POSITIONNEMENT A LA SURFACE DE LA TERRE

~~~~~

#### I / LA TERRE

La terre a, grossièrement, l'aspect d'une sphère définie par son axe verticale, appelé axe des pôles (Nord et Sud) et par un grand cercle qui lui est perpendiculaire et s'appelle l'équateur (voir figure 1) Ce dernier divise le globe terrestre en deux demi-sphères ou hémisphère (Nord et Sud)

La terre tourne sur elle même, d'un mouvement régulier, appelé mouvement diurne, autour de l'axe des pôles Cette rotation en elle même définit donc le jour et la nuit La notion de saisons résulte de cette rotation associée à celle de l'ensemble du système solaire

En réalité, l'image de la sphère idéale est vite abandonnée par celui qui désire avoir une représentation fidèle de la terre elle est aplatie aux pôles et sa surface est irrégulière Disons, pour simplifier, qu'elle a la forme d'une "patate" Dès l'instant où nous pensons représenter la terre avec précision il y a lieu d'en connaître la mieux possible les formes pour en faire une exploitation cartésienne Ceci est le domaine de la géodésie

#### II / LA GEODESIE

Rappel de sa définition "Science de la forme et des dimensions du globe terrestre" Nous ne pouvons pas entrer dans le détail de cette science Dans un souci de simplification, on peut distinguer deux composantes de la géodésie la mesure des formes de la terre et son assimilation à une surface mathématique qui puisse être exploitée de façon complète et représentée sur un plan

## **1/ LE GEOÏDE**

Le terme de patate utilisé ci-dessus était une commodité, on doit en réalité parler de "géoïde". Tout le monde sait ce qu'est la pesanteur en un lieu et qu'elle s'exerce suivant la direction du fil à plomb. Il se trouve que cette pesanteur n'est pas la même en tout lieu du globe terrestre. On peut même affirmer qu'elle est différente en tout point de la terre. D'autre part, nous savons que les terres émergées représentent une faible part de la surface terrestre, les océans occupant les 9/10 de la surface totale du globe. La logique serait de considérer que en n'importe quel point du globe la mer est au même niveau, car, si ce n'était pas le cas, toutes les eaux convergeraient vers le point le plus bas. Les variations de la pesanteur font qu'il n'en est rien. Le géoïde a donc pour définition "surface équipotentielle du champ de pesanteur, choisie pour être voisine du niveau moyen des mers. Il s'agit donc d'une surface qui ne répond pas à une définition géométrique et dont la forme générale est connue de façon approchée.

## **2/ L'ELLIPSOÏDE**

Reprenons la définition générale de la terre comme une sphère aplatie aux pôles et réalisons une coupe par un plan vertical passant par l'axe des pôles. nous obtenons une ellipse dont  $p_1 p_2$  constitue le petit axe (figure 2). Faisons-la tourner autour de cet axe. Nous obtenons un ellipsoïde de révolution et résolvons de ce fait le problème de la future représentation graphique du globe terrestre. La terre a une forme irrégulière définie comme géoïde, de morphologie mal connue, mais on peut l'assimiler à une figure géométrique en 3 dimensions offrant toutes les possibilités futures de représentation. Un grand pas a donc été fait.

Reste à savoir quelles dimensions donner à cet ellipsoïde et d'abord quelles sont les dimensions approchées de la terre. Il y a 2000 ans, déjà un philosophe grec du nom d'Eratosthène avait mesuré le rayon du globe terrestre par observation du soleil depuis le fond d'un puits. Sa détermination était déjà bonne. Le cours des siècles a vu s'affiner cette valeur. On peut constater que le diamètre du globe terrestre est égal à 12 756 kilomètres, soit un développement à l'équateur de 40 000 km environ. Du fait de l'appâtissement des pôles, le diamètre polaire est de 12713 km (soit une différence bien faible, mais notable, entre les deux diamètres, de 43 km). Il s'agit là de données sommaires.

Avant l'apparition des méthodes modernes de mesure générale précise des formes de la terre, chaque nation désirant couvrir son territoire par une carte d'ensemble faisant donc appel aux géodésiens qui avaient une double tâche définir pour le pays à cartographier, l'ellipsoïde le plus voisin du géoïde et quadriller la zone d'un ensemble de points, dits points géodésiques qui permettraient de cerner de plus près la géoïde et de servir de points appui aux futurs travaux d'établissement des cartes

C'est ainsi que chaque pays a défini son ellipsoïde Deux d'entre eux sont à retenir

- ellipsoïde de Clarke 1880 Il a servi notamment à cartographier la France et le pays du Maghreb

- ellipsoïde international utilisé pour établir la carte générale du globe terrestre et ayant permis d'établir le système de projection dit UTM (Universal Transvers Mercator)

### **3/ DEFINITION DE L'ALTITUDE**

Une carte géographique classique fournit deux sortes de renseignements une vue planimétrique reflétant les détails (routes, rivières et fleuves, villes, cimetières, lignes de transport électrique etc ) et un complément indiquant les hauteurs de ces détails par rapport à un plan de référence (points côtes ou courbes de niveau) Il faut donc fixer ce plan de référence Nous avons vu que le niveau des mers n'est pas le même en tout point du globe, d'autre part, les mers sont soumises aux marées, enfin l'attraction universelle a aussi son influence On choisit donc pour un pays un point de référence En ce point, on fixe une règle graduée verticale (dans un port par exemple) et on note pendant une longue période et à intervalles fixes les hauteurs de la mer

