

# Modélisation 3D

# Objets 3D : surfaces et solides

- L'analyse et la visualisation du relief nécessite la prise en compte de la 3ème dimension et donc des informations d'altitude ou de hauteur.
- Les surfaces sont des champs de valeurs continues qui peuvent varier sur un nombre de points infini. Ces valeurs peuvent être représentées sur l'axe des z dans un système de coordonnées x,y,z à trois dimensions et sont souvent appelées valeurs z .
  - Les surfaces stockent une valeur z unique, et non pas plusieurs valeurs z, pour un emplacement x,y donné.
- Les modèles de solides sont communs au dessin assisté par ordinateur (DAO), à l'ingénierie et à d'autres applications représentant des objets.
  - Les solides ou objets 3D représentent de véritables modèles 3D capables de stocker plusieurs valeurs z pour un emplacement x,y donné.

# Modèles d'objets 3D (solides)

- Il s'agit d'objets 3D de différents formats de l'imagerie numérique qui représentent des objets présents sur la surface terrestre.
- Ils sont souvent posés sur une surface.
- Le sujet des objets 3D n'est pas abordé dans ce chapitre



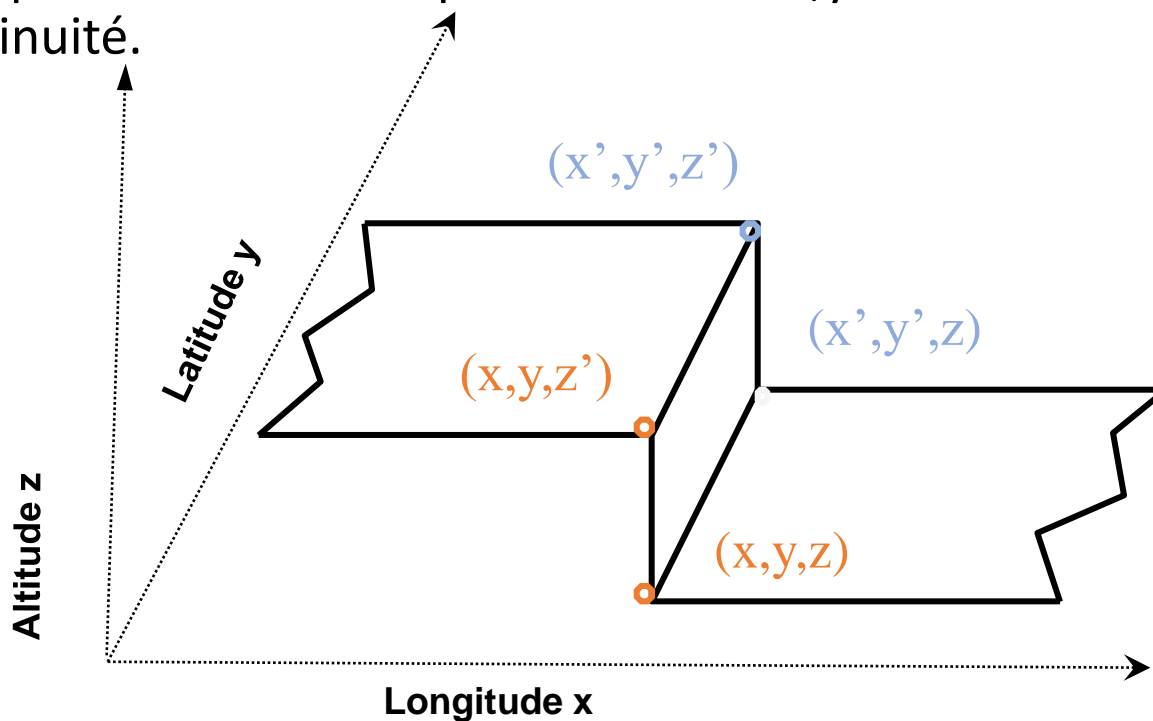
Logiciel ERDAS Imagine

# Surfaces

- L'exemple le plus courant de surface est l'altitude de la surface topographique terrestre
- Autres exemples :
  - isobathes, profondeurs de nappes phréatiques, la distance par rapport à un point, la concentration d'un produit chimique particulier.
  - Les surfaces peuvent également représenter des surfaces statistiques décrivant des données climatiques et démographiques, la concentration de ressources et d'autres données biologiques.
  - Elles permettent également de représenter des surfaces mathématiques en fonction d'expressions arithmétiques, telles que  $Z = a + bX + cY$ .
- Les surfaces sont souvent appelées modèles 2,5 D pour les différencier des objets 3D.

