

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
De la Recherche Scientifique
Université de Batna -2-
Département de Géologie

2020 /2021

Cartographie assistée et Système d'information Géographique SIG



Support de cours
SIG
M2 Hydrogéologie ET Geotecnique
Enseignante : **Hazil khadidja**

Table des matières

1ère Partie : SIG : Notions fondamentales

- I. Concepts fondamentaux des systèmes d'informations géographiques
 - I.1 Rappel sur le système de projection
 - I.2 Définitions
 - I.3 Structure d'un SIG
 - I.4 Fonctionnalités d'un SIG
 - I.5 Les données dans les SIG
 - I.5.1. Types de données dans un SIG
 - I.5.2. Modes de données dans les SIG
 - I.5.2.1 Mode vecteur
 - I.5.2.2 Mode raster
 - I.6 La relation entre les SIG et SGBD
 - I.7. Domaines d'application des SIG
 - I.8 Définition de l'information géographique
 - I.9 Caractéristique de l'information géographique
 - I.10. Traitement de l'information géographique
 - I.11. Modèle numérique de terrain
 - I.12. Les images numériques .format et objets

2ème Partie : Travaux pratiques : Prise en main de **arcgis**

- TP 01 : Découvrir **arcgis**
- TP N°02 : Calage et affichage d'une carte
- TP N°03 : Création de nouvelle couche
- TP N°04 : Création d'objets dans une table
- TP N° 05 : Modification de la géométrie d'un objet
- TP N°06 : Chargement de la base de données
- TP N°07 : Mise en forme d'une carte
- I. Etiquetage d'une carte
- II. Analyse thématique

TP 08 : Requêtes et langage SQL

TP 09 : Extraction des coordonnées

TP N°10 : Mise en page et impression d'une carte

TP N°11 : Superposition de deux cartes de projections différentes dans un SIG

I.1 Rappel sur le système de projection

Transverse universelle de Mercator

La projection **Transverse universelle de Mercator** (en anglais Universal Transverse Mercator ou UTM) est un type de [projection cartographique](#) conforme de la surface de la Terre. L'Allemagne l'utilise sous le nom de *Projection de Gauss-Krüger*. Cette projection est une [projection cylindrique](#) où l'axe du cylindre croise perpendiculairement l'axe des pôles de l'[ellipsoïde](#) terrestre au centre de l'ellipsoïde.

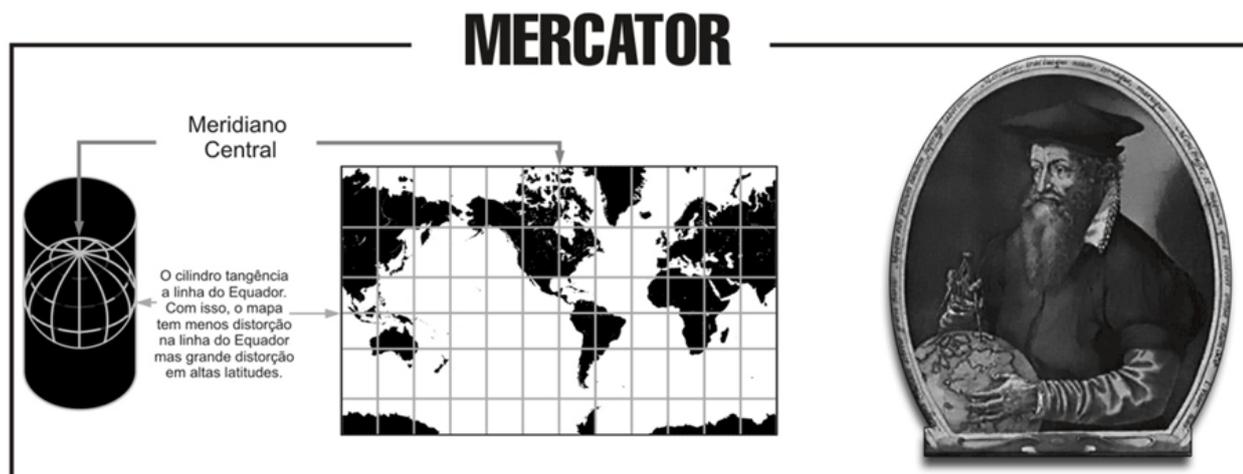


Schéma de la projection UTM

En pratique, pour couvrir la surface de la Terre, on la découpe en 60 fuseaux de 6 degrés en séparant l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud. Soit au total 120 zones (60 pour le Nord et 60 pour le Sud). On développe alors le cylindre tangent à l'[ellipsoïde](#) le long d'un [méridien](#) pour obtenir une représentation plane.

Les zones polaires (au-delà de 84,5 degrés de latitude Nord et en deçà de 80,5 degrés de latitude Sud) ne sont théoriquement pas couvertes par ce système de projection, bien que le cylindre utilisé soit tangent aux deux pôles.