A l'issue de cette période d'observation il est possible d'établir une valeur moyenne Cette valeur est alors considérée comme niveau de référence pour l'ensemble du pays C'est ainsi qu'au Maroc, le marétre de référence est celui de Casablanca Il permet de servir de base à l'établissement du réseau de nivellement du pays et s'appelle le zéro NGM (nivellement général du Maroc) Si nous prenons le cas du Maroc, on trouvera sur les routes principales et secondaires des points dits repères NGM qui sont tous cotés par rapport au niveau zéro NGM

Exemple côte 1132,25m signifie que le point est situé à 1132,25m au dessus du repère zéro de Casablanca Il est certain ainsi que si l'on réalisait à Oujda une observation semblable à celle menée à Casablanca pour définir le niveau moyen, la transmission du zéro de Casablanca à celui de Oujda présenterait un écart notable (D'où la notion de zéro hydro par un futur port par exemple)

Après avoir abordé bien des problèmes assez abstraits, nous connaissons maintenant un peu mieux la forme de la terre et l'introduction de l'ellipsoïde va nous permettre de la représenter. Pour cela nous allons aborder, à présent, la notion de système de coordonnées

### III / LES SYSTEMES DE COORDONNEES

Définition Larousse du mot coordonnées "chacun des nombres servant à déterminer la position d'un point sur une surface, par rapport à un système de référence" Il existe trois sortes de coordonnées susceptibles de nous intéresser dans le domaine cartographique : rectangulaires (ou cartésiennes) géographiques, et polaires

#### 1 / COORDONNEES RECTANGULAIRES

La notion de coordonnées rectangulaires peut être introduite de façon claire par l'observation d'un jeu d'échec. Les huit cases situées sur la ligne horizontale inférieure de l'échiquier sont numérotées de 1 à 8. De la même façon, on numérote de A à H les cases de la ligne verticale gauche du jeu. De ce fait, toute colonne est numérotée de 1 à 8, chaque ligne de A à H. Toute pièce située sur le carreau de l'échiquier peut être définie par un chiffre (abscisse) et une lettre (ordonnée) (figure 4)

Par analogie nous pouvons créer un système de coordonnées rectangulaire ayant pour abscisse la valeur  $x$  et pour ordonnée la valeur  $y$  (figure 5). On orientera l'axe des X suivant la ligne Est Ouest et l'axe des Y suivant la ligne Nord Sud.

#### 2 / COORDONNEES GEOGRAPHIQUES

Dans ce qui suit, nous abandonnerons la notion d'ellipsoïde qui est une commodité de calcul et, lorsque nous parlerons de la terre, celle-ci sera assimilée à une sphère.

Comme nous l'avons vu plus avant, la terre est définie par l'axe des pôles et l'équateur (v. figure 6). Les cercles parallèles à l'équateur sont dits parallèles. Les grands cercles passant par l'axe des pôles sont les méridiens. L'un de ces cercles est pris pour origine et s'appelle le méridien de Greenwich. En tout point A de la terre passe un parallèle et un méridien. Donc, ce point peut être défini par deux coordonnées dites géographiques : la latitude  $\varphi$  et la longitude  $M$ . Ces notions de coordonnées géographiques sont utiles pour la suite de l'exposé.

Une parenthèse mérite d'être ouverte les coordonnées des étoiles , on peut considérer que les étoiles sont positionnées sur une sphère de très grand rayon dont l'axe est le même que l'axe des pôles terrestres et qui a la terre pour centre On peut définir sur cette sphère, dite céleste, le même système de coordonnées que sur la terre A la latitude correspondra la déclinaison, à la longitude correspondra l'ascension droite

Depuis des siècles l'homme s'intéresse aux étoiles , dans leur infinité numérique certaines d'entre elles ont été répertoriées et leur coordonnées (déclinaison et ascension droite) sont connues avec une grande précision Etant soumises, dans le temps, à des variations leur coordonnées sont calculées pour chaque année et consignées dans des registre dits éphémérides Nous verrons par la suite l'utilité de ces coordonnées pour se positionner à la surface de la terre, les satellites pouvant être assimilés à des étoiles

### 3/ COORDONNEES POLAIRES

Les coordonnées polaires ( $\rho, \theta$ ) permettent de repérer un point par une distance ( $\rho$ ) et un angle ( $\theta$ )

Leur emploi se résume aux opérations de mesurage sur le terrain dans l'élaboration des plans et cartes

Retenons que les coordonnées rectangulaires sont les plus utilisées Elles offrent en effet, l'avantage d'être métriques alors que les coordonnées géographiques sont exprimés angulairement et donc d'un accessibilité moindre

Enfin, nous voyons apparaitre la notion de coordonnées en 2 ou 3 dimensions un point peut être défini par 2 coordonnées (X, Y ou latitude - longitude) ou par 3 coordonnées (X, Y, Z ou latitude, longitude, altitude)