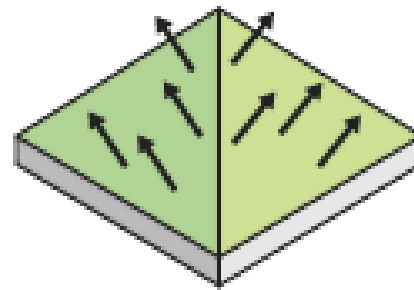
# Problème de la discontinuité des surfaces

- Pour rendre une surface discontinue un modèle doit être capable de stocker plusieurs valeurs  $z$  pour un même  $x, y$  donné sur la ligne de discontinuité.

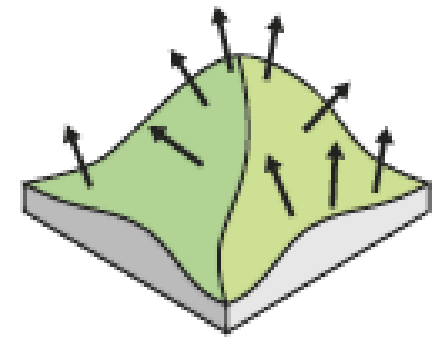


# Lissage d'une surface

- Le lissage d'une surface peut être défini comme un vecteur perpendiculaire à la pente de la surface
  - Mathématiquement, ce vecteur correspond à la normale à la première dérivée.
- Dans le cas de gauche, ce vecteur est constant sur toute la surface d'une facette et change brusquement quand on passe d'une facette à l'autre
- Dans le cas de droite, il varie de manière continue à l'intérieur d'une facette et entre les 2 facettes



**Surface plane**



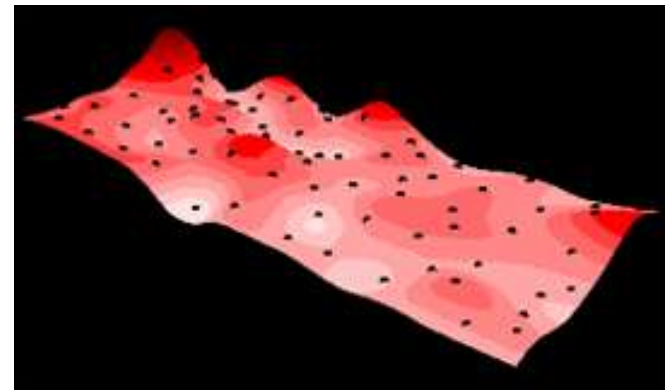
**Surface lissée**

# Modèle Numérique de Surface

- On appelle MNS ou MNT (Modèle Numérique de terrain) la représentation sous forme numérique du relief d'une zone géographique.
- L'appellation MNA (Modèle Numérique d'Altitude) plus précise est souvent préférée
- Un MNT est issu de mesures d'altitude sur la surface terrestre, prises irrégulièrement dans l'espace par saisie sur le terrain (levés topographiques par tachéomètre et GPS, techniques photogrammétriques aériennes ou satellitaires, digitalisation de cartes existantes).
- Un MNT est toujours un échantillonnage de valeur d'altitude. Par l'application de méthodes d'interpolation, on peut estimer une valeur d'altitude approchée de l'altitude en tout point de l'espace

# Interpolation des surfaces

- Une surface contient en réalité un nombre infini de points, il est impossible de mesurer et d'enregistrer la valeur  $z$  de tous les points.
- Le modèle de surface approche la surface réelle
  - en tirant un échantillon de valeurs en différents points
  - et en effectuant une interpolation de ces valeurs entre ces points.
- Il existe de nombreuses méthodes d'interpolation (voir les méthodes de Géostatistique)
  - La distance inverse pondérée
  - le spline,
  - le krigeage...
- Mais elles sont mal adaptées aux surfaces topographiques