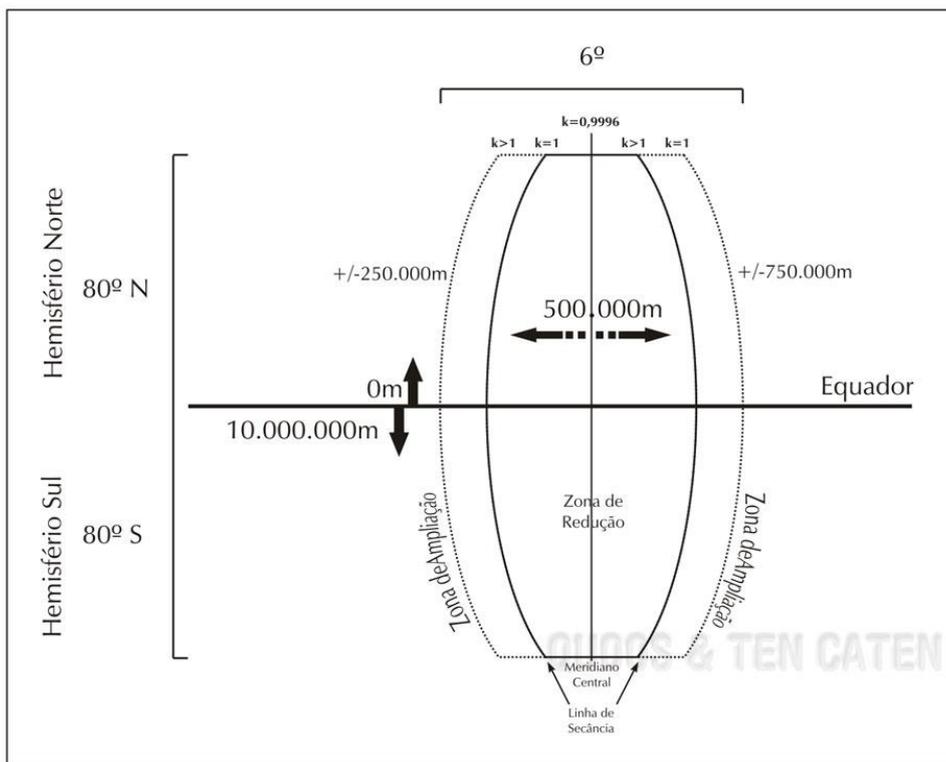
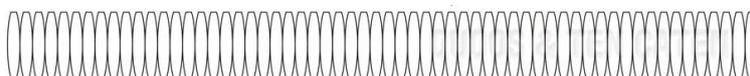
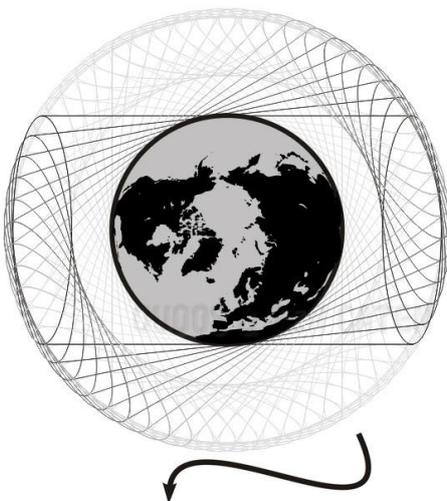
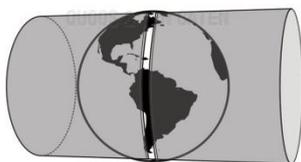
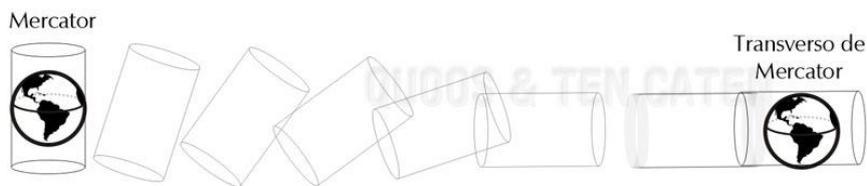
Ce n'est cependant pas un réel obstacle, si on admet d'étendre le découpage rectangulaire de la projection, de façon à couvrir plus de 6° de longitudes au-delà de l'équateur. C'est ce qui est généralement utilisé sur les cartes, où l'extension de longitude permet de conserver une bonne précision à peu près similaire à celle du long de l'équateur.

