

Initiation au logiciel QGIS 2

Partie 2

Cyril Bernard (cyril.bernard@cefe.cnrs.fr)

CEFE - CNRS
Montpellier 2019



Sommaire de la 2^{ème} partie

1. Généralités sur les systèmes de coordonnées
2. Acquisition de données par GPS
3. Gestion des systèmes de coordonnées dans QGIS





CENTRE D'ECOLOGIE
FONCTIONNELLE
& EVOLUTIVE

Formation Quantum GIS

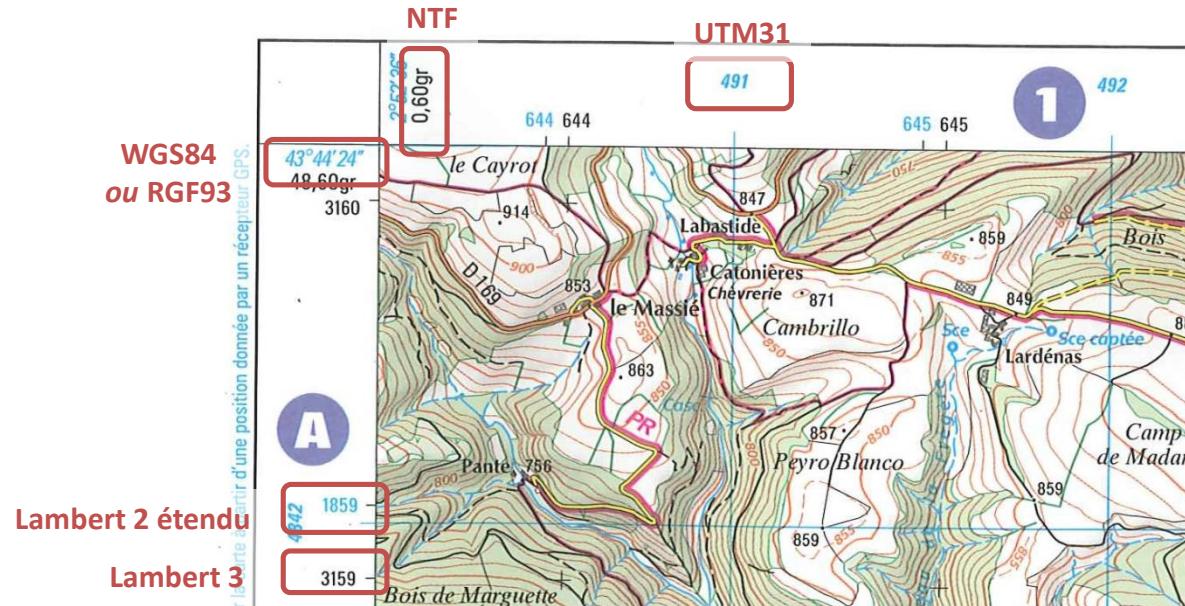
LES SYSTÈMES DE COORDONNÉES : GÉNÉRALITÉS

Introduction (1/3) : des systèmes de coordonnées multiples

- Les coordonnées d'un même lieu peuvent être exprimées dans différents systèmes de coordonnées.
- Suivant la méthode de relevé (GPS, fichier IGN, relevé sur papier) ce même point aura pour coordonnées :
 - N 43°35.849' , E 3°00.922'
en latitude, longitude WGS 84
 - X = 701 240 M , Y = 6 277 600 M
en Lambert 93



Introduction (2/3) : les systèmes de coordonnées sur une carte topographique IGN



Réalisé et édité par l'Institut Géographique National à partir des données numériques du Référentiel à Grande Échelle, actualisé d'après des prises de vues aériennes de 2003 et 2005. Révision de 2006.

Ellipsoïde de Clarke 1880 IGN ; Point fondamental : croix du Panthéon à Paris.

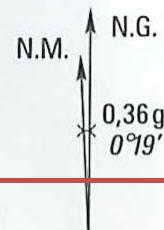
Projection conique conforme de Lambert.

Nivellement général de la France NGF-IGN 69. Origine des altitudes: niveau moyen de la mer observé à Marseille.

Les deux échelles de latitudes et longitudes du cadre et les deux chiffraisons kilométriques correspondent respectivement:

- vers l'intérieur, aux latitudes et longitudes en grades (longitudes référencées au méridien de Paris) rapportées au système géodésique français NTF; les amores sont celles des quadrillages kilométriques lambert III (chiffrées en noir) et lambert zone II étendu (chiffrées en bleu).

- vers l'extérieur, aux latitudes et longitudes en degrés (longitudes référencées au méridien international) rapportées au système géodésique mondial WGS84 ou RGF93; les chiffraisons bleues en italique en regard du quadrillage kilométrique sont des coordonnées Mercator Transverse Universel fuseau 31.



La déclinaison magnétique correspond au centre de la feuille, au 1er janvier 2007. Elle diminue chaque année de 0,14gr (0°8').

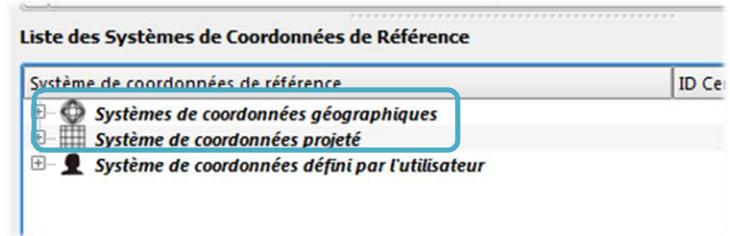
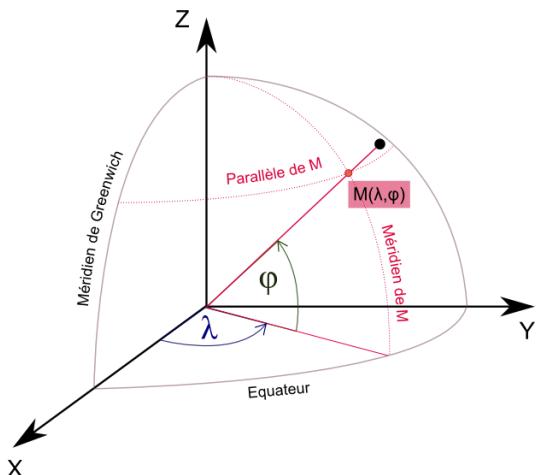
Introduction (3/3)

- Gérer des données avec des SC différents
 - ▶ affichage des données avec des SC différents
 - ▶ faut-il harmoniser les données ?
 - ▶ quand faut-il harmoniser les données ?
- Importance des SC sur les mesures de distance et de surface ?
- Les outils de QGIS sont-ils compatibles avec tous les SC ?



