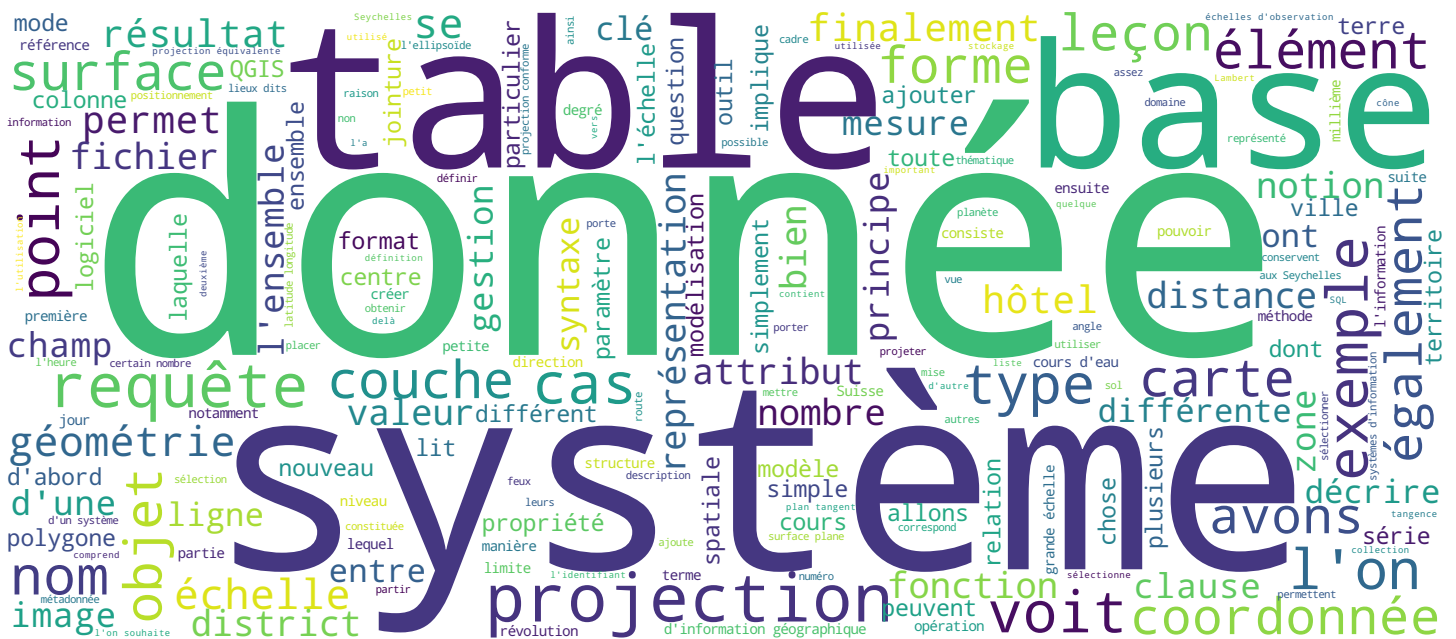


## Coordonnées et systèmes de projection

# Introduction aux systèmes d'information géographique

Stéphane Joost, Marc Soutter, Fernand Kouamé, Amadou Sall



## Search MOOC



## Video



# Coordonnées et systèmes de projection

## Objectifs de la leçon

- Décrire les principes de transposition des entités spatiales modélisées de l'espace géographique à sa représentation cartographique

## Après cette leçon vous serez capables

- De décrire et d'utiliser les notions d'échelles d'observation et de représentation, de systèmes de coordonnées et de systèmes de projection

Introduction aux systèmes d'information géographique

Bienvenue à ce cours qui va porter sur les coordonnées géographiques et les systèmes de projection. Les coordonnées géographiques permettent de situer les objets à la surface de la terre. Les systèmes de projection permettent de projeter les objets sur une surface plate. Dans la première leçon, nous avons abordé la question de la modélisation du territoire et nous avons vu que celle-ci implique, du moins en mode objet, d'identifier et de décrire les éléments qui composent le modèle. Nous allons à présent voir comment décrire la géométrie de ces éléments et comment cette géométrie peut-être transposée dans une représentation cartographique. Cette seconde leçon va donc porter sur la métrique de description des éléments du territoire donc sur les questions d'échelle, de systèmes de coordonnées et de systèmes de projection. L'objectif de cette leçon est d'exposer les principes de cette transposition de l'espace géographique à la représentation cartographique. Au terme de la leçon, vous serez en mesure de décrire et d'utiliser ces notions d'échelles de coordonnées et de projection.