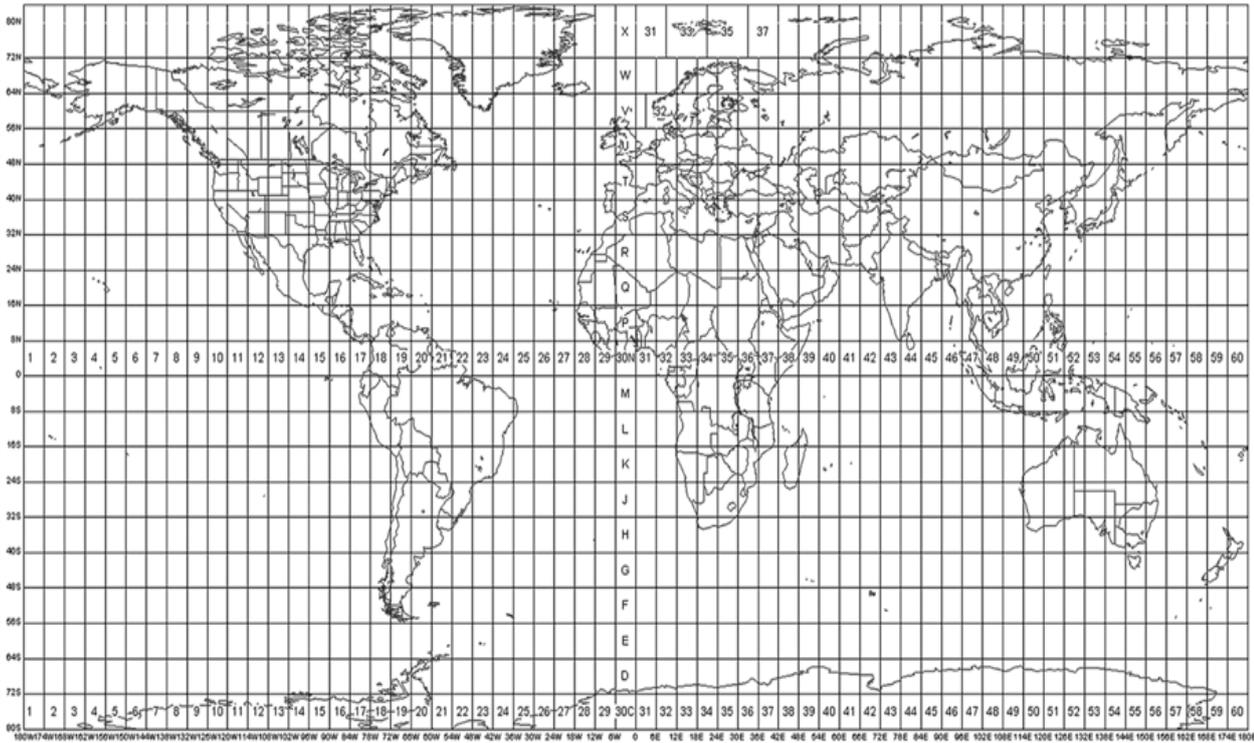
Une variante plus exacte de cette projection est de ne pas utiliser un cylindre parfait, mais un cylindroïde aplati aux pôles et tangent tout le long des deux méridiens opposés à l'ellipsoïde de référence.

L'intérêt de cette variante est de conserver les distances tout le long du méridien de référence. Dans ce cas aussi, la précision des distances autour des pôles ne dépend plus du méridien de référence choisi pour la projection, il devient alors possible de construire une carte rectangulaire continue couvrant la totalité des deux fuseaux opposés le long d'une fine bande (large de 6° exactement à l'équateur).

Une projection ne doit pas être confondue avec un [système géodésique](#) (par exemple [WGS72](#), [WGS84](#), [RGF93](#)) permettant de localiser un point à la surface de la Terre. N'importe quelle projection peut être associée à n'importe quel système géodésique ; si aujourd'hui le système géodésique utilisé est

généralement basé sur WGS84, il convient toutefois, pour éviter les ambiguïtés, d'associer les noms du système géodésique et de la projection





I.2 Définitions

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace.

Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées.

Un SIG répond à 5 fonctionnalités (les 5 A) :

- **Abstraction:** modélisation de l'information,
- **Acquisition:** récupérer l'information existante, alimenter le système en données,
- **Archivage:** stocker les données de façon à les retrouver et les interroger facilement,
- **Analyse:** réponses aux requêtes, cœur même du SIG,
- **Affichage:** restitution graphique.

Les composants d'un S.I.G

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs:



1) Le Matériel

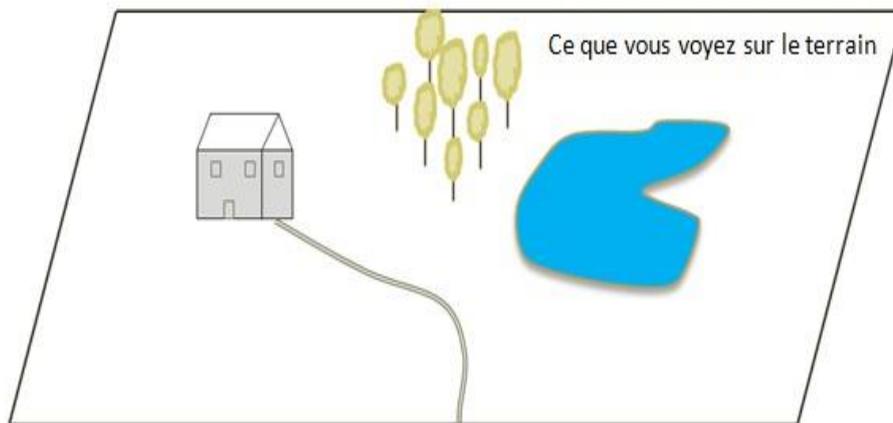
L'utilisation d'un SIG requiert l'utilisation d'un ou de plusieurs ordinateurs pour stocker les données, afficher les graphiques et traiter les données.

- **L'ordinateur:** Il s'agit d'une composante indispensable à un S.I.G et l'élément fondamental de cette composante reste l'ordinateur. Le S.I.G fonctionnent aujourd'hui sur une gamme très diversifiée d'ordinateurs: **des micro-ordinateurs** (PC ou Mac) **aux stations de travail** sous Unix et des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.
- **Les périphériques:** Reliés à l'ordinateur, de multiples périphériques permettent d'assurer diverses fonctions et deviennent de plus en plus indispensables:
 - **le matériel d'acquisition des données:** scanner, table à digitaliser...
 - **le matériel de stockage des données:** disques durs, CD Rom, DVD...
 - **le matériel de visualisation des données:** écrans traditionnels, écrans plats, portables...
 - **le matériel d'impression des données:** imprimantes, traceurs...