Système de coordonnées géographiques et projétés

- Dans les SIG, on utilise 2 types de SCR (systèmes de coordonnées de référence)
 - Les systèmes de coordonnées géographiques
 - Les coordonnées d'un point sont désignées par sa **longitude** et sa **latitude**.
 - Angles** par rapport à l'équateur et au méridien
 - Unité : degré, grade, radian

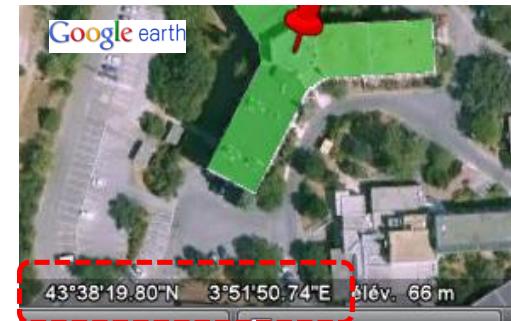
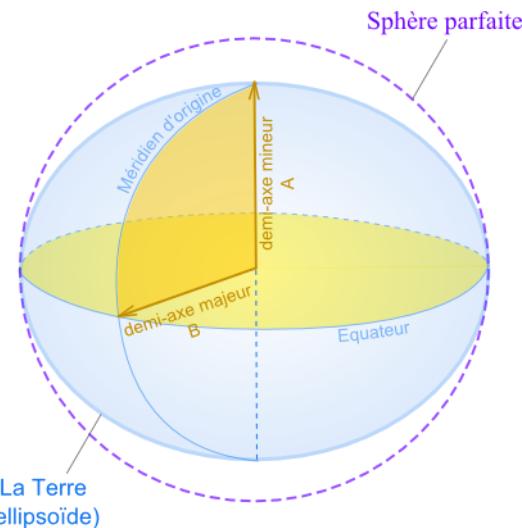


- Les systèmes de coordonnées projetés
 - Distance** par rapport à un point d'origine dans un plan
 - Unité : mètres, pieds, etc.



Système de coordonnées géographiques : mesurer des latitudes et longitudes

- La mesure des latitudes et longitudes dépend du **système géodésique** (=datum) sous-jacent
 - ▶ Choix de l'**ellipsoïde**
 - ▶ **Décalage** de l'ellipsoïde par rapport au **centre** de masse de la terre
 - ▶ Méridien d'origine (Greenwich, Paris)
- WGS84 : le datum le plus utilisé (GPS, Google Earth)



- Basé sur l'**ellipsoïde WGS84**

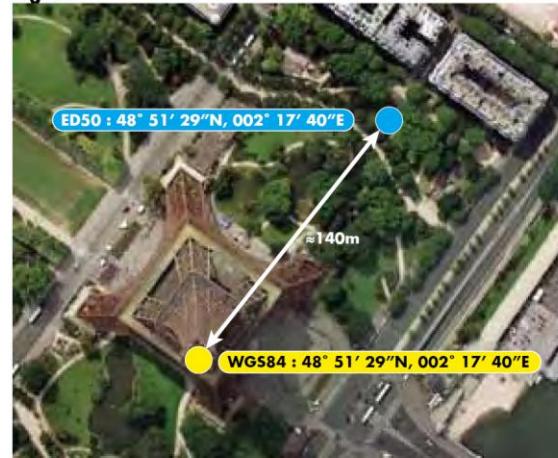


Importance du datum

Latitude and longitude are NOT unique

The illustration opposite (Figure 3) shows the Eiffel Tower in Paris. Note that although the WGS 84 and ED 50 coordinates share the exact same latitude and longitude values ($48^{\circ}51'29''\text{N}$, $2^{\circ}17'40''\text{E}$), they do not represent the same physical point on the earth's surface (the yellow dot representing the correct location). In this example the difference between the two coordinate reference system positions is approximately 140 metres. This demonstrates that latitude and longitude are not unique without the associated CRS being identified.

Figure 3



Source : <https://www.iogp.org/bookstore/product/geodetic-awareness-guidance-note/>

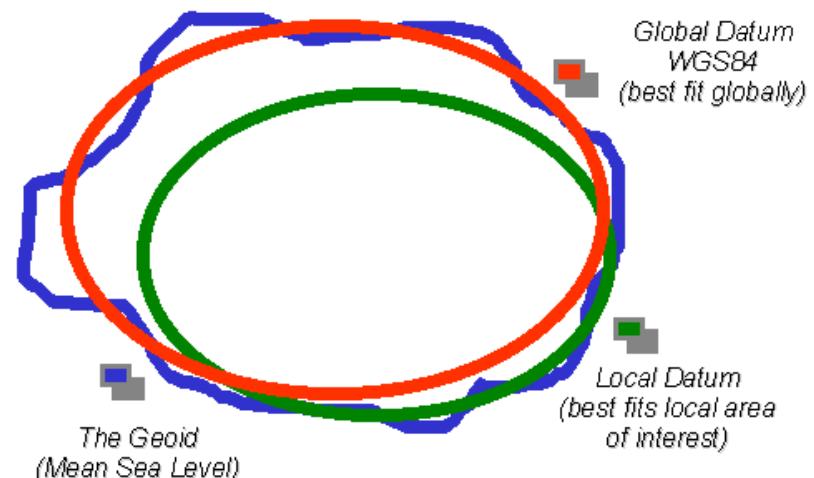
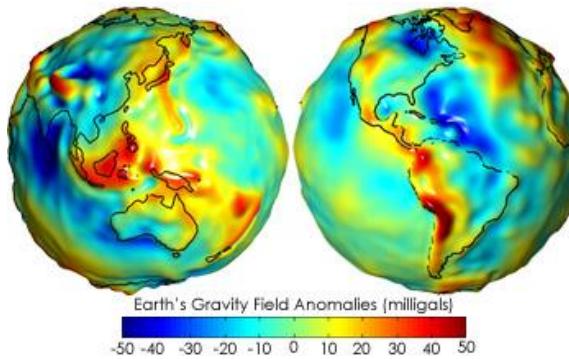
Coordonnées identiques, mais 2 lieux différentes selon le datum :

- **ED50** : utilisé sur les cartes IGN jusqu'à la fin des 1980s
- **WGS84** : aujourd'hui



Ellipsoïde, géoïde

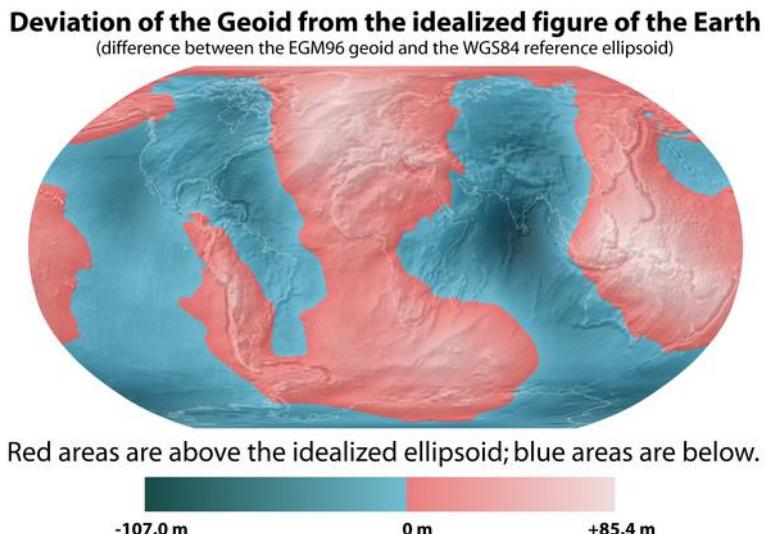
- Pourquoi un ellipsoïde ? La surface terrestre est trop complexe pour servir de référence : un ellipsoïde est une approximation du géoïde
- Le géoïde = altitude 0m.** Il est défini par la gravité ; il n'est pas régulier (anomalies gravité)
- Distinction entre datum **global** (ex: WGS84, avec un ellipsoïde géocentré) et **local** (adapté à un pays en particulier, exemple : NTF pour la France)