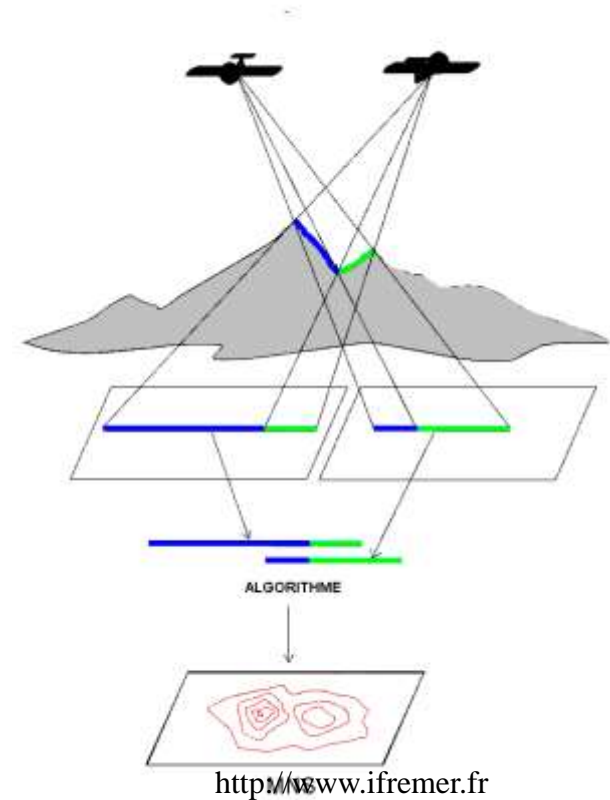
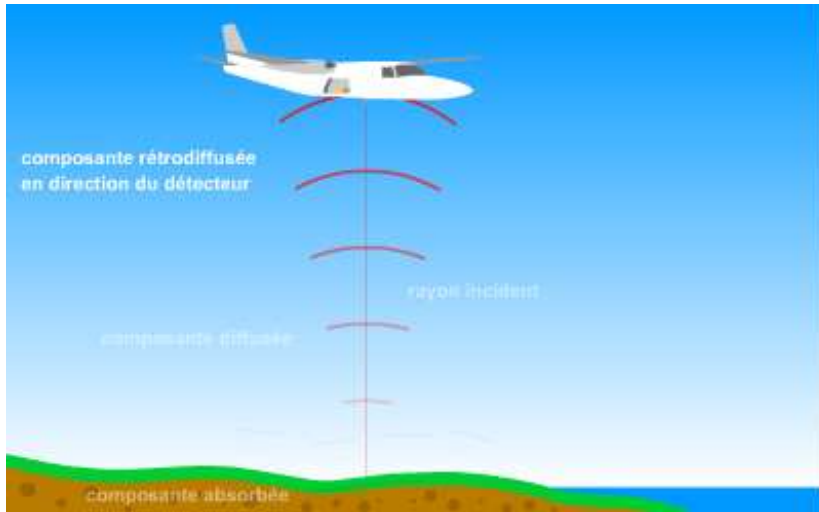


ill. : source Documentation ESRI

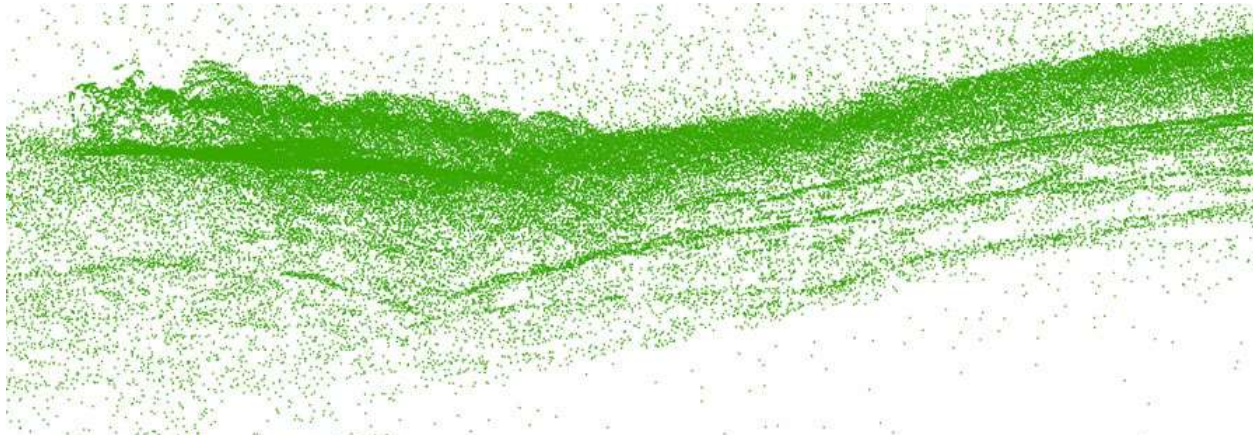


# Produire un modèle de surface

- Plusieurs techniques :
  - Photogrammétrie
  - Radargrammétrie (ex : SRTM)
  - levés laser aéroportés  
Interférométrie Laser, Lidar