Notes

Summary



0m 24s

# Echelles d'observation et de représentation

## Echelle de représentation

- Rapport entre la distance mesurée sur la carte ou à l'écran et la distance réelle.
- Choix dicté par des contraintes techniques, graphiques ou physiologiques



1:10'000

1 cm = 10'000 cm = 100 m



1:50'000

1 cm = 50'000 cm = 500 m

1:100'000

1 cm = 100'000 cm = 1000 m



Dans cette leçon, nous aborderons donc successivement les notions d'échelles d'observation et de représentation, les notions de coordonnées et de positionnement, les principes des systèmes de projection et finalement les codes EPSG. L'échelle de représentation est le rapport entre la distance mesurée sur la carte ou à l'écran et la distance réelle. Ainsi par exemple, à l'échelle de 10 millièmes 1 cm sur la carte représente 100 m sur le terrain, alors qu'à l'échelle de 50'000, ce centimètre représente 500 m et à l'échelle de 100'000 il représentera 1'000 m. Le choix de l'échelle est dicté par des contraintes techniques, par des contraintes graphiques voire par des contraintes physiologiques, ce que l'œil humain est capable de percevoir.

Notes

Summary



1m 37s



# Echelles d'observation et de représentation

Le degré de généralisation dépend de

- la résolution spatiale du phénomène observé



Introduction aux systèmes d'information géographique

Quels objets représenter et avec quelle précision ? Au-delà des aspects thématiques, ces deux questions fondamentales de la modélisation du territoire renvoient aux questions des échelles d'observation et de représentation, autrement dit au degré de schématisation du réel qu'implique la modélisation du territoire. Comme on l'a déjà vu dans la première leçon le degré de généralisation dépend de la résolution spatiale du phénomène observé. Ainsi par exemple, les constructions sont idéalement représentées par leurs emprises au sol mais elles peuvent également être représentées par des points qui seraient les centres de gravité de ces polygones ou par des polygones arbitraires qui n'ont pas beaucoup de signification à grande échelle mais qui prennent tout leur sens à des échelles plus petites. Dans cet autre exemple, on voit que le tracé d'un cours d'eau peut être décrit avec une grande précision à grande échelle mais qu'à des échelles plus petites, cette précision devient superflue et qu'il est préférable de simplifier la géométrie pour une représentation plus accessible.

Notes

Summary



2m 33s

# Echelles d'observation et de représentation

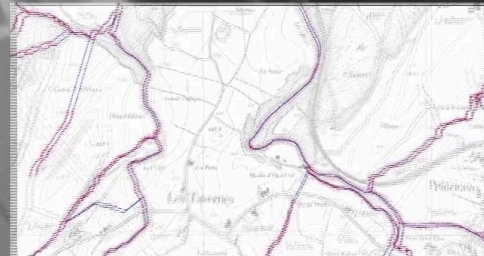
Le degré de généralisation dépend de

- la résolution spatiale du phénomène observé
- la richesse thématique recherchée

In fine

- Choix dicté par la finalité de la modélisation
- Coexistence d'échelles différentes

Numérisation de cours d'eau (1:5'000)



Introduction aux systèmes d'information géographique

Le degré de généralisation dépend également de la richesse en détails thématiques recherchée, comme le montre cet exemple du réseau routier dont les composants essentiels sont représentés en priorité mais pour lequel on voit qu'à plus grande échelle il y a toute une série d'éléments plus détaillés qui peuvent-être pris en considération. Au final, le choix est dicté par la finalité de la modélisation. Ainsi, par exemple, si le client est une agence qui s'occupe de la gestion d'un réseau autoroutier, les chemins de dessertes communaux n'auront aucun intérêt. En conséquence, on peut avoir des situations qui voient la coexistence d'échelles différentes. C'est le cas par exemple des cours d'eau et des bassins versants avec des cours d'eau qui peuvent-être décrits ou représentés à une très grande échelle au 10 millième pour un maximum de précision et des bassins versants topographiques qui sont par nature beaucoup plus difficiles à cerner et que l'on va peut-être décrire à l'échelle de 25 millième.