Ellipsoïde, géoïde

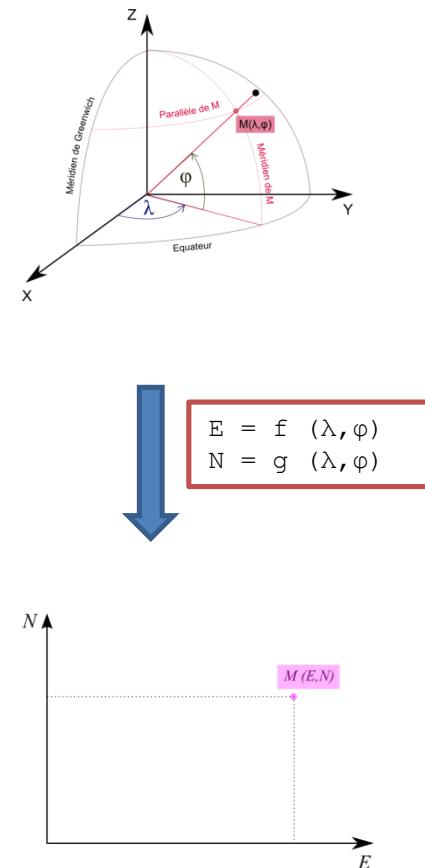
Irrégularité du geoïde :

Par rapport à l'ellipsoïde WGS84, le géoïde (=niveau moyen de la mer) est parfois dessous (bleu), parfois dessus (rouge)



La projection cartographique : transformation d'un SCG en SCP

- Une projection cartographique consiste à passer d'un système de coordonnées géographique (longitude λ , latitude ϕ) à un système de coordonnées projeté (coordonnées planaires E, N)
 - ▶ $E = f(\lambda, \phi)$
 - ▶ $N = g(\lambda, \phi)$
- Une projection cartographique est définie par deux fonctions f et g telles que :
 - ▶ $E = f(\lambda, \phi)$
 - ▶ $N = g(\lambda, \phi)$
- Un système de coordonnées projeté est donc toujours calculé à partir d'un système de coordonnées géographique.
 - ▶ Exemple : le système de coordonnées projeté UTM 31N WGS 84 (unité : mètres) est « dérivé » du système de coordonnées géographique GCS WGS 84

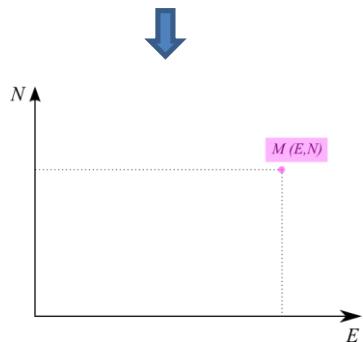
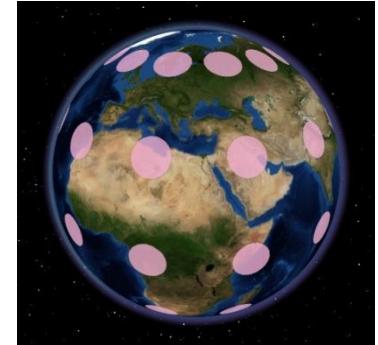
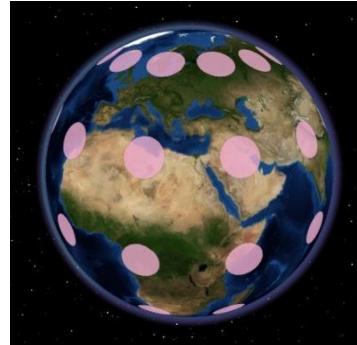
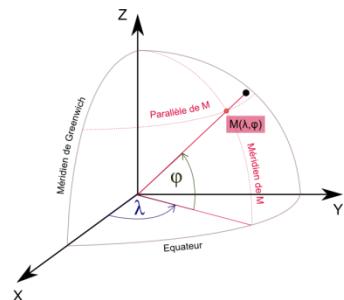


Passage d'un SCG à un SCP

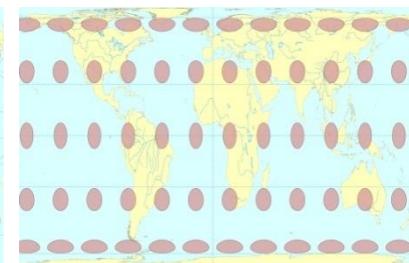
La réalisation de cartes papier requiert de projeter la surface du globe terrestre sur une surface plane (transformation d'un longitude et d'une latitude en coordonnées planaires E,N à l'aide de deux fonctions mathématiques).

La projection de la surface de la terre sur un plan ne peut se faire sans déformation.

Certaines projections permettent de conserver les formes (conformes), d'autres les surfaces (équivalentes = equal area).