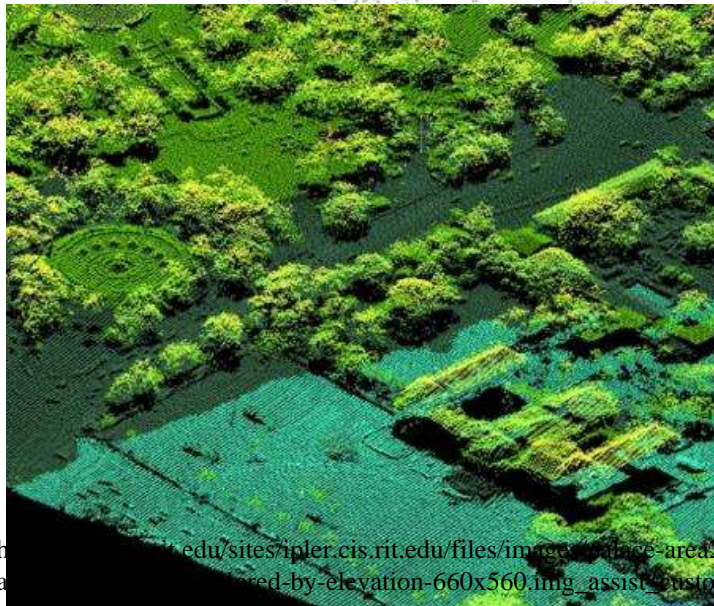


# Exemples de nuages de points 3D Lidar

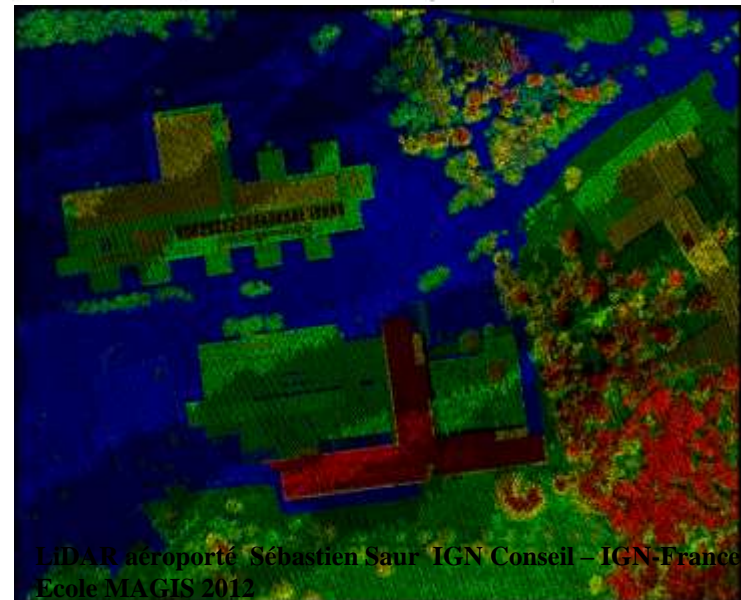


Light  
detection  
and  
ranging

ESRI



[http://www.esri.com/eng/edu/sites/ipler.cis.rit.edu/files/image/face-area2-  
a...red-by-elevation-660x560.img\\_assist\\_custom.jpg](http://www.esri.com/eng/edu/sites/ipler.cis.rit.edu/files/image/face-area2-<br/>a...red-by-elevation-660x560.img_assist_custom.jpg)