Notes

Summary

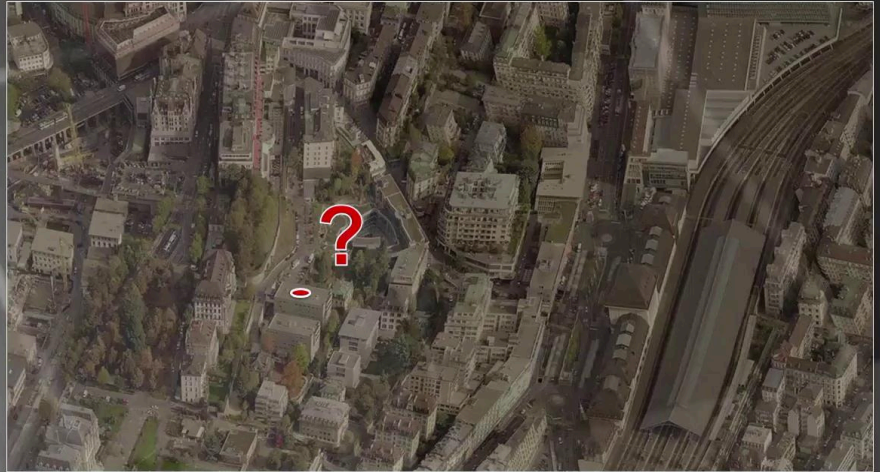


3m 34s

# Coordonnées et positionnement

## Localisation

### ● Position et voisinage



Introduction aux systèmes d'information géographique

Les échelles d'observation et de représentation sont étroitement liées car la carte est à la fois source d'information sur les éléments spatiaux et vecteur de représentation. L'échelle de représentation devrait ainsi correspondre grosso modo, au seuil à partir duquel un objet ne devient plus discernable ce qui correspond à un carré d'environ 1 mm de côté. Dans cet exemple, nous avons dessiné 4 carrés de 10, 25, 50 et 100 m de côté à l'échelle du millièmètre. La taille de représentation de ces objets diminue lorsque l'échelle se réduit, d'abord au 2'500 ème puis au 5 millièmètre. Dès le 10 millièmètre, le carré de 10 m atteint sa limite de perception et à l'étage suivant, on ne le voit plus et c'est le carré de 25 m qui est à la limite et ainsi de suite. On peut donc se baser sur des règles empiriques qui diraient par exemple que pour des objets d'une taille moyenne d'une dizaine de mètre, il ne faudrait pas une échelle de représentation inférieure aux 10 millièmètres. La localisation d'un objet dans l'espace s'appuie sur les notions de position et de voisinage, donc son emplacement dans l'espace d'une part et sa relation à d'autres objets d'autre part.

Notes

Summary

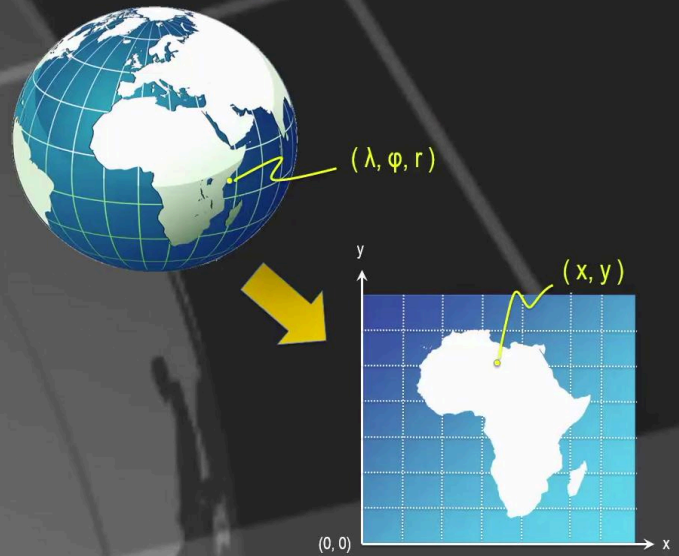


4m 31s

# Coordonnées et positionnement

## Localisation

- Position et voisinage
- Positionnement sur la surface terrestre: système de référence et métrique
  - ➡ Système euclidien basé sur l'hypothèse d'un espace plan, continu et d'une métrique constante, défini par un système d'axes perpendiculaires entre eux.
- Rotondité de la terre
  - ➡ projection géométrique sur une surface plane