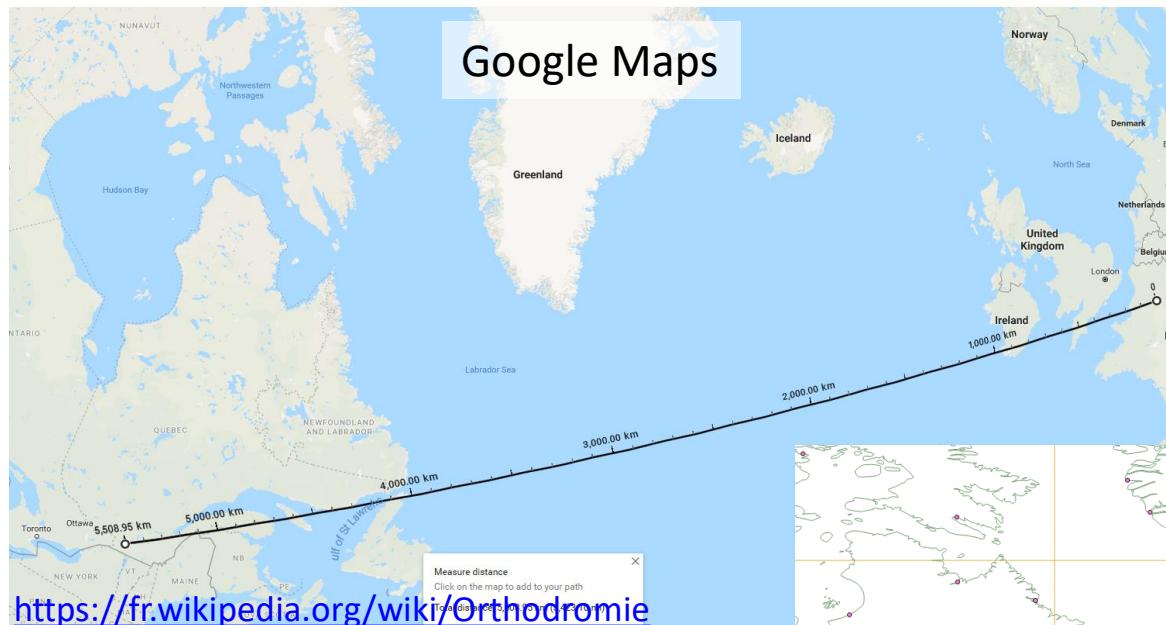
Projection de Mercator



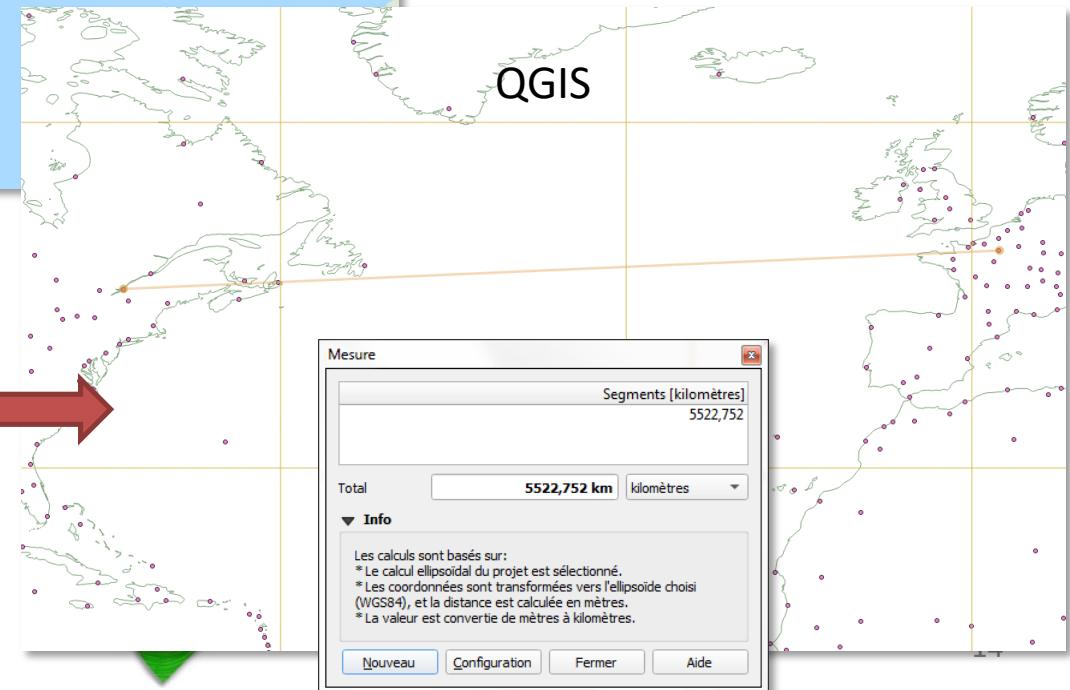
Projection cylindrique
équivalente
(surfaces préservées)



Distance (et surface) ellipsoïdale



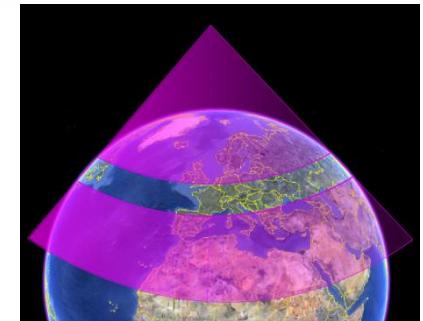
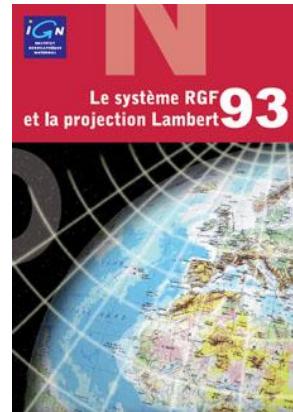
Attention, dans les SIG : différence entre **distance ellipsoïdale** (trajet sur l'ellipsoïde) et **distance projetée** (sur un plan -> distortions liées à la projection)



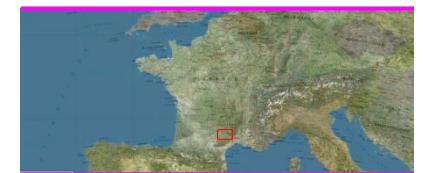
Outil *Mesure* dans QGIS :
distance ellipsoïdale

Utilisation des systèmes de coordonnées projetés : Lambert 93

- Pour la réalisation de cartes topographiques, on utilise des systèmes de coordonnées projetés qui limitent autant que possible les distorsions pour une partie de la surface du globe.
- Pour cartographier la France métropolitaine, le système Lambert 93 est utilisé par l'IGN depuis 2000.

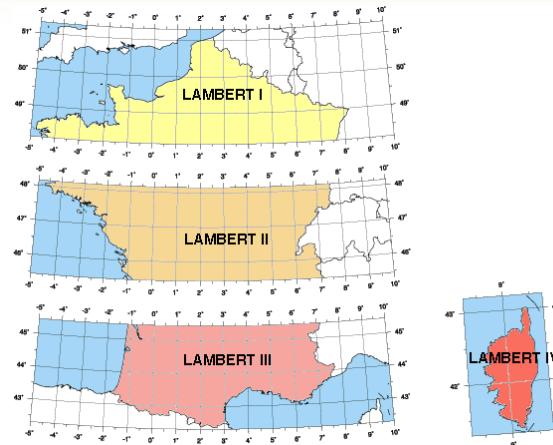


Projection Lambert
(conique sécante)



Utilisation des systèmes de coordonnées projetés : Lambert 1,2,3 et 4

- Les systèmes Lambert zones 1, 2, 3 et 4 sont dépréciés, mais sont encore présents (relevés 1990s et antérieurs).
- La valeur Y comporte parfois un chiffre qui indique la zone concernée au niveau du million.
 - ▶ cette convention est utilisée sur les cartes topographiques de l'IGN
- Le système Lambert 2 est souvent utilisé pour l'ensemble de la métropole.
 - ▶ Les systèmes 'Lambert 2 Etendu' et 'Lambert 2 Carto' sont tout à fait les mêmes !



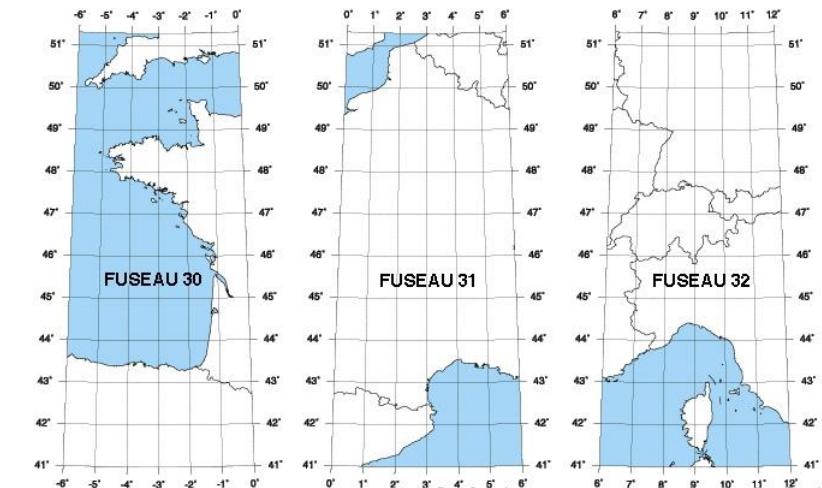
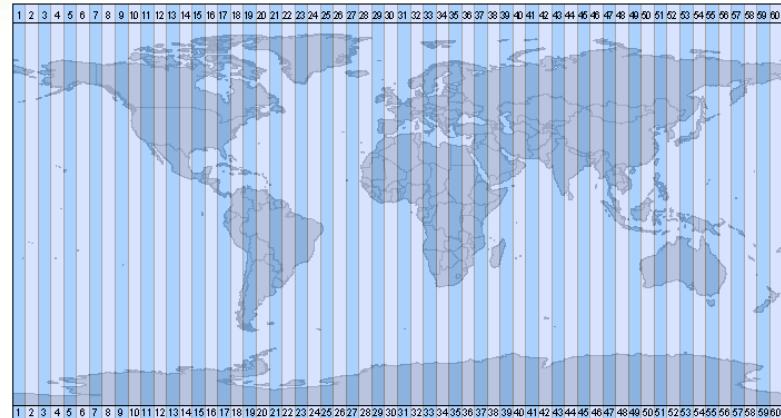
NTF Lambert Zone III :
X=700832 m, Y=168963 m