## III/ LES SYSTEMES DE PROJECTION

Les globes terrestres constituent la meilleure représentation de la terre supposée sphérique Quelles que soient leur étendues, les figures correspondantes de l'une et l'autre surface sont semblables et leur rapport de similitude est constant Autrement dit, cette représentation de la terre ne comporte pas de variation d'échelle Il est bien évident que le globe terrestre ne peut apporter d'aide dans des travaux qui se veulent précis, du fait de l'obstacle dû à sa dimension Il y a donc nécessité de représenter la terre, par zone, sur un support plans permettant un usage précis à des échelles déterminées Le problème de cette représentation n'est pas simple Un exemple donnera l'aperçu des problèmes Prenons une orange coupée en deux et vidée Essayons d'appliquer la peau sur un plan , sans déchirure, cela est impossible Nous voyons donc apparaitre la notion de déformation, dans la représentation plane d'une surface en trois dimensions

La géodesie, après avoir étudié la forme de la terre et fait le choix de l'ellipsoïde se propose maintenant de la représenter sur un plan. Cette représentation s'appelle couramment système de projection. Ce terme est trompeur car il laisse sous-jacente l'idée de projection verticale au sens mathématique d'un volume sur un plan. Il est plus correct de parler de représentation. Car il s'agit, en réalité, de l'application de formules mathématiques à la représentation des objets. Certaines conventions sont alors à adopter.

Dès l'instant où l'application physique du volume sur le plan se traduit par des dégâts, cela veut dire que, si nous prenons 3 points A, B, C formant triangle sur le volume, ils seront représentés sur le plan par 3 points A', B', C' formant un nouveau triangle, à coup sûr déformé. Nous avons alors le choix entre deux solutions : ou bien nous conservons les distances entre les points (AB, A'B') ou bien nous conservons les angles de façon à retrouver par exemple  $\widehat{ABC} = \widehat{A'B'C'}$ .

De ce choix découlent deux systèmes de projection : la projection dite "équivalente" qui conserve les longueurs et, par là même, les surfaces et la projection conforme qui conserve les angles.

La projection équivalente a peu d'intérêt car elle a peu d'applications, sinon du type cadastral, et n'est jamais utilisée.

La projection conforme offre de multiples intérêts : elle permet de conserver les orientations (navigateurs, expédition, etc.) et les angles mesurés avec un appareil sur le terrain seront conservés sur le plan. Il suffira alors d'appliquer suivant des formules bien connues des corrections sur les longueurs mesurées sur le terrain pour le faire rentrer dans les calculs.

Nous allons, dans ce qui suit étudier deux projections conformes : celle de Lambert et la projection UTM.

### **1/ LA PROJECTION LAMBERT (1772) (figure 7 et 8)**

Appellée encore projection conique de Lambert, elle a été utilisée pour couvrir la France (Nord, Centre, Sud, Corse) l'Algérie (Nord et Sud) la Tunisie (Nord et Sud) et le Maroc (Nord Maroc et Sud Maroc).

Le principe est le suivant :

- suivant la zone à cartographier, on choisit une latitude  $L_0$  moyenne

- on choisit alors un cône tangent à l'ellipsoïde suivant le cercle parallèle  $L_0$  et dont le sommet est situé sur l'axe des pôles

- on représente la figure sur le cône qui est ensuite ouvert suivant le méridien  $M_0$  origine et appliqué sur le plan

- ou part des hypothèses suivantes les méridiens sont représentés par des droites toutes convergentes en un même point  $S$ , les parallèles sont représentés sur le plan par des arcs de cercle ayant pour centre commun le point  $S$

On voit que les caractéristiques de la projection sont les mêmes le long d'une même parallèle. Par contre, les déformations croissent suivant la latitude. Ceci explique la présence de plusieurs zones sur un même pays. Ainsi au Maroc la zone Nord a pour axe le parallèle  $Lo = 37^{\circ}G$  et pour origine  $M_0$  la valeur  $6^{\circ}G$  Ouest Greenwich. Elle s'étend entre les latitudes  $34,5^{\circ}G$  et  $39,5^{\circ}G$ . Pour le Sud  $M_0$  reste le même, et  $Lo = 33,00^{\circ}G$  avec parallèle limite  $30,5^{\circ}G$  et  $35,5^{\circ}G$ . On voit la présence d'un recouvrement de 1 sur les deux zones.

La projection de Lambert n'a pas l'avantage de la projection UTM que nous allons étudier. Elle est particulièrement valable par les pays allongés Est-Ouest mais nécessite de nombreux cônes différents, pour la couverture des régions cartographiées.

## 2/ LA PROJECTION UTM

Un peu d'histoire - Au 16<sup>ème</sup> siècle, Mercator, mathématicien allemand avait mis au point une projection de la sphère sur un cylindre vertical. Il s'agit en quelque sorte de la projection Lambert avec un parallèle de contact correspondant à l'équateur. De ce fait, sur le plan les parallèles et les méridiens sont des droites. Avantage représentation conservée le long d'une même parallèle, augmentation des déformations en s'éloignant de l'équateur. Cette projection a été utilisée sur la carte du monde 1/10 000 000 à l'équateur et planisphère terrestre au 1/28 000 000 à l'équateur également (figure 9).

La projection UTM (universal Transverse Mercator) (figure 10) est une variante de la précédente, le terme "Transverse" lui donnant sa signification. Le cylindre vertical est devenu horizontal avec possibilité de le faire pivoter autant qu'on le veut pour représenter quelque zone que ce soit. Sur le plan les méridiens sont représentés par des droites ainsi que les parallèles. L'avantage de cette projection est de pouvoir

- être appliquée à tout le globe terrestre (60 fuseaux de  $6^{\circ}$ )
- représenter les zones polaires
- tenir compte de l'aplatissement des pôles

Cette projection est notamment utilisée par l'OTAN

*GA*

## CHAPITRE II

### MODE D'ACQUISITION DES DONNEES GEOGRAPHIQUES