Introduction aux systèmes d'information géographique

Les notions de voisinage du type "l'épicerie se trouve près de l'église" sont très opérantes dans la vie de tous les jours mais ne fournissent pas un cadre de description qui convient aux objets complexes tels que ceux exploités dans les systèmes d'information géographique. Il faut pour ceci une méthode de positionnement sur la surface terrestre qui implique un système de référence et une métrique, deux conditions vérifiées par un système euclidien. Système qui est basé sur l'hypothèse d'un espace plan continu et d'une métrique constante définis par un système d'axes perpendiculaires entre eux. La surface de la terre est courbe, et il est souhaitable, pour des raisons évidentes de commodités, de la représenter sur une surface plane.

Notes

Summary



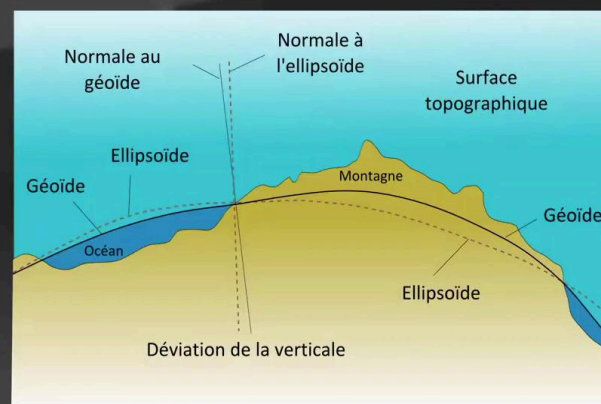
5m 48s



# Systemes de projection

## Le géoïde

- Surface sphérique irrégulière que constitue le globe terrestre
- Surface équipotentielle en gravité, avec des variations locales par rapport à un ellipsoïde de révolution, renflements au niveau des zones montagneuses, dépressions au niveau des océans



Introduction aux systèmes d'information géographique

Cela implique une projection géométrique pour passer d'un système de positionnement sphérique à 3 coordonnées, à un système de positionnement plan à 2 coordonnées. Les systèmes de projection permettent d'établir une relation ponctuelle univoque entre la surface de la terre et sa représentation plane. D'un point de vue géométrique, la terre constitue un objet tri-dimensionnel sphérique irrégulier appelé "géoïde". Il s'agit d'une surface équipotentielle en gravité ajustée sur un niveau moyen de la surface de la mer qui présente des renflements au niveau des continents et des dépressions au niveau des océans. Ces variations gravimétriques expliquent que la forme terrestre s'écarte localement d'un ellipsoïde de révolution régulier.

Notes

Summary



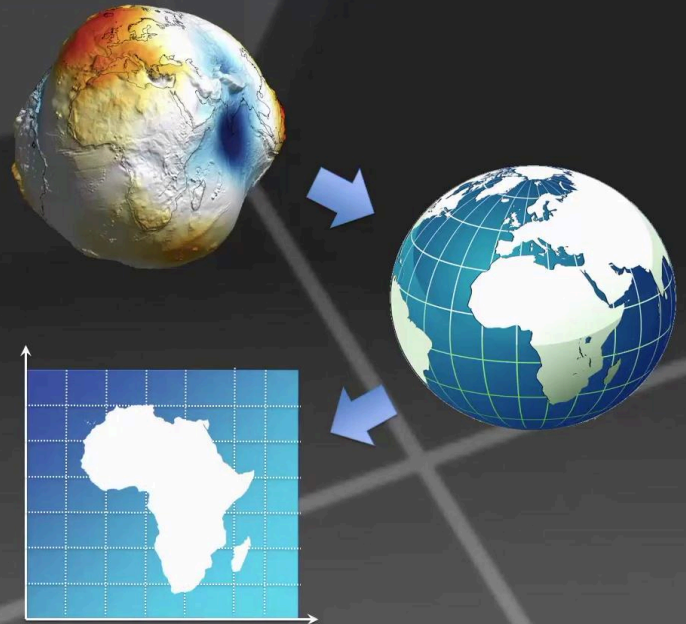
6m 27s



# Systèmes de projection

La projection de la surface terrestre sur une surface plane s'effectue en deux étapes