NTF Lambert III Carto :
X=700832 m, Y=3168963 m



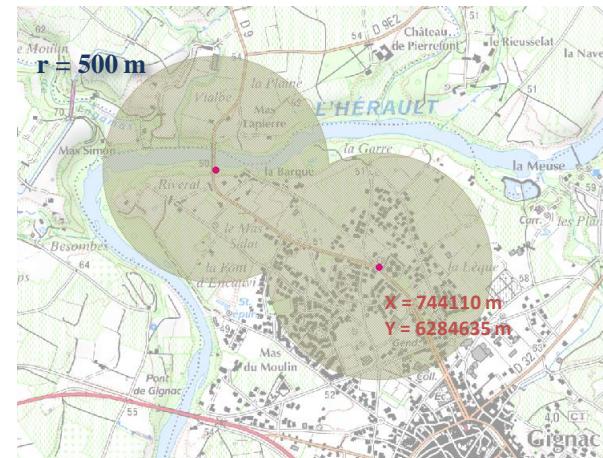
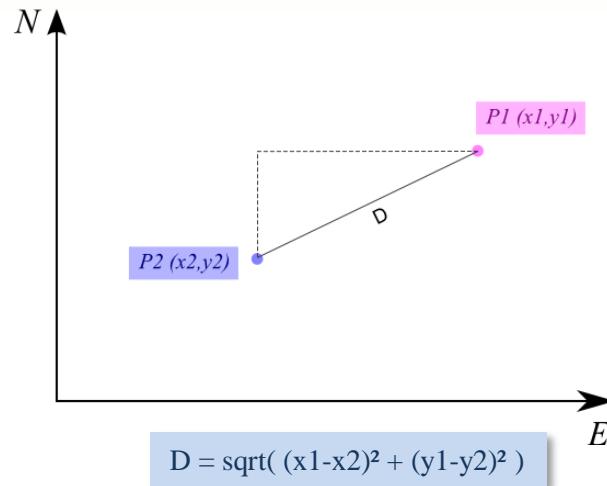
Utilisation des systèmes de coordonnées projetés : UTM

- Avec la projection UTM, un système de coordonnées métrique pour n'importe quelle partie du monde.
 - ▶ Parfois utilisée pour calculer des distances entre des relevés GPS dans un SIG
 - ▶ Utilisé aussi sur les cartes de randonnée IGN pour se repérer sur le terrain
- La projection UTM est composée de 60 fuseaux de 6 degrés, divisés entre l'hémisphère nord et sud : soit 120 zones UTM.
- La France est située sur 3 zones
 - ▶ UTM 30 Nord, (6° E à 0°)
 - ▶ UTM 31 Nord (0° à 6° W)
 - ▶ UTM 32 Nord (6° W à 12° W)



Les mesures de distance dans un SIG

- La plupart des outils SIG basés sur des mesures de distance utilise la distance euclidienne
 - ▶ Pour mesurer la distance entre 2 points, application du théorème de Pythagore
- **Conséquence** : pour pouvoir utiliser ces outils sur des données en latitude/longitude ... il est nécessaire de **convertir ces données** dans un système projeté (métrique)
 - ▶ Exemple : zones tampon, pente

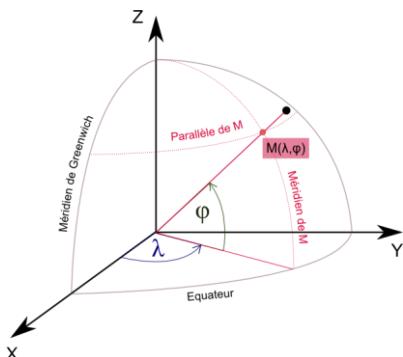


En résumé ...

comparaison des SCG et des SCP

Systèmes de coordonnées géographiques

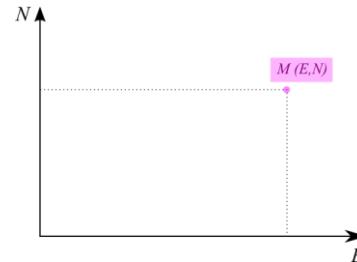
- Unité : degrés
- Utilisés par les GPS et pour les données à portée mondiale
- Limitation pour les mesures des distances



GCS WGS 84

Systèmes de coordonnées projetés

- Unité : mètres
- Utilisés pour les représentations cartographiques nationales et régionales
- Indispensable pour tous les outils SIG reposant sur des mesures de distance



Lambert 93

Lambert 2 étendu

UTM 31 N

Lambert 3 carto





CENTRE D'ECOLOGIE
FONCTIONNELLE
& EVOLUTIVE

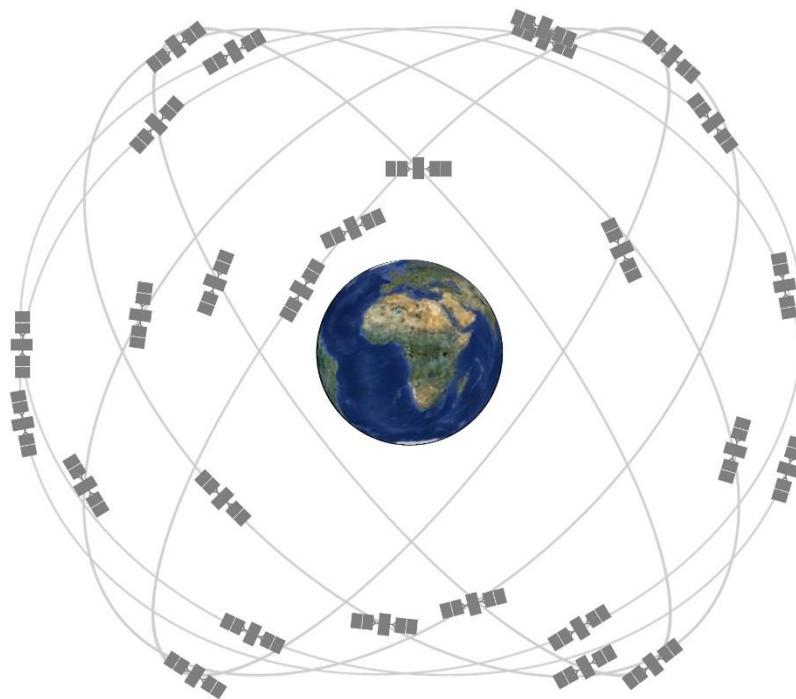
Formation Quantum GIS

EN BREF ACQUISITION DES DONNÉES PAR GPS

Principe de fonctionnement du GPS (1/4)

GPS: 32 satellites défilants (altitude 20 200 km)

Ces constellations permettent à chaque utilisateur d'apercevoir entre **5 et 8 satellites de n'importe quel point du globe.**