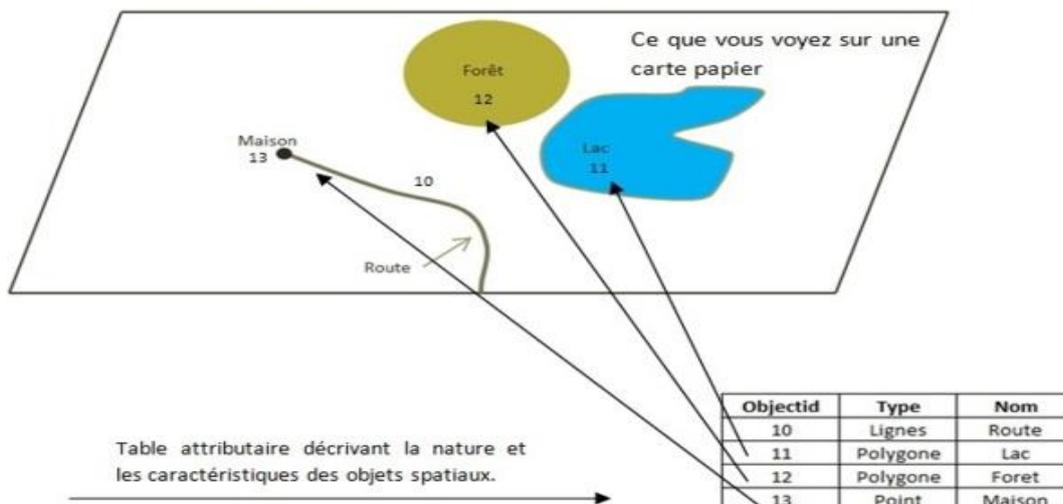
2) Les données

Les données sont indispensables au SIG, elles peuvent être de trois types : géographiques, attributaires ou métadonnées.

- **Les données géographiques** sont des données localisées auxquelles on associe une forme et des paramètres d'affichage (couleur, épaisseur du trait...). Elles peuvent être de type **raster** ou **vecteur**.



- **Les données de type Vecteur** : Les données vecteur représentent les objets spatiaux par des points, des lignes, ou des polygones. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant permettant de le relier à la table attributaire.



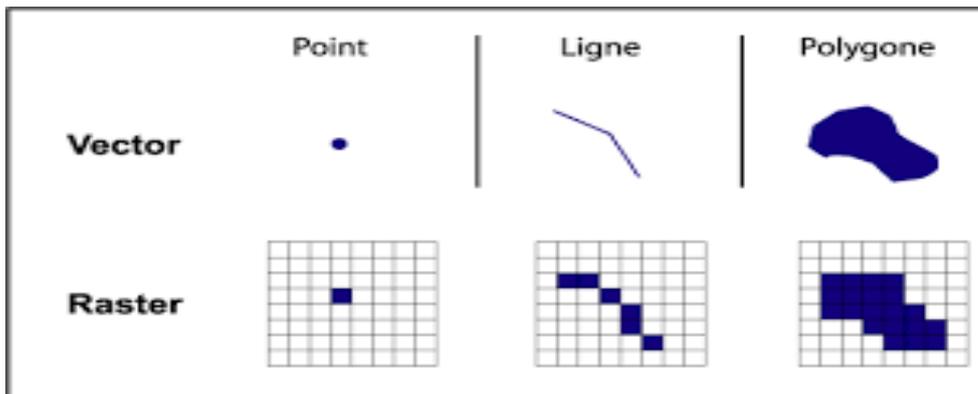
➤ **Les points :**

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

➤ **Les lignes :**

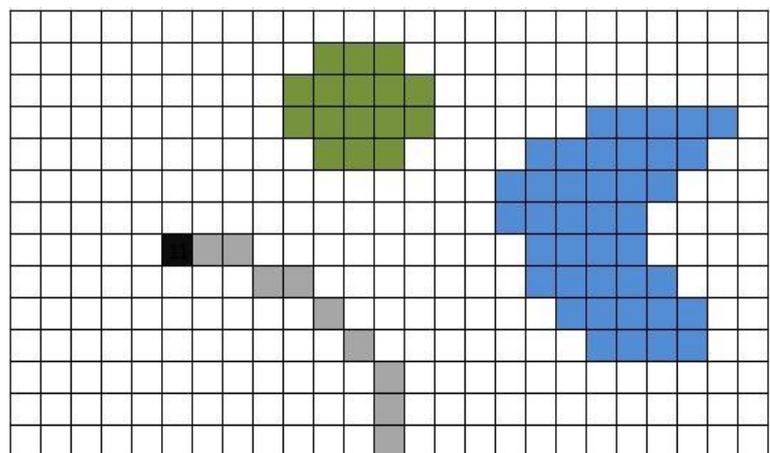
Les lignes représentant les formes des objets géographiques trop étroits être décrits des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

➤ **Les polygones :** Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de formation végétales.