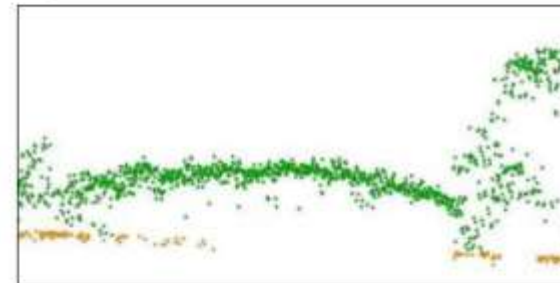
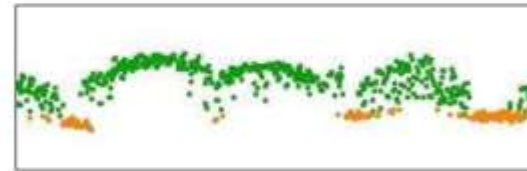


LiDAR aéroporté Sébastien Saur IGN Conseil – IGN-France  
Ecole MAGIS 2012

# Nuage de point 3D

## Terrain végétalisé

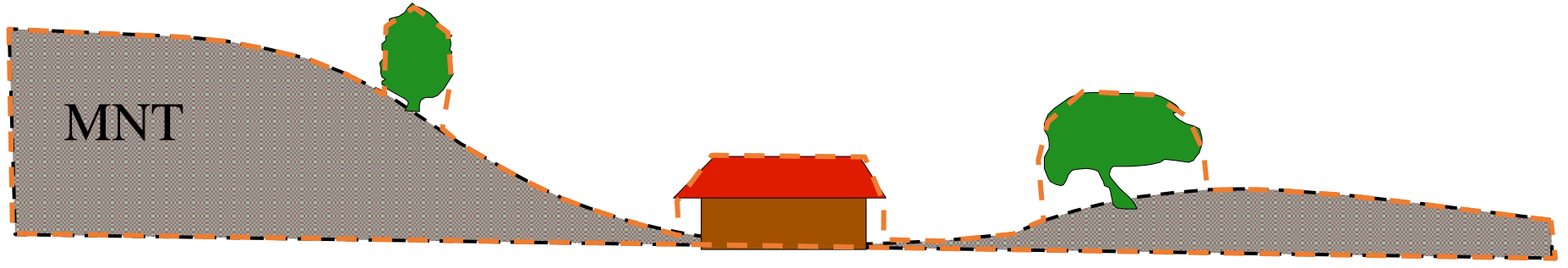
- Végétation haute et moyenne
  - Représentation sous-résolue du sol
- Végétation basse
  - Pas d'écho au sol
  - Algorithme de classification mis en échec
  - Difficultés à détecter ces erreurs
- Végétation très dense
  - Pas d'écho au sol