~~~~~

Après avoir passé en revue les données de base assez théoriques relatives au globe terrestre, à son assimilation à une surface géométrique, à la notion de coordonnées et au mode de représentation plane, nous allons aborder, à présent, la problématique de l'acquisition des données géographiques. Avant d'entrer dans le vif du sujet quelques précisions de terminologie sont à faire.

La cartographie a pour définition la 'représentation conventionnelle, généralement plane, de la répartition dans l'espace des phénomènes concrets ou abstraits.

La topographie est la technique de représentation sur un plan des formes du terrain avec les détails naturels ou artificiels qu'il porte (topos = lieu).

La topométrie est l'ensemble des opérations effectuées sur le terrain pour la détermination métrique des éléments d'une carte.

Quant au personnel dont les prestations concourent à l'établissement des documents topographiques ou géographiques il est composé des cartographes, topographes, géomètres, chef de brigade, opérateur, dessinateur etc.

Qu'il s'agisse de Topographie, ou de cartographie, les modes d'acquisition des données sont pratiquement les mêmes. Aussi pourra-t-on citer aussi bien une technique que l'autre pour parler de la même chose. L'acquisition des données pour établir un plan. Distinction sera ensuite faite entre les cartes géographiques et les plans à grande échelle.

Dans certaines revues, généralement consacrées aux jeunes, la rubrique des jeux propose un nuage de points numérotés en continu. La jonction de ces points en suivant la numérotation croissante fera apparaître une figure célèbre, un animal, un objet etc.

Le plan topographique est conçu de la même façon, dans son rendu final. Ne s'agissant pas d'une activité ludique, la rigueur de précision doit être respectée, aussi chaque point formant le futur plan doit être déterminé avec précision, on retrouve ici, la notion de coordonnées déjà étudiée. Si nous pouvons déterminer dans un système unique de coordonnées la position de chaque point, le plan peut être établi.

Nous allons donc étudier le mode d'acquisition des données géographiques. Cette acquisition se décomposera en deux parties : la création des données ou la reprise des données à partir des documents existants.

I / CREATION DES DONNEES CARTOGRAPHIQUES

On peut distinguer, grosso modo, deux modes d'établissement de plans : la méthode classique du relevé complet sur le terrain et la photogrammétrie, cette dernière faisant appel aux photographies aériennes, on peut toutefois affirmer, qu'à l'heure actuelle, l'exploitation de tout document aérien ou satellitaire nécessite certaines opérations classiques de terrain.

1 / LE LEVER DE TERRAIN

Prenons le cas d'un plan topographique à grande échelle. Comment se fait le relevé, qui y participe, quelles sont les opérations subséquentes au levé ?

Personnel : 1 chef de brigade + 1 opérateur + 1 aide

Matériel : un appareil de mesure de distances et d'angles + 1 niveau

Comment se déroule l'opération du relevé ?

Après reconnaissance du terrain à lever et sa délimitation, le chef de brigade matérialise (piquet) un certain nombre de points, appelés stations à partir desquels se fera le relevé. Ces points sont choisis de façon à voir depuis chacun d'eux le point précédent, le point suivant et la surface à lever la plus étendue possible.

Depuis chacune de ces stations est visée en angle et en distance la station précédente de la suivante. On dispose donc d'une ligne, fermée ou non, appelée polygonale et qui est donc rigide. En chaque station est installé l'appareil de mesure d'angles et de distances. Le chef de brigade établit un croquis sur lequel il schématise les principaux détails à faire figurer sur le futur plan et choisit alors pour chaque détail un ensemble de points numérotés en continu. Sur chacun de ces points un réflecteur est posé, l'opérateur vise le réflecteur, mesure les angles et distances (coordonnées polaires) et enregistre ces données (manuellement ou automatiquement avec le même numéro que celui qui figure sur le croquis du chef de brigade. Précisons ici qu'aux mesures ci-dessus s'ajoute une mesure d'angle vertical qui permet de calculer l'altitude de chaque point saisi par rapport à la station d'où il est visé.

Lorsque tout le terrain a été balayé l'opération de relevé est achevée. Reste ce que l'on appelle les rattachements

Le rattachement en planimétrie se fait à partir des points connus dans le système Lambert Maroc (Nord ou Sud). Ce sont soit des points géodésiques, soit d'autres points existants, établis la plupart du temps par les services cadastraux. En l'absence de points connus, il faut en créer, soit par moyens classiques (relèvement, intersection, polygonation) soit par GPS. Nous reviendrons

Le rattachement en nivellement se fait à partir des repères NGM soit avec l'appareil de mesure d'angles et distances soit avec le niveau lui-même

Quelles sont les opérations subséquentes

Au bureau, on commence par le calcul des coordonnées XYZ des stations puis à la saisie des données mesurées sur les points de détail (automatique ou manuelle) on obtient alors, par logiciel, un nuage de point sur écran. Application du croquis - tracé des courbes de niveau, édition - retouches éventuelles - au dessin

2 / LA PHOTOGRAMMETRIE

DEFINITIONS

"Application de la stéréophotographie aux levés topographiques aux relevés des formes et des dimensions des objets, des reliefs etc et la définition de la stéréoscopie est la suivante " procédé donnant l'impression du relief par examen de 2 images d'un sujet prises avec un écartement comparable à celui des yeux, vision de ce relief avec une stéréoscopie". Enfin, le couple stéréoscopique, est "l'ensemble de 2 photographies ou images d'un même sujet, prises de points de vue différents de façon à permettre la restitution du relief"

PRINCIPE (voir figure 11)

Un avion muni d'une caméra suit une trajectoire rectiligne à vitesse constante et en assurant au mieux les conditions de linéarité du vol. La caméra se déclenche avec une cadence très régulière, étudiée en fonction de la vitesse de déplacement de l'avion et de son altitude. De ce fait, deux photos successives se chevauchent partiellement, et le terrain est donc photographié deux fois. Dans la vie quotidienne, la perception du relief nous est donnée par nos deux yeux, l'estimation de la distance qui nous sépare d'un objet, et par là même, celle qui sépare plusieurs objets proches les uns des autres nous vient des intersections des rayons issus de nos yeux sur ces points. Les caméras au temps T1 et T2 jouent ici le rôle des yeux. Si nous associons deux photos successives et que nous les observons avec la stéréoscopie nous allons avoir la perception du relief

65

Les données étant acquises, l'opération qui consiste à réaliser le plan lui même s'appelle la restitution Comment est-elle réalisée ? Au moyen d'un "restituteur"

Le restituteur est un appareil qui permet de remettre 2 photos aériennes successives dans la position exacte qui était la leur au moment de la prise de vue , il est également muni d'un stéréoscope permettant de voir le couple stéréoscopique

Enfin, sous le stéréoscope et accessible par le technicien assurant la restitution, se situe un instrument de petite dimension pouvant être déplacé dans un plan horizontal Cet outil est couplé, d'une part au stéréoscope où il commande un "ballonet" et de l'autre à l'outil de dessin.