• **Les données de type Raster :**

Ce sont des images numériques ou chaque pixel à une valeur associée qui permet de le caractériser d'une couleur ou d'une valeur (altitude par exemple).



- **Les données attributaires** caractérisent les données géographiques (nom d'une route, nombre d'habitants dans un immeuble localisé, ...).
- **Les métadonnées** décrivent directement la ressource c'est-à-dire ici les données, ce sont « les données sur les données » comme par exemple la date d'acquisition, le nom du propriétaire, etc.

3) Les utilisateurs

Les SIG s'adressent à une grande communauté d'utilisateurs (urbanistes, géographes, militaires, commerciaux, informaticiens...) et aujourd'hui, en particulier avec l'apparition des SIG sur internet n'importe qui peut être amené à utiliser un SIG

4) Les logiciels

Les logiciels font le lien entre les données, le matériel et les utilisateurs. A partir d'une interface graphique, l'utilisateur va interroger une base de données afin de visualiser et d'analyser les informations.

5) Les méthodes ou le savoir à faire

La mise en œuvre et l'utilisation d'un S.I.G ne peut s'effectuer sans l'application **de méthodes, de règles et de procédures**. Ces méthodes permettent une utilisation rigoureuse et cohérente du matériel, des logiciels et des données du S.I.G par l'ensemble des utilisateurs et cela afin de répondre aux objectifs fixés au préalable dans tout projet.

Unités de mesures utilisées en topographe

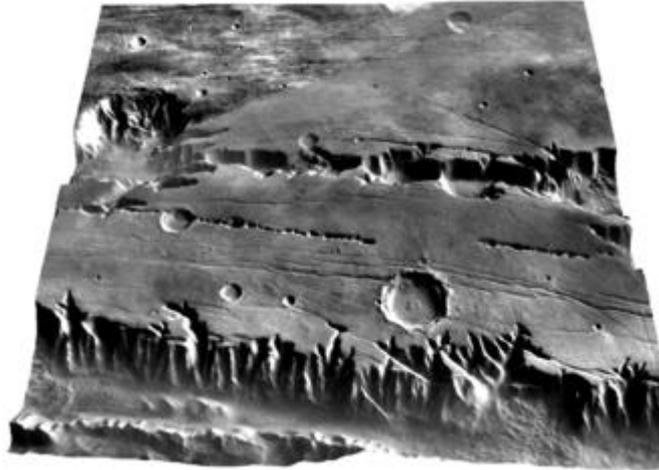
Dans le système de degré sexagésimal

- 1) Un cercle = 360 °
- 2) 1° = 60 minute (60')
- 3) 1' = 60 secondes (60'')
- 4) 1° = 3600''

Modèle numérique de terrain

Un **modèle numérique de terrain (MNT)** est une représentation de la [topographie](#) ([altimétrie](#) et/ou [bathymétrie](#)) d'une zone terrestre sous une forme adaptée à son utilisation par un ordinateur numérique ([ordinateur](#))

MTM -05/277 E: Tithonium Chasma (3 X Vertical Exaggeration)

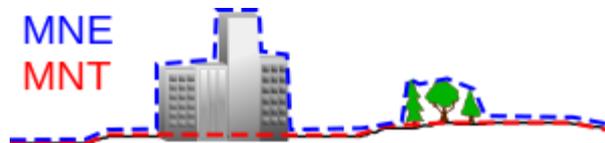


Rendu en 3D d'un MNT de *Tithonium Chasma* dans la partie ouest de [Valles Marineris](#), sur [Mars](#). Le rendu tridimensionnel est obtenu en calculant un éclairage fictif, qui vient dans ce cas d'en haut à droite.

MNT ou MNE

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) ne prend pas en compte les éléments situés au-dessus de la surface contrairement à un Modèle Numérique d'Élévation (MNE)

Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est une représentation 2,5D de la surface d'un terrain ou d'une planète, créée à partir des données d'altitude du terrain. Le MNT ne prend pas en compte les objets présents à la surface du terrain tels que les plantes et les bâtiments. Un Modèle Numérique d'Élévation (MNE) est une représentation des élévations sur un terrain comprenant les plantes et les bâtiments