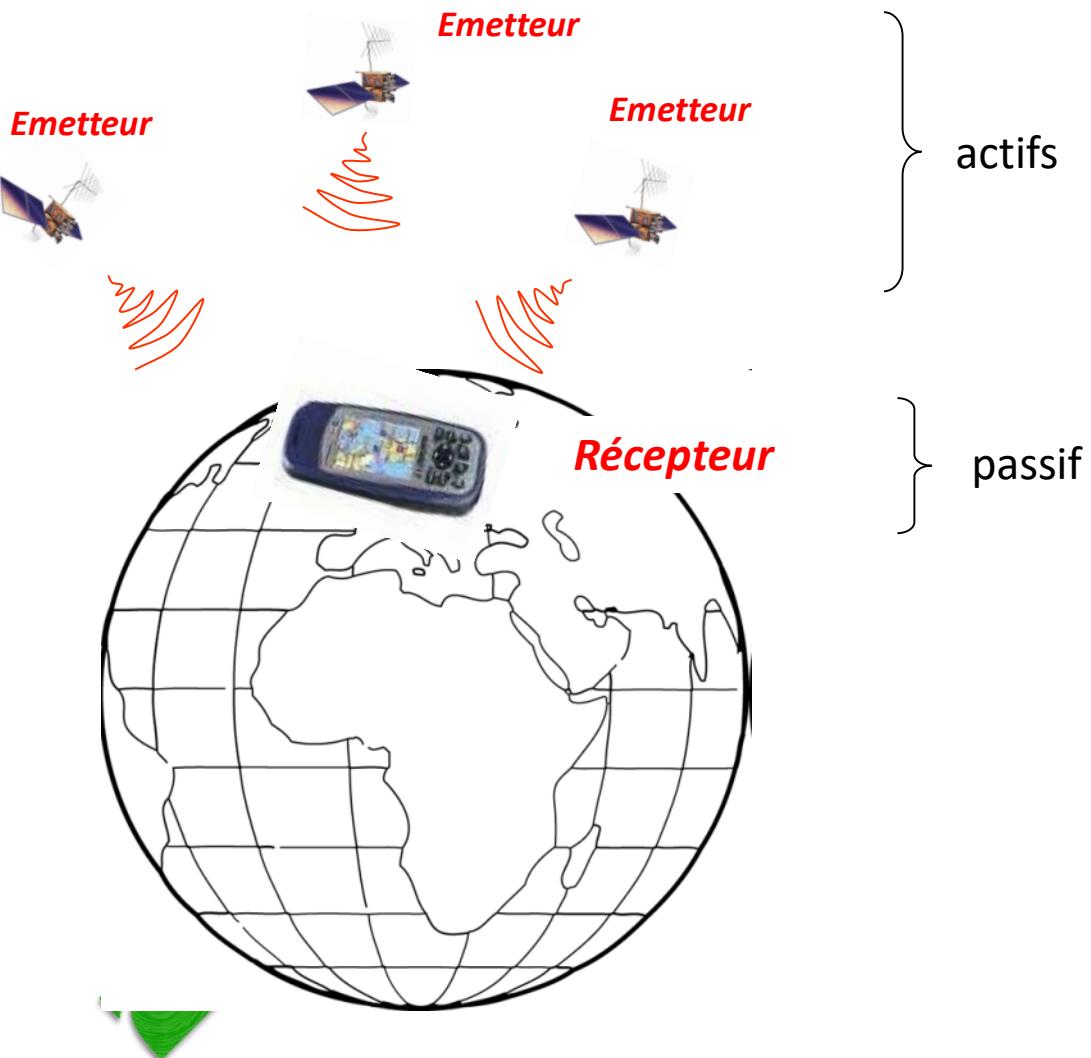


Fonction des récepteurs GPS

Reçoit et lit les signaux radio provenant de plusieurs satellites



Le récepteur est capable **d'identifier**
- **les satellites** qui envoient des
signaux,
- les **instants de temps GPS** auxquels
les signaux ont été envoyés,
- les **positions exactes de ces
satellites** au moment où ces signaux
ont été émis.



Fonction des récepteurs GPS

Principe :

Horloge très précise + positions connues des satellites

Calcul du temps de propagation satellite / récepteur (v lumière 300 000 km/s)

→ Distance par rapport aux satellites

Trilateration pour obtenir la position (X, Y, Z) par rapport au centre de la terre

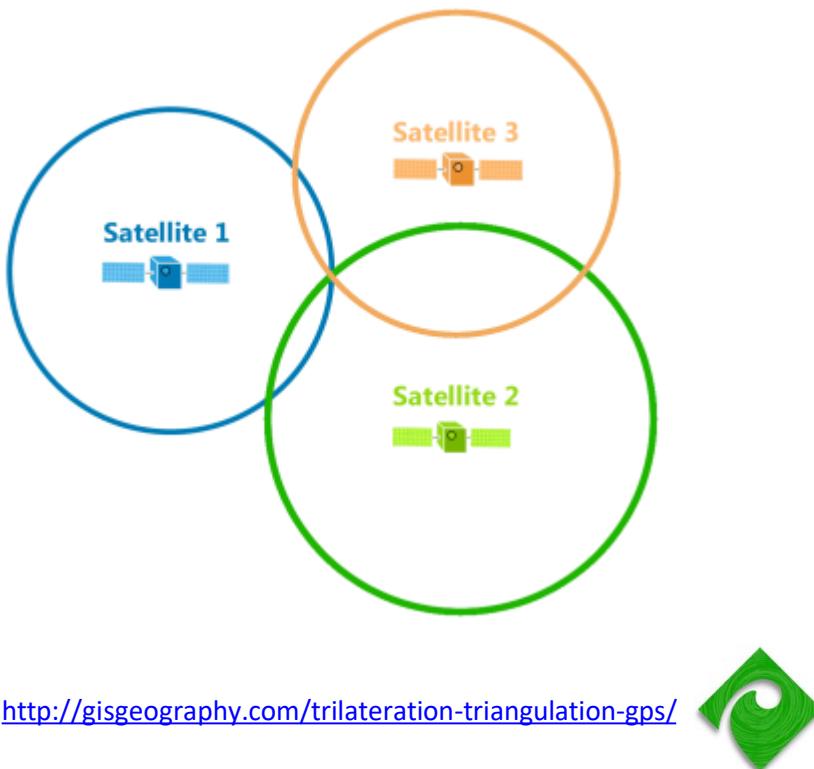
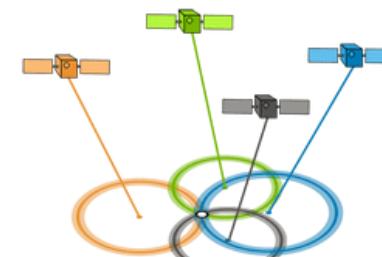


Illustration : <http://gisgeography.com/trilateration-triangulation-gps/>

équation à 4 inconnues (X, Y, Z et T = décalage de l'horloge du récepteur)
→ combiner les informations de 4 satellites minimum.