La restitution se fait ainsi

- planimétrie = le restituteur fait décrire par le ballonet le contour des objets planimétriques (maisons, routes)

- altimétrie = on fait suivre au ballonet un niveau fixé à l'avance Le technicien le déplace donc en respectant à la fois la côte retenue et le relief La courbe de niveau apparaît alors sur le plan

3/ L'IMAGERIE SATELLITAIRE- LE GPS ET LES DIVERS AUTRES

Le GPS (Global Position System) est un système de positionnement appuyé sur un réseau de satellites militaires américains Au début de cet exposé nous avons fait une allusion rapide à la sphère céleste et aux coordonnées des étoiles

L'observation des étoiles permet de se positionner a la surface de la terre (latitude et longitude) (navigation, exploration, expédition polaire etc) avec une assez bonne précision mais aux prix de longues soirées d'observation L'imprécision de la détermination est essentiellement due à la méconnaissance exacte de l'heure d'observation (le 1/1000 de seconde est difficile à atteindre) Pour simplifier, on peut assimiler le GPS à un système céleste, où les étoiles sont remplacées par des satellites, dont la position est connue avec une précision bien supérieure à celle des astres Le GPS est assurément un instrument d'avenir mais son emploi en topographie n'est pas toujours optimum obstacles et nécessités de passages fréquents de satellites

II / LA REPRISE DES DONNEES A PARTIR DES DOCUMENTS EXISTANTS OU ANCIENS

IMPORTATION DE FICHIERS

Rares sont, actuellement, les cabinets de topographie qui ne sont pas informatisés et ne disposent pas d'un logiciel de base. Il est donc toujours possible de traiter par informatique les différents plans. Parallèlement au support purement graphique, est remis au client un fichier informatique qui lui permet de récupérer le plan en question sur son ordinateur. Il est généralement présenté sous format DXF.

LA DIGITALISATION

Procédé utilisé pour numériser un document existant. Le digitaliseur est un support plan de dimensions variables muni d'un câble d'entrée relié à un pointeur et un câble de sortie faisant jonction avec l'ordinateur. Fixons un plan sur le digitaliseur et déplaçons successivement le pointeur sur un ensemble de points visibles du plan. A chaque pointé nous enregistrons. Les données sont transmises en temps réel à l'ordinateur et celui-ci a donc enregistré deux (ou 3) coordonnées pour chaque point.

La mise à l'échelle se fait par pointé des croix du quadrillage en nombre surabondant pour une élimination éventuelle de jeu du support.

Voilà la description sommaire de procéder. Dans la réalité, l'instrument et l'ordinateur offrent de multiples possibilités notamment des codes (bordures, trottoirs, regards, voirie, jonction des points entre eux).