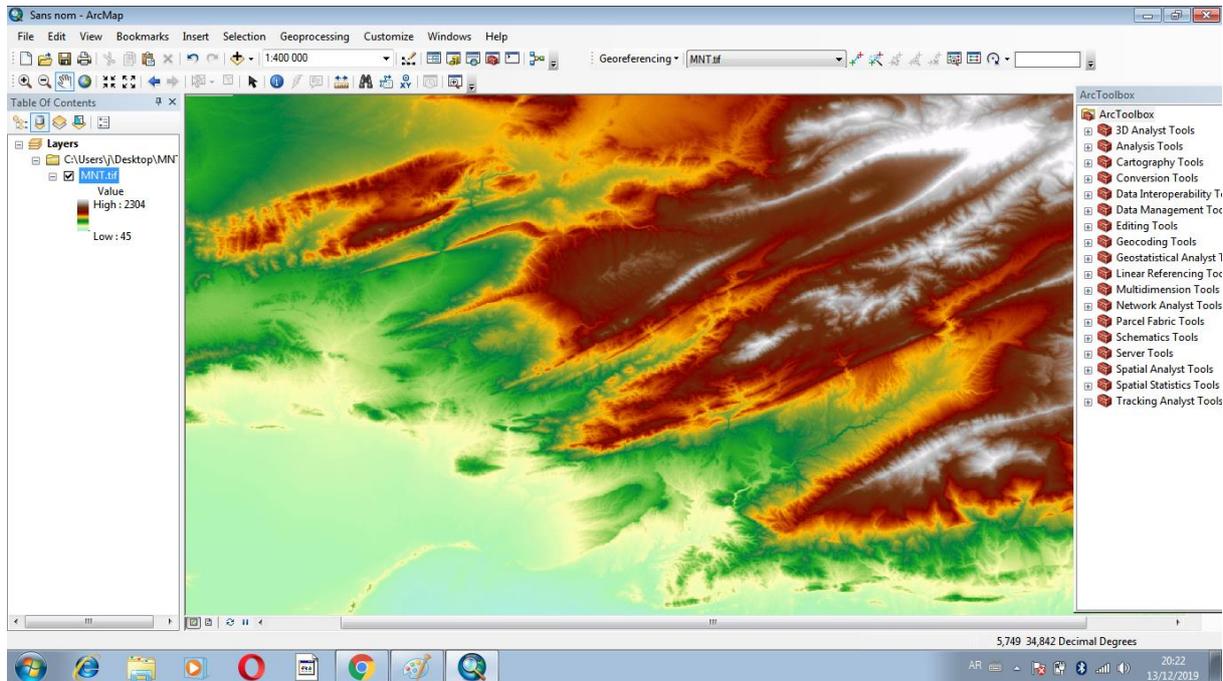


Les images numériques format et objets

Est formée d'un assemblage de pixels dont on doit comprendre les caractéristiques afin de bien saisir l'objet dans son ensemble. Cette présentation permettra de découvrir les concepts de base (pixel, bit, résolution, couleur, compression) et de comprendre comment ils influencent l'acquisition, l'archivage, le traitement et la diffusion des images numérisées ou créées en format numérique

Représentation cartographique et analyse 3D (MNT)

La visualisation de données d'altitude de surface se révèle particulièrement importante. En effet, l'affichage en 3D des données, codées en couleur avec l'altitude, ombrées, mélangées avec des données attributaires et même drapées d'images devient de plus en plus fréquent. Il existe trois régions principales pour la visualisation et l'utilisation de jeux de données d'altitude, à savoir : vues cartographiques 2D, scènes 3D et visualisations de globes 3D. ArcGIS fournit des applications qui permettent le stockage et l'affichage de jeux de données d'altitude volumineux à l'aide de chaque vue distincte. Les rasters, TIN et jeux de données de MNT constituent tous une méthode de stockage et d'affichage des données de MNT en 3D. Les détails de l'application seront abordés au niveau des travaux pratiques.



Modèle Numérique de Terrain MNT

Modèle Numérique de Terrain MNT

Les MNT sont utilisés pour les calculs des réserves géologiques en surface

Définition et principe

Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) correspond à une représentation sous forme numérique du relief d'une zone géographique. Ce modèle peut être composé d'entités vectorielles ponctuelles (points côtés), linéaires (courbes de niveau), surfaciques (facettes) ou représenté en mode raster (cellules).

Intégrée dans le SIG, cette information joue un rôle très important dans les méthodes d'analyse spatiale en particulier pour la prise en compte de la morphologie du terrain (François. M, 2000).

Un MNT permet :

- 1) de reconstituer une vue en images de synthèse du terrain,
- 2) de déterminer une trajectoire de survol du terrain.
- 3) de calculer des surfaces ou des volumes.
- 4) de tracer des profils topographiques.
- 5) d'une manière générale, de manipuler de façon quantitative le terrain étudié.

Types MNT

On peut distinguer les MNT selon le type de maillage utilisé :

- 1) maillage régulier carré (raster),
- 2) maillage triangulaire régulier,

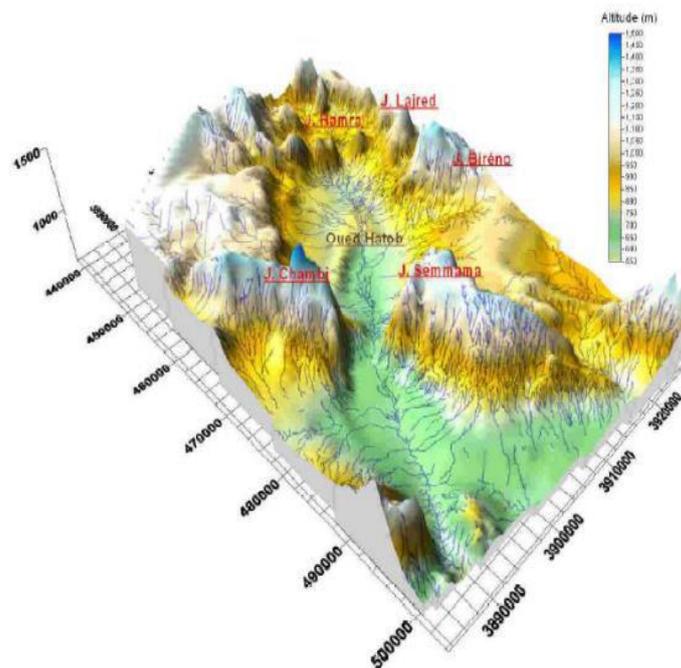
3) maillage triangulaire quelconque (TIN)

Mode de représentation

La qualité d'un MNT dépend directement de l'intervalle du maillage et de la source des données à partir desquelles il est généré.