- Approximation du géoïde par un ellipsoïde de révolution
- Projection de l'ellipsoïde de révolution sur une surface plane



Introduction aux systèmes d'information géographique

La projection des coordonnées d'un objet situé sur la surface du globe vers des coordonnées planes s'effectue en 2 étapes : Tout d'abord, approximation du géoïde par un ellipsoïde de révolution. Puis dans un second temps, projection des coordonnées sur cet ellipsoïde vers une surface plane.

Notes

Summary



7m 15s

# Systèmes de projection

De coordonnées sphériques aux coordonnées euclidiennes

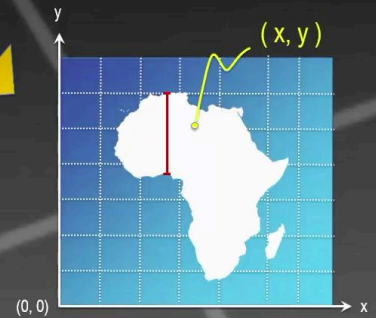
- Conservation des **directions**  
➡ Projections **conformes**
- Conservation des **surfaces**  
➡ Projections **équivalentes**
- Conservation des **distances**  
➡ Projections **équidistantes**



Sphérique  
 $\lambda$  latitude  
 $\phi$  longitude  
 $r$  distance au centre de la terre

$(\lambda, \phi, r)$

Euclidien  
 $x$  coordonnée est  
 $y$  coordonnée nord



Introduction aux systèmes d'information géographique

L'approximation du géoïde par un ellipsoïde de révolution peut se faire globalement pour l'ensemble de la planète, c'est le principe du World Geodetic System dont la dernière version remonte à 1984, raison pour laquelle on se réfère à cet ellipsoïde sous le nom de WGS84. Cet ajustement peut se faire également localement pour obtenir une meilleure précision sur une zone d'intérêt particulier, ce qui est le cas par exemple de l'ellipsoïde de Bessel utilisé en Suisse. Comme on l'a vu le passage d'un ellipsoïde de révolution à une surface plane implique de passer d'un système de 3 coordonnées sphériques - latitude, longitude et distance au centre - à un système de 2 coordonnées euclidiennes - la coordonnée est et la coordonnée nord. Les lois de géométrie sphérique et euclidienne montrent que cette opération ne peut se réaliser sans perte d'informations. Si bien que l'on trouve 3 types de systèmes de projection qui privilégient la conservation d'une propriété au détriment des autres. Ces propriétés sont l'orientation ou la direction, la surface et la distance. Les projections qui conservent les directions ou les angles sont des projections dites conformes, les projections qui conservent les surfaces sont des projections dites équivalentes et les projections qui conservent les distances sont des projections dites équidistantes.

Notes

Summary



7m 30s

# Systèmes de projection

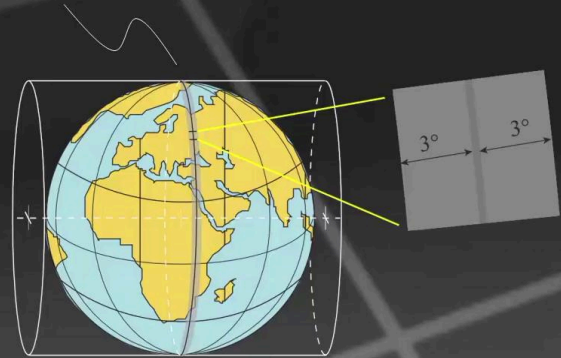
## 3 grandes familles

### ● Projections cylindriques

➔ Mercator (conforme)

➔ UTM (conforme)