magis

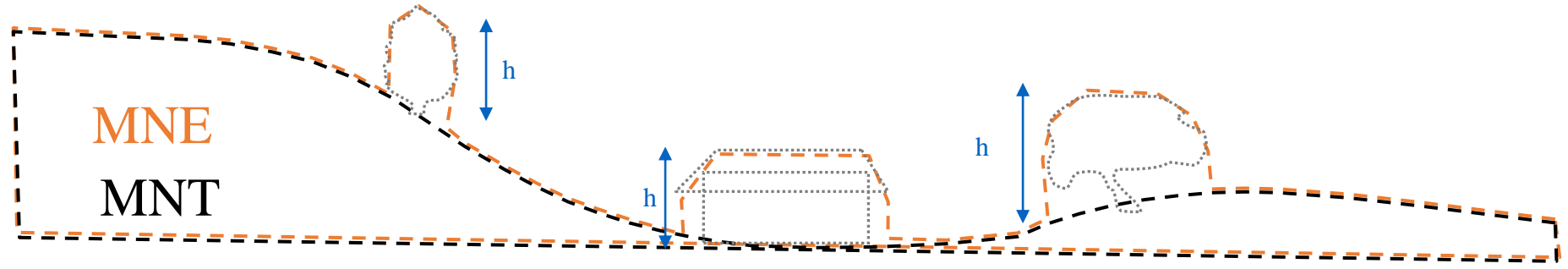
# MNS : MNT vs MNE

MNE



MNE

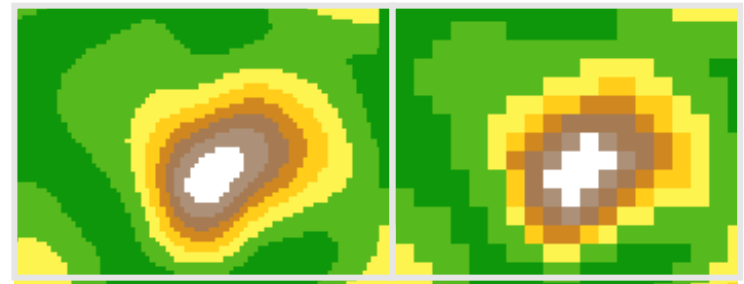
MNT



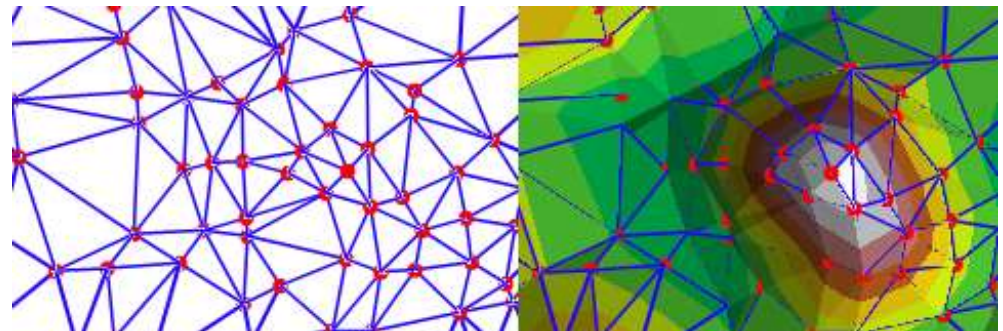
# Modèles de surface

Il y a 2 grands types de modèles informatiques décrivant les surfaces : les grilles raster et les TIN (Triangle Irregular Network) vecteurs

- Grille raster (résolution variable)