La construction peut se faire de plusieurs manières :

- 1) par interférométrie radar,
- 2) par stéréoscopie à partir de couples d'images aériennes (photogrammétrie) ou prises par satellite,
- 3) par numérisation des courbes de niveau d'une carte
- 4) par saisie directe des coordonnées (x, y, z) des points du terrain, mesurées par triangulation (géomètres) ou lasergrammétrie (technique permettant de capturer les coordonnées d'un point en x, y, z au moyen d'un laser),
- 5) par système laser aéroporté (LIDAR).



Exemple d'un Modèle Numérique de Terrain MNT

Drapage de MNT

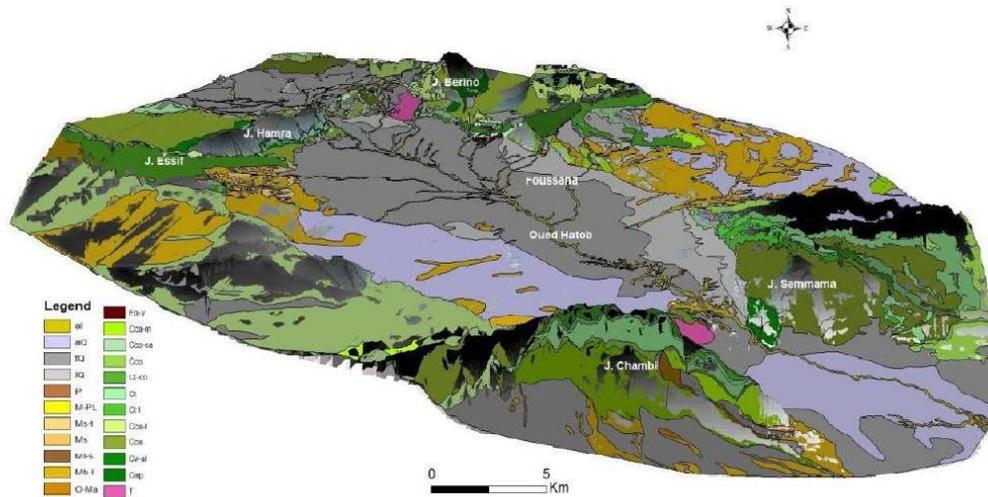
Un MNT peut être représenté par un modèle habillé (représentant soit les couches géologiques, soit les valeurs de l'altitude, les réseaux hydrographiques, les failles, occupation des sols... etc), ou par un modèle en fil de fer.

L'habillage du MNT par d'autres couches est appelée Drapage.

Informations dérivées

A partir de l'information altimétrique du MNT, des cartes dites dérivées seront calculées, en particulier dans un objectif d'analyse morphologique du milieu, comme par exemple : les cartes de pentes, les cartes d'orientation et

d'ensoleillement, les cartes d'inter visibilité, bassins versants, profils, coupes de terrain et les cartes des aménagements hydrauliques.



Exemple d'un Drapage de la couche géologique sur MNT

Types de modélisation géoscientifique

La modélisation des structures géologiques ou encore la Géomodélisation est une étape cruciale de la construction de géomodèles. Elles conditionnent la répartition spatiale des propriétés du sous-sol et la connexion des différents volumes rocheux qui le constituent. Cependant, les données disponibles s'avèrent incomplètes et incertaines. A cela s'ajoute une incertitude sur les phénomènes géologiques ayant conduit à la formation des structures modélisées. De multiples interprétations des données sont donc généralement possibles.

Les méthodes classiques de modélisation des structures reposent principalement sur une approche géométrique, statique et déterministe. En d'autres termes, l'approche consiste à déterminer la meilleure représentation possible des structures en se fondant sur des critères qui portent principalement sur la géométrie actuelle des structures, comme la minimisation de leur courbure, et sur leur compatibilité avec les données dans leur état actuel.

La modélisation géologique s'intéresse à la représentation numérique du sous-sol. La géomodélisation permet d'avoir des idées prometteuses dans la prise en compte des multiples aspects pour des structures géologiques de surface et de subsurface. Ces aspects peuvent se présumer essentiellement comme suit :

- 1) *Historiques* : reconstitution paléogéographique et milieu de dépôts
- 2) *Géométrique* : Relief, Réservoir, Nappe, Filon...
- 3) *Cinématiques* : Sens de mouvement, Sens d'écoulement
- 4) *Mécaniques* : Contrainte de déformation, Faille, chevauchement ...
- 5) *Géostatistique* : Estimation des réserves et calcul de rentabilité

La modélisation géo-scientifique peut se faire en surface et en sub-surface ; et avec deux formes différentes :

- Modélisation Quantitative : On s'intéresse à donner un modèle numérique en 3D, qui permet de déterminer les reliefs en surface (MNT) et la géométrie essentiellement des réservoirs en sous-sol (MNP). Ce type de modélisation est utile au niveau des calculs des réserves (carrières, mines, gisement pétrolier, des nappes d'eaux....)