Méridien de tangence et zone cartographiable



Introduction aux systèmes d'information géographique

Au-delà de ces propriétés, les systèmes de projection se subdivisent en 3 grandes familles auxquelles s'ajoute un certain nombre de systèmes de projection plus ou moins exotiques. La première de ces grandes familles est constituée par les projections cylindriques. Elle consiste à placer le globe terrestre à l'intérieur d'un cylindre généralement tangent, même si celui qui est représenté ici ne l'est pas, puis à projeter les points de la surface du globe sur les parois du cylindre, à découper le cylindre et à le déplier pour obtenir la carte. La forme la plus courante de projection cylindrique est la projection de Mercator qui est une projection conforme qui conserve donc les angles et les directions. Comme on le voit sur cette illustration, cette projection présente une zone de 3 degrés de part et d'autre du grand cercle de tangence où les autres propriétés, la surface et la distance, sont suffisamment peu altérées pour que la cartographie soit fiable. La projection UTM est très largement utilisée avec des déclinaisons des paramètres donc qui dépendent de la longitude du lieu. Ainsi par exemple, on utilise UTM28 au Sénégal ou bien UTM40 aux Seychelles.

Notes

Summary

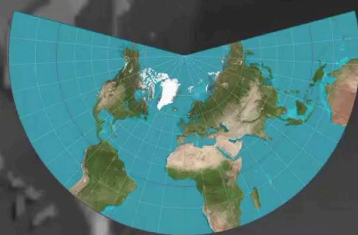


8m 51s

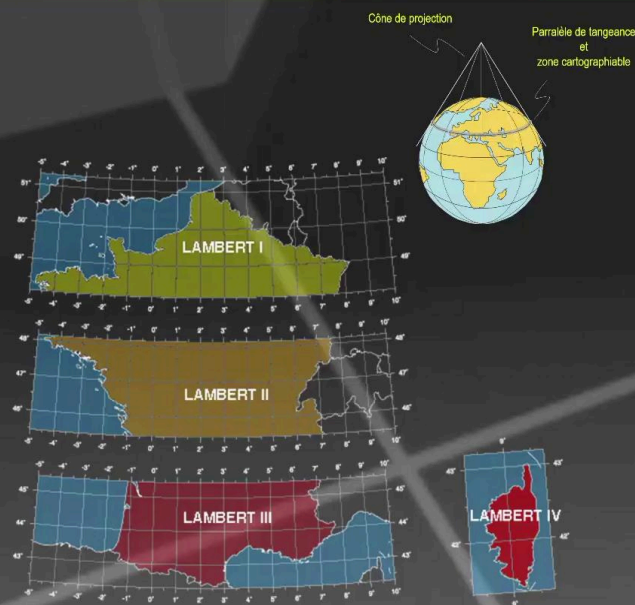
# Systèmes de projection

## 3 grandes familles

- Projections cylindriques
- Projections coniques
  - ➔ Conforme de Lambert



Conforme de Lambert



Introduction aux systèmes d'information géographique

Parmi les autres projections cylindriques on peut relever la projection de Gall-Peters qui est une projection équivalente qui préserve donc les surfaces et qui donne une vision un peu différente de la planète que celle à laquelle on est habitué. Il existe également une projection cylindrique équidistante illustrée ici. La seconde grande famille de projection est constituée par les projections coniques. Elle consiste à placer un cône sur le globe terrestre puis à projeter les points de la surface du globe sur le cône, à découper le cône et à le déplier pour obtenir la carte. La forme la plus courante de projection conique est la projection conforme de Lambert qui est donc également une projection qui conserve les directions ou les angles. Cette projection possède également un parallèle de tangence qui définit une zone cartographiable où les surfaces et les distances sont peu altérées par la projection. Cette projection conforme de Lambert est utilisée par nos amis Français avec 4 parallèles de tangence pour couvrir l'ensemble du territoire.

Notes

Summary



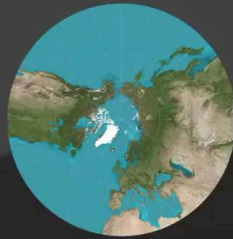
10m 02s



# Systèmes de projection

## 3 grandes familles de projections

- Cylindriques
- Coniques
- Azimutales
  - ➔ Gnomonique
  - ➔ Stéréographique
  - ➔ Orthographique
  - ➔ Azimutale équivalente de Lambert
  - ➔ ...