LA SCANNERISATION

CHAPITRE III

CARACTERISTIQUES DES DONNEES GEOGRAPHIQUES

~~~~~

#### POSITIONNEMENT DES OBJETS GEOGRAPHIQUES

Dans le cadre purement cartographique ou géographique, le positionnement des objets se fait par coordonnées , celles-ci sont généralement rectangulaires ou polaires

#### CONCEPTS DE REPRESENTATION

Le plan topographique sert, généralement de support à divers projets , il est donc susceptible de s'adresser à diverses utilisateurs dont les exigences ne sont pas les mêmes

#### Quelques exemples

- pour une Régie Marocaine de Distribution d'Eau et d'Electricité, le fond de plan de corps de rue est indispensable mais priorité est donnée aux réseaux aériens ou souterrains

- en étude urbanistique, la critère sera les largeurs d'emprise des rues et la hauteur des immeubles qui la bordent etc

#### QUALITE DES DONNEES GEOGRAPHIQUES

La qualité des données géographiques repose sur deux critères le sérieux avec lequel le plan a été dressé et son ancienneté

De façon générale, le sérieux constitue le problème majeur Le facteur temps n'a pas eu la plupart du temps un effet positif sur la qualité des travaux topographiques Nos anciens étaient sous-équipés, par rapport à nous et cependant obtenaient de bien meilleurs résultats Le souci de la rapidité, propre à notre époque, est certes, un facteur négatif

Il faut, semble-t-il, opérer une sélection dans les données géographiques susceptibles d'être intégrées dans un S I G , étant étendu que nous ne traitons ici que les données géographiques à caractère urbain

Il y a lieu pour cela de séparer tout ce qui concerne le cadastre (et donc le foncier) du reste des données

Les travaux cadastraux obéissent à des règles très strictes élaborées au cours des années et sans cesse améliorées. Tout travail réalisé pour son compte, aussi bien par des agents de l'Etat que par le secteur privé, fait l'objet d'un contrôle systématique incluant la reprise, sans discussion, des erreurs ou imprécisions constatées. On peut donc assurer que la qualité des données d'origine cadastrale est excellente et ceci est d'une très grande importance, tant pour la sécurité des limites foncières que pour celle des repères physiques pouvant servir à des travaux ultérieurs.

Les autres données géographiques urbaines peuvent avoir des origines très diverses

\* plans topographiques à échelle 1/1000, 1/2000, 1/5000 réalisés par photogrammétrie pour le compte des ministères de l'Habitat et de l'Intérieur, ces plans sont réalisés en XYZ et leur acceptation est soumise au contrôle de l'Administration de la Conservation Foncière, du Cadastre et de la Cartographie. Il s'agit donc de documents précis et fiables.

\* plans réalisés pour le compte de divers organismes ou pour le secteur privé. Là nous rentrons bien souvent dans la jungle tant dans la qualité du travail lui-même que dans son rattachement aux systèmes généraux de triangulation et de nivellement. Dans leur quasi-totalité ces plans n'ont pas été soumis à un organisme vérificateur, seul le commanditaire a pu opérer lui-même un contrôle, mais destiné à son usage personnel.

La qualité est aussi liée à l'ancienneté de l'information. Il en est ainsi des plans de ville, réalisés à partir des années 40 mais qui n'ont pas été mis à jour, la précision est bonne mais l'information ne l'est plus.

Disons en résumé que les seules données géographiques sûres sont fournies par les documents émanant du Cadastre (pas de nivellement) ou contrôlés par lui.

### ECHELLE ET PRECISION DES DONNEES

Nous n'avons pas encore évoqué le terme d'échelle. Disons à titre de simplification que l'échelle résulte de la division d'une longueur mesurée sur un plan par celle mesurée sur le terrain entre deux points.

Exemple. Une échelle 1/1000 signifie que le plan est, linéairement, et en tout point, mille fois plus petit que le terrain qu'il représente. On parle aussi de grande et de petites échelles.

Pour une information urbaine, on peut limiter les échelles de 1/100 à 1/5000 au sein desquelles on peut parler de grande échelle entre le 1/100 et le 1/1000

La précision est elle même liée à la qualité, que nous venons de traiter. On peut, graphiquement, considérer que la précision planimétrique d'un document est bonne si le dixième de millimètre lu sur le plan peut être garanti.

Vue sous l'angle numérique la précision est quelque peu différente et aurait tendance dans certaines conditions à être la même quelque soit l'échelle. En effet, pour tout travail terrestre, les appareils de mesure sont si précis que l'on peut considérer qu'un point est positionné avec la même précision, qu'il s'agisse d'une échelle grande ou petite. Cette dernière remarque n'est pas valable en photogrammétrie.

En altitude si le rattachement au NGM est correct, on peut considérer les précisions suivantes sur la cote d'un point

|                       |         |   |        |         |   |
|-----------------------|---------|---|--------|---------|---|
| échelle 1/100 à 1/500 | + 0,05m | - | 1/1000 | + 0,08m | - |
| 1/2000                | + 0,12m | - | 1/5000 | + 0,30m |   |

### CYCLE DE VIE DES DONNEES GEOGRAPHIQUES

#### Deux sortes de donnée

- donnée de base ayant une durée de vie illimitée
- donnée de base ayant une durée de vie variable

Dans la 1ere categorie entrent les données fixe telles que les coordonnées des points fixes (géodésiques par exemple) ayant servi à acquérir les données

Dans la deuxième nous trouvons des données a durée de vie variable. Dans le cas d'un terrain nu, n'ayant pas été aménagé, on peut pratiquement considérer que la donnée géographique restera valable jusqu'à un aménagement éventuel. Une rue, aménagée a pu être à nouveau revêtue (donc le nivellement change), ou bien élargie. Des constructions peut avoir été édifiées sur son emprise ou avoir subi des surelevations. En souterrain, les réseaux existants ont pu être détruits, améliorés, densifiés etc.

On peut donc résumer en disant que la mise a jour des données est indispensable à leur valeur. Cette mise à jour est parfois double : mise à jour à une date donnée permettant d'acquérir toutes les données manquantes et mise à jour ponctuelle à chaque variation d'une donnée.

## CHAPITRE IV

### PANORAMA DE L'OFFRE DES DONNEES GEOGRAPHIQUES AU MAROC

~~~~~

PRINCIPALES SOURCES DE DONNEES .

Un manque certain de coordination et d'uniformisation entre les diverses Administrations Marocaines a pour effet

- de ne pas disposer de plans systématiquement établis dans le système Lambert et le Nivellement Général du Maroc

- de ne pas imposer un contrôle systématique des données acquises

- de ne pas centraliser les données, conséquence directe de ce qui vient d'être dit

Parmi les administrations pouvant servir de source de données, hormis le Cadastre et la Conservation Foncière, l'ONEP semble la plus à même de répondre à la demande. Depuis déjà de longues années les CPS prévoient le rattachement systématique des plans et la remise de ceux-ci sous forme de fichiers informatisés

Bien sûr, le Cadastre est la source la plus abondante et la mieux organisée. Dans ce sens, certains services du Cadastre dits pilotes s'orientent sur la voie de la délivrance des données sous forme informatique (plans coordonnées). La Direction de la cartographie s'est déjà orienté vers la numérisation des cartes à petites échelles