- Modélisation Qualitative : cette modélisation est consacrée à la spatialisation des éléments géochimiques et des paramètres physico-chimiques d'une substance ou d'un minéral ou tous ce qui est géo-ressources et énergie en générale (gaz, pétrole, eau, Pb, Fe....)

LES DONNEES DANS LES SIG

un certain nombre de questions se posent : Comment l'information contenue dans une carte peut elle être stockée dans un ordinateur? Quelles sont les données traitées par les SIG ?

Modes d'acquisition de données

Dans la pratique, les données géographiques proviennent de sources différentes, ont des modes d'acquisition différents, sont sus des médias différents, on dit qu'elles sont multi sources. Certaines données sont directement mesurées sur le terrain (levés topographiques) ou captées à distance (système de positionnement Global GPS, photos aériennes, images satellitaires), ou saisies à partir des cartes ou des plans existants.

Les utilisateurs de SIG

Domaine public	Domaine privé
<ul style="list-style-type: none">- Cadastre.- Armées.- Agriculture et santé.- Recherche et education.- Aménagement du territoire.- Ministère de l'envernement.- Transports .	<ul style="list-style-type: none">- Cartographie et télédetection .- Transports terrestre .- Navigation maritime .- Marketing .- Assainissement .- Gestion des risques .- Bureaux d'étude.

Système de gestion de base de données (SGBD)

En [informatique](#), un *système de gestion de base de données (SGBD)* est un logiciel système servant à stocker, à manipuler ou gérer, et à partager des informations dans une [base de données](#), en garantissant la qualité, la pérennité et la confidentialité des informations, tout en cachant la complexité des opérations.

Un SGBD permet d'inscrire, de retrouver, de modifier, de trier, de transformer ou d'imprimer les informations de la base de données. Il permet d'effectuer des comptes rendus des informations enregistrées et comporte des mécanismes pour assurer la cohérence des informations, éviter des pertes d'informations dues à des pannes, assurer la confidentialité et permettre son utilisation par d'autres logiciels¹. Selon le modèle, le SGBD peut comporter une simple [interface graphique](#) jusqu'à des langages de programmation sophistiqués

Définition de l'information géographique

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

Traitement de information géographique

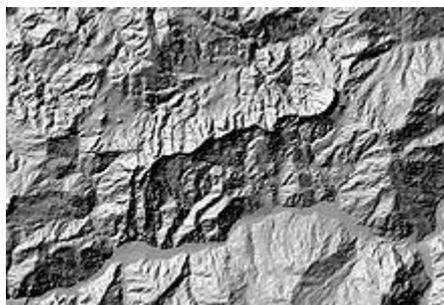
Un **système d'information géographique (SIG)** est un [système d'information](#) conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de [données](#) spatiales et géographiques. L'acronyme SIG est parfois utilisé pour définir les « sciences de l'information [géographiques](#) » ou « études sur l'information géospatiales ». Cela se réfère aux carrières ou aux métiers qui impliquent l'usage de systèmes d'information géographique et, dans une plus large mesure, qui concernent les disciplines de la géo-informatique (ou [géomatique](#)). Ce que l'on peut observer au-delà du simple concept de SIG a trait aux données de l'[infrastructure](#) spatiale.

Dans un sens plus général, le terme de SIG décrit un système d'information qui intègre, stocke, analyse et affiche l'[information géographique](#). Les applications liées aux SIG sont des outils qui permettent aux utilisateurs de créer des requêtes interactives, d'analyser l'information spatiale, de modifier et d'éditer des données par l'entremise de cartes et d'y répondre cartographiquement. La science de l'[information géographique](#) est la [science](#) qui sous-tend les applications, les concepts et les systèmes géographiques.

Le SIG est un terme général qui se réfère à un certain nombre de [technologies](#), de processus et de méthodes. Celles-ci sont étroitement liées à l'[aménagement du territoire](#), la gestion des infrastructures et réseaux, le [transport](#) et la [logistique](#), l'assurance, les [télécommunications](#), l'[ingénierie](#), la [planification](#), l'[éducation](#) et la recherche, etc. C'est pour cette raison que les SIG sont à l'origine de nombreux services de [géolocalisation](#) basés sur l'analyse des [données](#) et leur visualisation.

Les SIG permettent également une mise en relation de [données](#) qui peuvent, sur le papier, sembler très éloignées. Quelle que soit la façon d'identifier et de représenter les objets et événements qui illustrent notre environnement ([coordonnées](#), [latitude](#) & [longitude](#), adresse, [altitude](#), temps, [médias sociaux](#), etc.), les SIG permettent de réunir toutes ces dimensions autour d'un même [référentiel](#), véritable colonne vertébrale du système d'information.

Cette caractéristique clé du SIG permet d'imaginer de nouvelles applications et de nouveaux débouchés en matière de recherche scientifique



La bonne appréhension et représentation du relief est une valeur ajoutée de plus.

[Modélisation](#) en fausse 3D avec ombrage (dérivée d'une base de données topographique)
(Valestra, près de [Carpinetti](#), dans le nord des Apennins, Italie).