Gnomonique (au centre de la terre)



Stéréographique (au pôle)



Orthographique (à l'infini)



Azimutale équivalente de Lambert

Introduction aux systèmes d'information géographique

Parmi les autres projections coniques citons la projection d'Albers qui est une projection équivalente et la projection conique équidistante. La troisième et dernière grande famille de systèmes de projection est constituée par des projections azimutales. Le principe de la projection azimutale consiste à placer un plan tangent en un point de l'ellipsoïde de révolution puis à projeter les points de la surface de l'ellipsoïde sur ce plan tangent qui devient au final la carte. Les différents types de projections azimutales se distinguent par la position du centre de projection qui peut être au centre de la terre pour les projections gnomoniques, aux pôles pour les projections stéréographiques, placé à l'infini pour les projections orthographiques qui sont donc des projections où chaque point est projeté orthogonalement sur le plan tangent. Il existe également une forme de projection équivalente : la projection azimutale équivalente de Lambert.

Notes

Summary



11m 06s

# Code EPSG

## European Petroleum Survey Group

- Organisation scientifique de géodésie, mensuration et cartographie liée à l'exploration pétrolière
- Compile et diffuse une base de données des systèmes de projection
- Code EPSG permet de caractériser les systèmes de projection
- Pas le seul, mais le plus courant

<http://spatialreference.org>

Introduction aux systèmes d'information géographique

Ces différentes références légales de positionnement ont été numérotées, elles sont donc caractérisées par un code, le code EPSG. Les très nombreux systèmes de projection utilisés de par le monde ont à un certain moment fait l'objet d'un recensement par une organisation de géodésie, de mensuration et de cartographie liée à l'exploration pétrolière : l'European Petroleum Survey Group, EPSG en abrégé. Cette base de données même si elle n'est pas la seule du genre est devenue une référence de fait. C'est ainsi que le système de coordonnées en latitude longitude pour l'ellipsoïde de référence WGS84 porte le code EPSG 4326. Le système de coordonnées Web Mercator utilisé par les globes virtuels, par exemple Google maps, etc. porte le numéro 3857, la projection utilisée en Suisse, le 21781, et la projection UTM 40 Sud utilisée aux Seychelles le numéro 32740.

Notes

Summary



12m 08s

CH1903 / LV03: EPSG Projection... x +

spatialreference.org/ref/epsg/21781/

Spatial Reference epsg projection 21781 - ch1903 / lv03

Home | Upload Your Own | List user-contributed references | List all references

Previous: EPSG:21780: Bern 1898 (Bern) / LV03C | Next: EPSG:21782: CH1903 / LV03C-G

**EPSG:21781**

CH1903 / LV03 (Google it)

- **WGS84 Bounds:** 5.9700, 45.8300, 10.4900, 47.8100
- **Projected Bounds:** 485869.5728, 76443.1884, 837076.5648, 299941.7864
- **Scope:** Large and medium scale topographic mapping, cadastral and engineering survey.
- **Last Revised:** Sept. 24, 2008
- **Area:** Europe - Liechtenstein and Switzerland

- Well Known Text as HTML
- Human-Readable OGC WKT
- Proj4
- OGC WKT
- JSON
- GML
- ESRI WKT
- .PRJ File
- USGS
- MapServer Mapfile | Python
- Mapnik XML | Python
- GeoServer
- PostGIS spatial\_ref\_sys INSERT statement
- Proj4js format

Input Coordinates: 8.23, 46.82 Output Coordinates: 660389.515487, 185731.630396

Link to this Page

About

Ces différentes références peuvent être consultées sur le site spatialreference.org. On peut ainsi par exemple rechercher la référence EPSG 4326 qui correspond donc au système de coordonnées latitude longitude pour le WGS84. Et l'on trouve pour ce système de coordonnées l'ensemble des paramètres dans différents formats par exemple ici le Well Known Text sous format HTML. On peut également rechercher le 32740 donc l'UTM40 Sud utilisé aux Seychelles. Et l'on voit que... en fait la zone d'utilisation de ce système de coordonnées sur la droite est restreinte à une petite partie de la planète et également on a accès en fait aux paramètres de cette projection sous une forme de fichier. La référence 21781 donc le système de coordonnées utilisé en Suisse, on voit que en fait, il couvre une zone de validité très petite. On peut également accéder à l'ensemble des paramètres de cette projection sous différents formats : le Well Known Text sous forme de HTML le Proj4, le JSON, le GML, etc

Notes

Summary



13m 29s