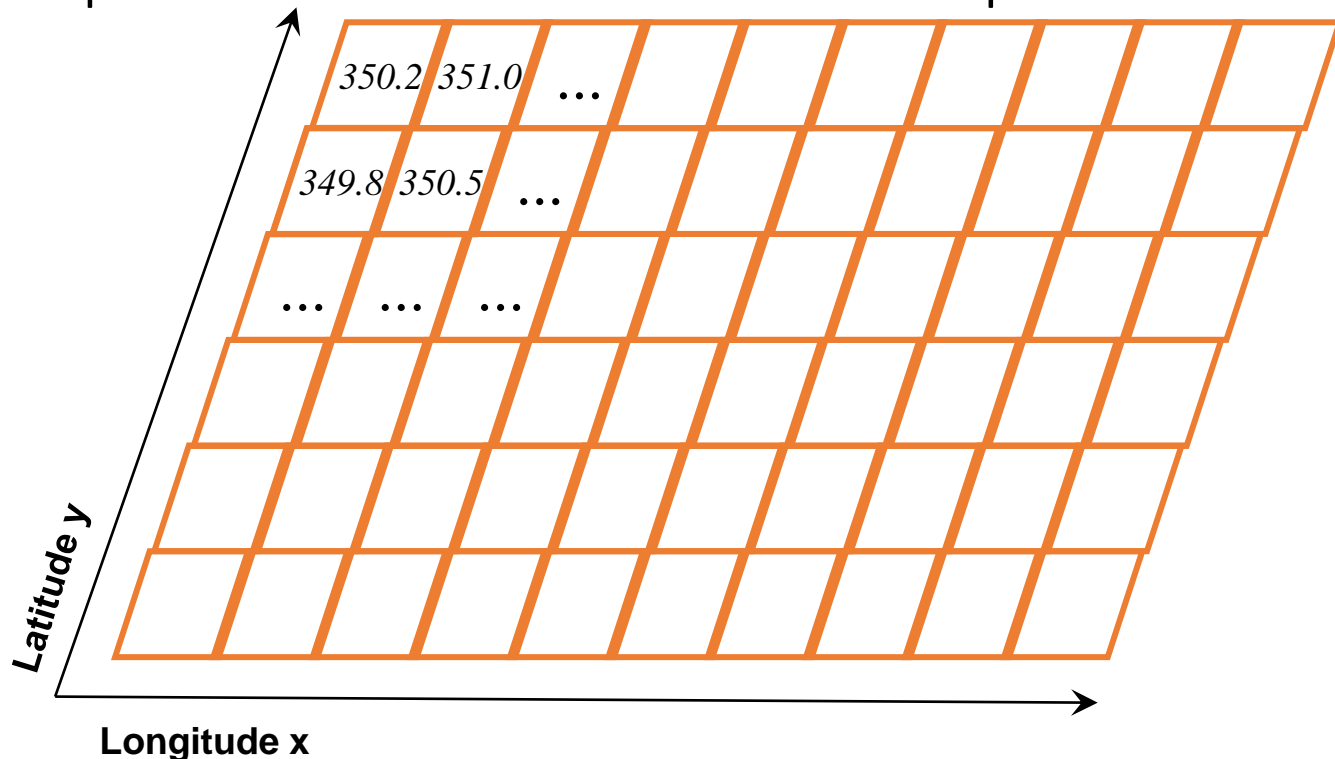
- Modèle TIN vecteur



Source Documentation ESRI

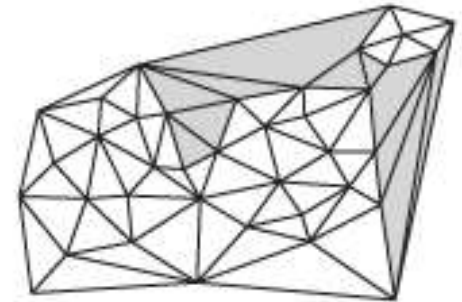
# Modèle Numérique de Terrain en grille raster

- Chaque cellule porte une valeur d'altitude, avec une précision qui dépend de celle de la mesure
- Certaines peuvent être mesurées et d'autres interpolées



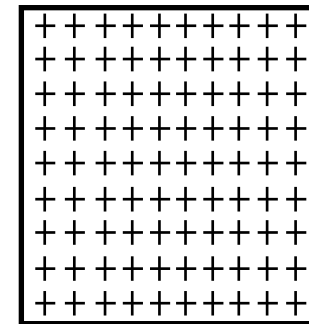
# Modèle TIN

- Un modèle de données TIN est composé de nœuds, d'arêtes, de triangles
- Les nœuds peuvent être placés de façon irrégulière sur une surface. La densité de points peut varier en fonction de la complexité de la surface
- Les nœuds du TIN peuvent correspondre à d'autres entités présentes sur la surface réelle (sommets de montagnes, des routes et des ruisseaux)
- Les TIN sont généralement utilisés pour la modélisation de haute précision de zones plus restreintes (applications d'ingénierie, calcul de planimétrie, superficies, volumes)

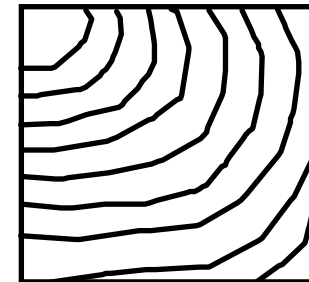


# Données pour construire une surface topographique ou un modèle 3G géographique

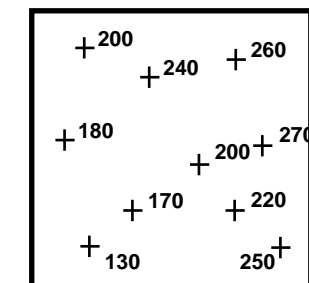
- Les données mesurées peuvent être à l'origine sous 4 grandes formes :
  - Une série de mesures sur une grille régulière (MNT numérique produit par photogrammétrie ou mesure au sol)
  - Des courbes de niveau numérisées
  - Un semis irrégulier de points (levés topographiques, points cotés, ...)
- On les stocke dans un SIG sous forme de grille raster ou de TIN
- Le format nuage de points issu d'une saisie LIDAR est un quatrième format



Points réguliers



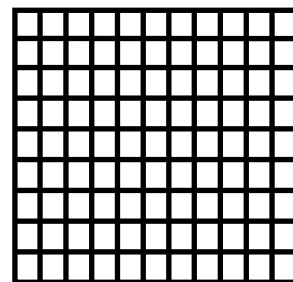
Isolignes



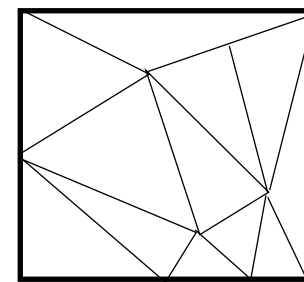
Points irréguliers



Nuage de points



Grille raster



Réseau de triangles Irréguliers. TIN