Passage aux latitudes / longitudes

A partir des **coordonnées cartésiennes géocentriques (X,Y,Z) ...**

(repère lié à la Terre dont le centre est le centre des masses de la Terre et l'axe Z est l'axe de rotation de la Terre)

on munit ce repère d'un **ellipsoïde de référence** (meilleur approximation mathématique de la surface de la Terre) qui permet de définir les coordonnées géographiques, longitude, latitude et hauteur au dessus de l'ellipsoïde (λ , ϕ , h)

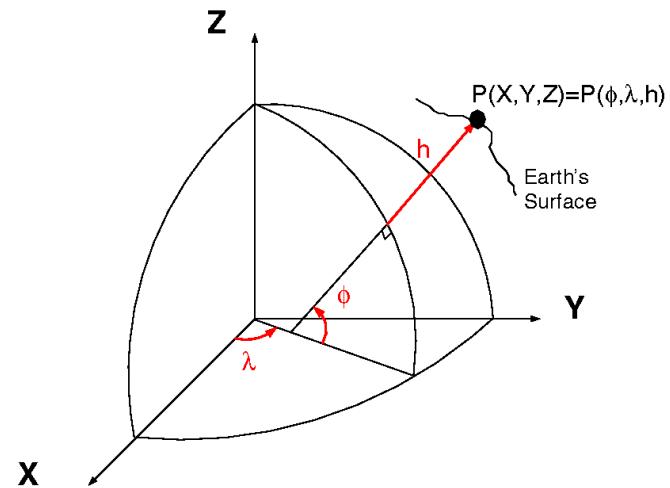
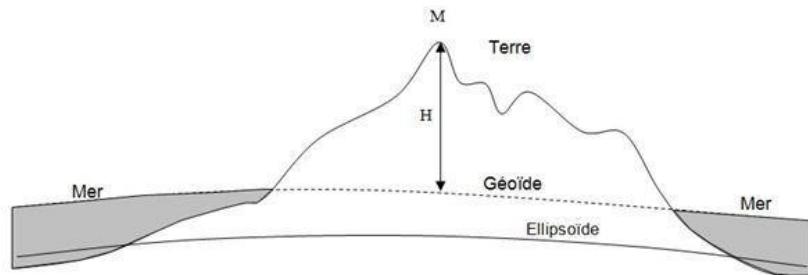


Illustration: <https://www.ngs.noaa.gov/TOOLS/XYZ/xyz.shtml>

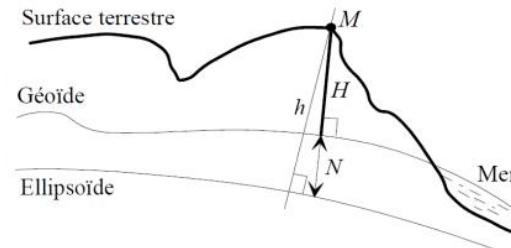
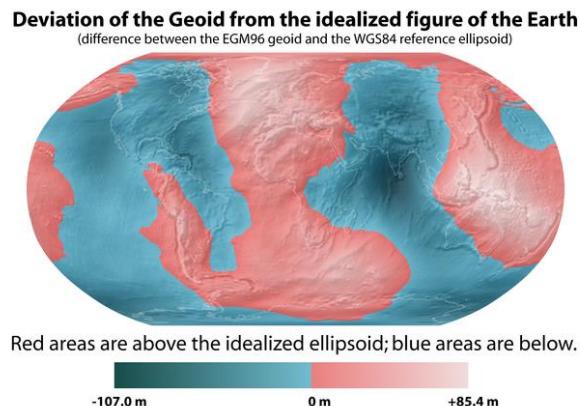


Hauteur ellipsoïdale (h) VS Altitude (H)

- **Geoïde** = altitude 0m = niveau moyen de la mer
- La distance N entre le geoïde et l'ellipsoïde change selon la position sur le globe !



<http://cours-fad-public.ensg.eu/mod/imscp/view.php?id=341>



Au niveau millimétrique, on a: $h \approx H + N$





CENTRE D'ECOLOGIE
FONCTIONNELLE
& EVOLUTIVE

Formation Quantum GIS

LA GESTION DES SYSTÈMES DE COORDONNEES DANS QGIS

Le système de coordonnées du projet : dois-je m'en préoccuper ?



- Cas n°1 : toutes les couches ont le même système de coordonnées
⇒ **je n'ai pas besoin de définir le SCR (système de coordonnées de référence) du projet**



- Cas n°2 : les couches n'ont pas le même système de coordonnées
⇒ **projection à la volée, attention au SCR du projet**



- Le système de coordonnées du projet est celui dans lequel les données seront affichées
 - ▶ Cf. barre de statut



Activer la projection à la volée

Modifier le système de coordonnées du projet

■ SCR du projet

- ▶ Menu *Préférences / Propriétés du projet* et onglet *SCR*
- ▶ ou par la barre de statut / bouton *Statut de la projection*

■ Habituellement, les systèmes de coordonnées sont identifiés par leur **code EPSG**

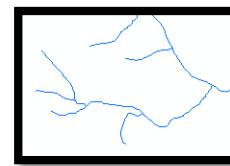
Dénomination	EPSG
RGF 93 / Lambert-93	2154
WGS 84	4326
NTF (Paris) / Lambert Sud France	27563
NTF (Paris) / Lambert zone II (= Lambert 2 étendu)	27572
WGS 84 / UTM zone 31N	32361



Définition WKT et PROJ4

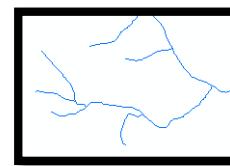
Les systèmes de coordonnées des couches

- Chaque couche **doit avoir** un système de coordonnées
 - ▶ Clic-droit / *Propriétés* > Onglet *Général*
- Si le système de coordonnées est **consigné dans un fichier .prj ou .qpj :**
 - ▶ Alors il est automatiquement reconnu par QGIS
- Si le système de coordonnées n'est pas précisé :
 - ▶ Alors QGIS le demandera à l'ouverture des données



Couche : TRONCON_COURS_EAU
Système coord. : RGF/Lambert 93
Unités : mètres

Nom	Type	Date de modif...	Taille
TRONCON_COURS_EAU.DBF	Fichier DBF	08/06/2010 16:18	7 395 Ko
TRONCON_COURS_EAU.PRJ	Fichier PRJ	08/06/2010 16:18	1 Ko
TRONCON_COURS_EAU.SHP	ESRI shapefile	08/06/2010 16:18	26 254 Ko
TRONCON_COURS_EAU.SHX	Fichier SHX	08/06/2010 16:18	385 Ko



Couche : TRONCON_COURS_EAU
Système coord. : inconnu
Unités : inconnues

Nom	Type	Date de modif...	Taille
TRONCON_COURS_EAU.DBF	Fichier DBF	08/06/2010 16:18	7 395 Ko
TRONCON_COURS_EAU.SHP	ESRI shapefile	08/06/2010 16:18	26 254 Ko
TRONCON_COURS_EAU.SHX	Fichier SHX	08/06/2010 16:18	385 Ko

QGIS va demander à l'utilisateur quel est le système de TRONCON_COURS_EAU

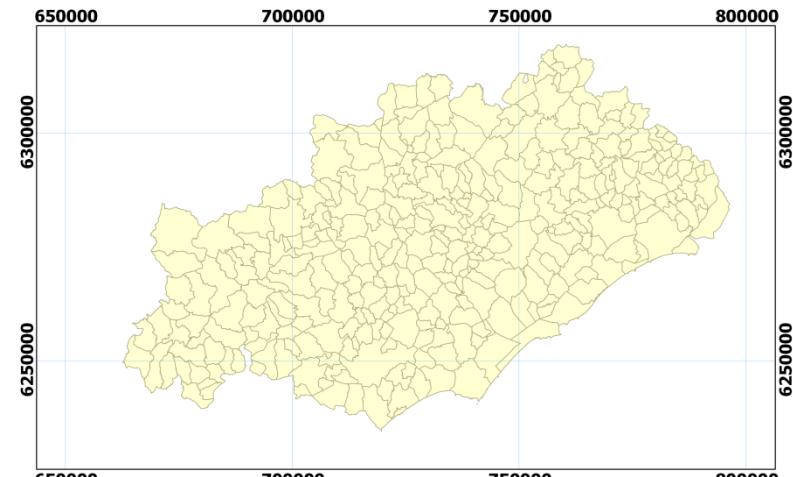


Le mécanisme de projection à la volée dans Quantum GIS

- Comment superposer des couches basées sur des systèmes de coordonnées différents ?
- Grâce au mécanisme de **projection à la volée**, il est possible de convertir dynamiquement les coordonnées d'une couche **pour les besoins de l'affichage**
 - Exemple : tracer les points d'une couche 'antennes' WGS 84 sur une couche COMMUNES en Lambert 93