Figure 3

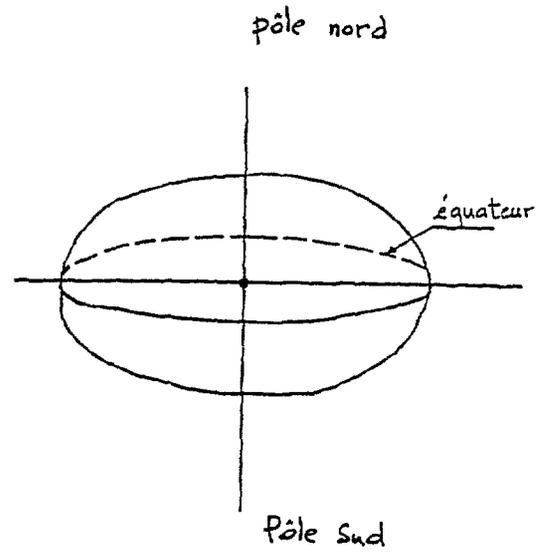
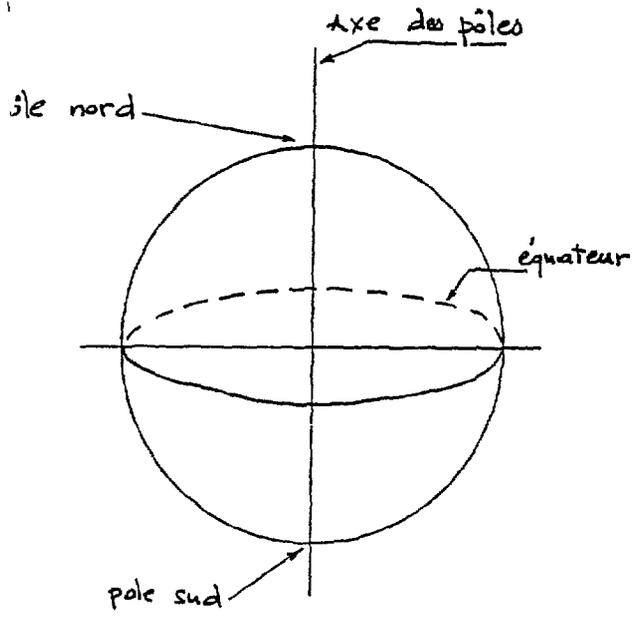


Figure 2

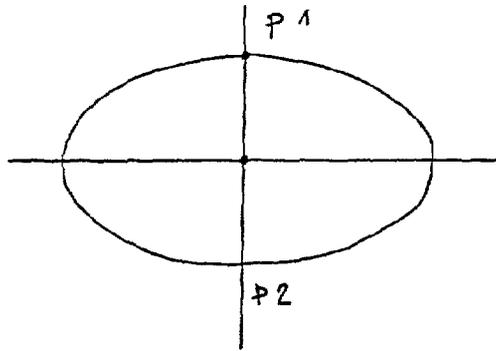
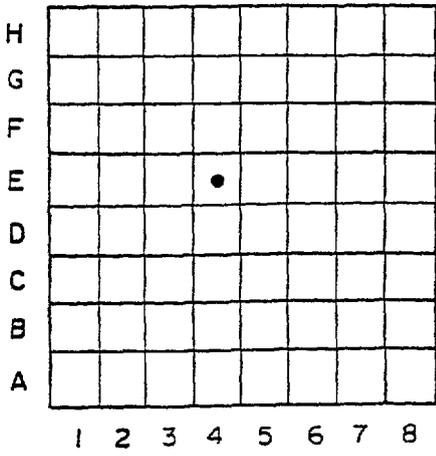