éro des	Longitude	Latitude	Commune	Nature du support	Hauteur en m	Propriétaire
972	2,82778	43,47806	RIOLS	Pylône autostable		18 France Telecon
972	2,77917	43,57444	FRAISSE-SUR-AGOUT	Pylône autostable		15 France Telecon
972	2,70306	43,60056	LA SALVETAT-SUR-AGOUT	Mât métallique		7 France Telecon
973	3,15222	43,61139	BEDARIEUX	Pylône autostable		21 France Telecon
973	3,54667	43,65944	GIGNAC	Pylône autostable		21 France Telecon
975	3,05333	43,45028	CESSENON-SUR-ORB	Pylône autostable		15 France Telecon

[Cartoradio34.csv : WGS 84 \(EPSG 4326\)](#)



[COMMUNES.shp : RGF 93 Lambert 93 \(EPSG 2154\)](#)

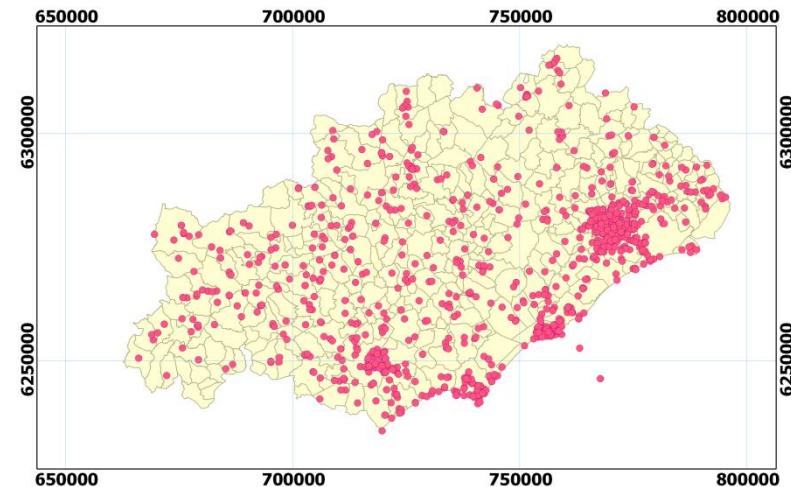


Le mécanisme de projection à la volée dans QGIS (exemple)

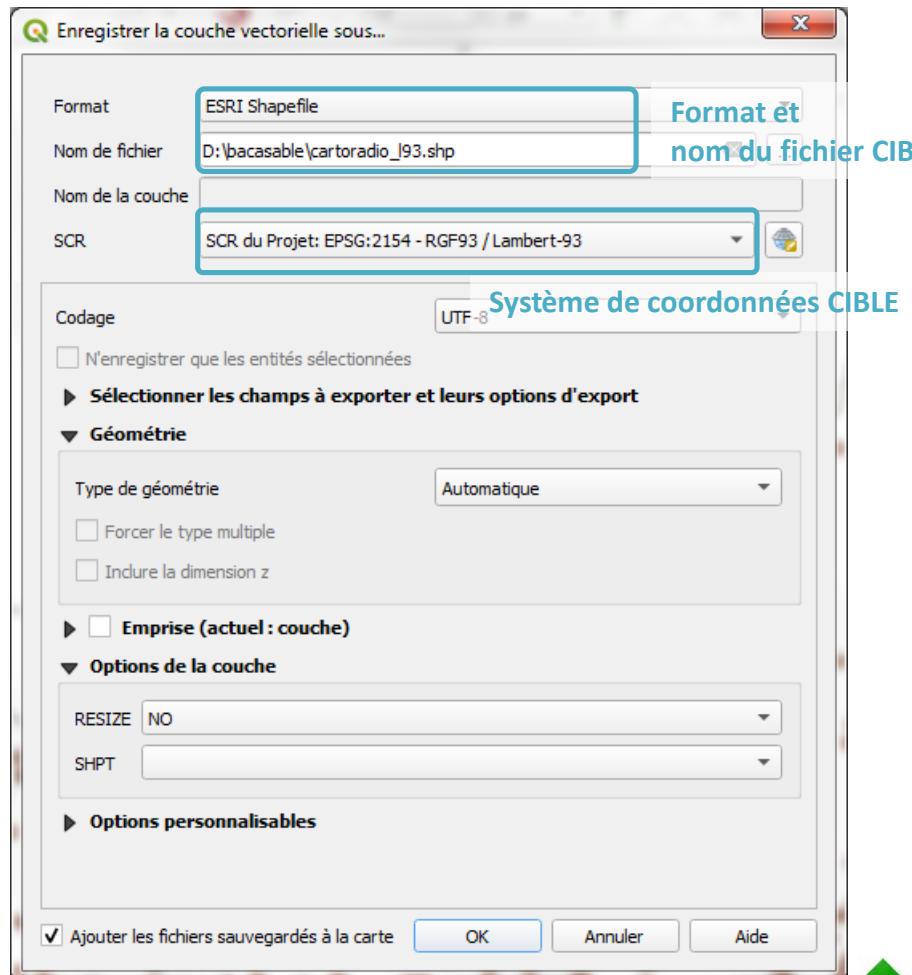
- On décide que les données du projet seront affichées en Lambert 93
 - Propriétés du projet / SCR > Activer projection à la volée
 - Propriétés du projet / SCR > Choix du Lambert 93 (EPSG 2154)



- Les données de cartoradio34 sont projetées automatiquement en Lambert 93 pour l'affichage
 - Les données d'origine ne sont pas modifiées



Convertir une couche d'un système de coordonnées à un autre



- Démarche : à partir d'un **fichier SOURCE** dans un système donné, création d'un **nouveau fichier CIBLE dans un autre système**
- Menu *Couche / Sauvegarder sous* (ou **clic-droit + Exporter / Sauvegarder les entités sous ...**)
- Parfois nécessaire pour l'utilisation de certains outils SIG :
 - ▶ convertir les données dans un système métrique pour les calculs de distance
 - ▶ homogénéiser les données pour intersecter des couches

Remarque : le système de coordonnées SOURCE est censé être connu par QGIS (dans cet exemple, WGS84)



Reprojeter un jeu de données, est-ce altérer les données ?

- Convertir un jeu de données vectoriel dans un autre système modifie (+ ou -) la géométrie mais pas les attributs
- Convertir un jeu de données raster dans un autre système** modifie la géométrie mais aussi les valeurs. Cette opération requiert beaucoup de précautions.
 - En effet, le passage vers une nouveau système de coordonnées entraîne un rééchantillonnage !