Figure 4



Coord du point 4-E

Figure 5

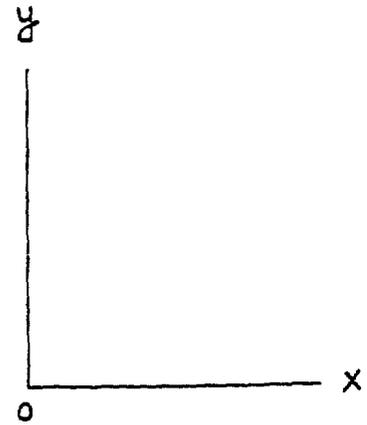


Figure 6

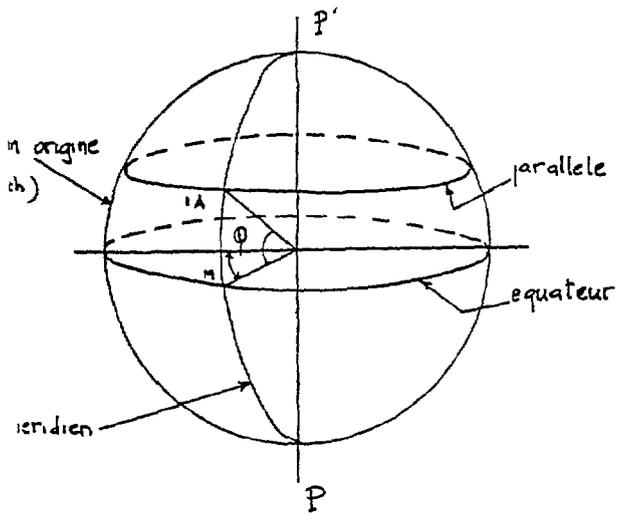


Figure 7

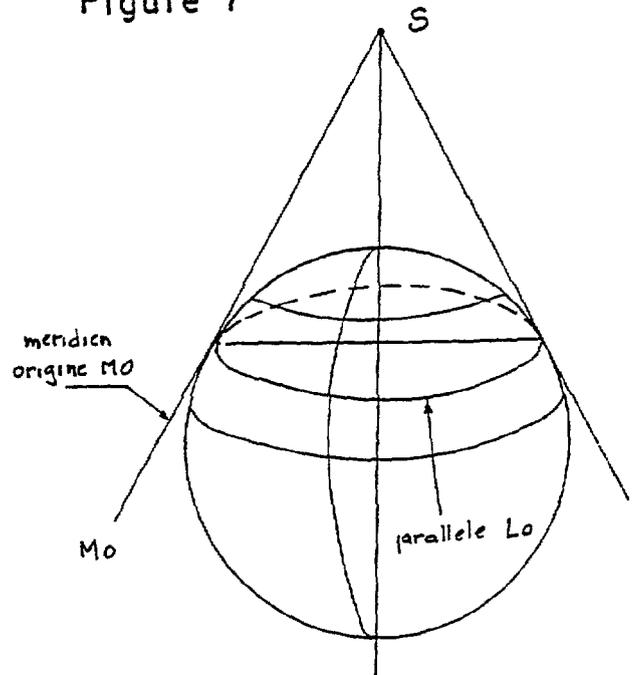


Figure 8

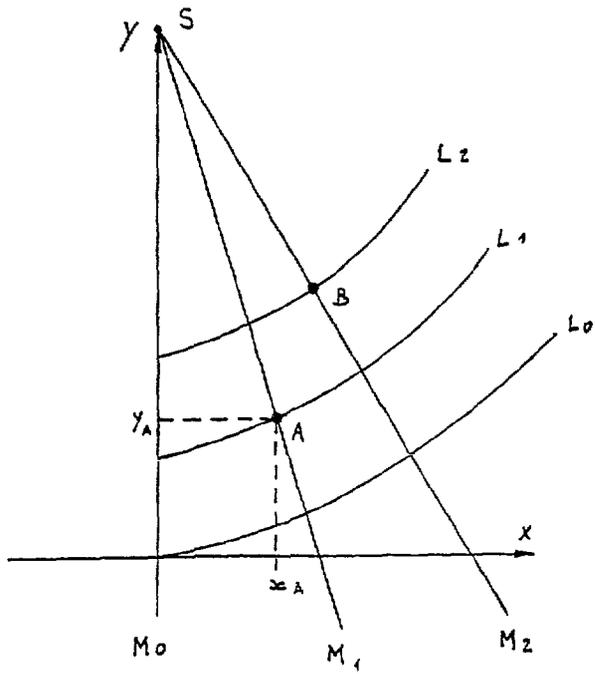


Figure 9

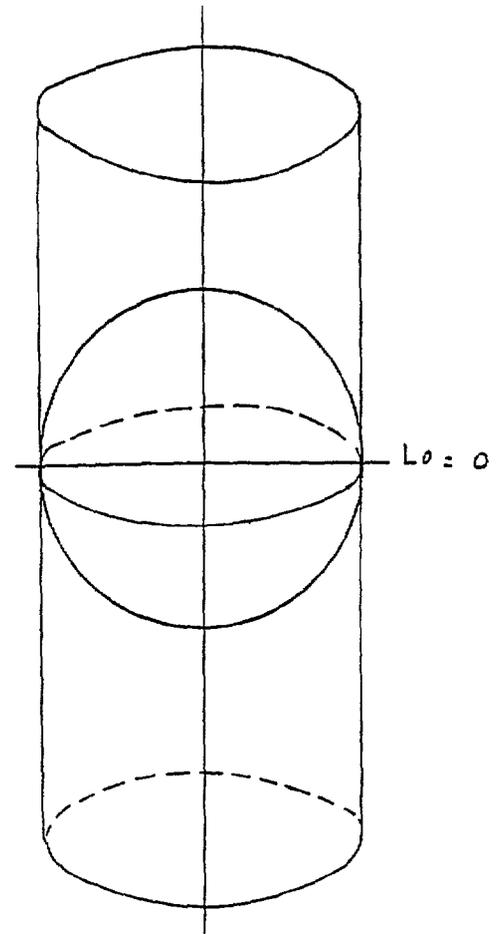


Figure 10

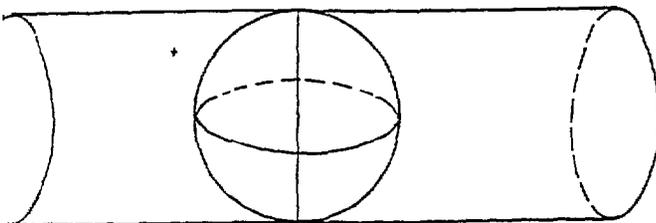
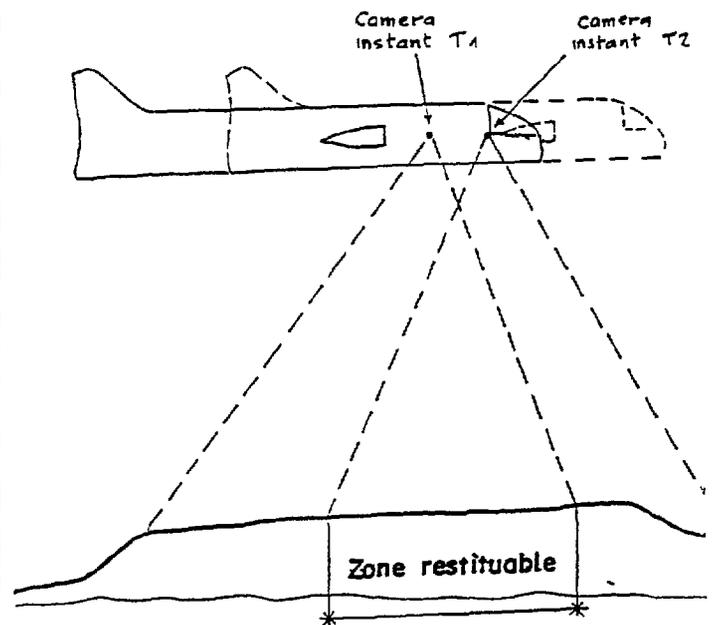


Figure 11



74.