

COURS – Localisation & GPS – SNT

Sommaire

A) Introduction

- 1) Latitude & Longitude
- 2) Systèmes sexagésimal & décimal

B) Cartographie

- 1) Projections cartographiques
- 2) Exemple : *Projet OpenStreetMap*

C) Localisation

- 1) Par triangulation
- 2) Par émetteurs terrestres
- 3) Par satellites

D) Mobilité

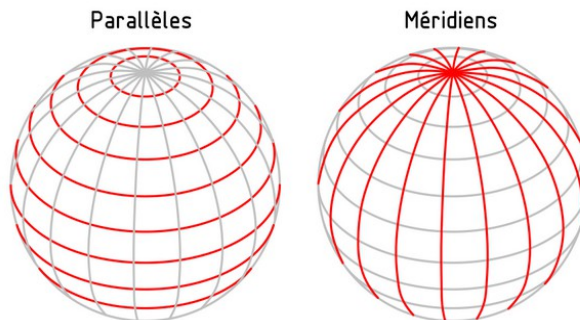
- 1) Modélisation d'un réseau routier
- 2) Calcul d'itinéraire

A) Introduction

1) Latitude & Longitude

Pour situer précisément n'importe quel point sur la Terre, l'Homme a tracé sur le globe terrestre un quadrillage de lignes imaginaires : Les **parallèles** et les **méridiens**.

- Les parallèles sont des cercles parallèles à l'équateur. Ils permettent de situer un lieu par rapport au Pôle Nord ou au Pôle Sud.
- Les méridiens sont des demi-cercles (ou demi-ellipses) reliant les deux pôles. Ils permettent de situer un lieu par rapport à l'Est ou à l'Ouest.

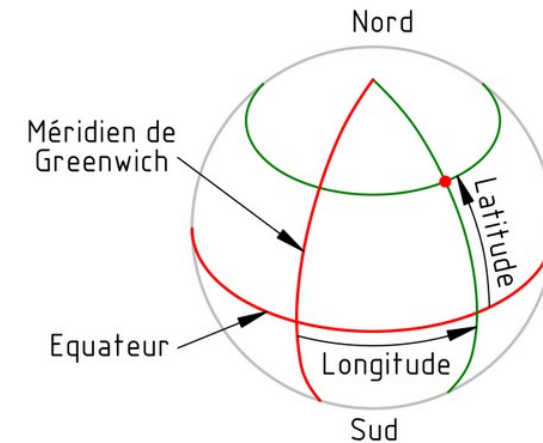


Note : Cinq parallèles, en rapport avec la rotation de la Terre, portent un nom particulier.

- Le cercle arctique (66° 33' 48" nord).
- Le tropique du Cancer (23° 26' 12" nord).
- L'équateur (0° de latitude).
- Le tropique du Capricorne (23° 26' 12" sud).
- Le cercle antarctique (66° 33' 48" sud).

Les coordonnées géographiques d'un point s'expriment avec la **latitude** et la **longitude**, dans le système sexagésimal :

- La latitude est l'angle entre un point et l'équateur, en degrés, minutes et secondes, en précisant si on se trouve au Nord ou au Sud.
- La longitude est l'angle entre un point et le méridien de Greenwich, en degrés, minutes et secondes, en précisant si on se trouve vers l'Ouest ou vers l'Est.



Exemples :

Ville	Latitude	Longitude
Lyon	45° 45' 35" nord	4° 50' 32" est
Bayonne	43° 29' 37" nord	1° 28' 30" ouest

Remarques :

- Les coordonnées géographiques s'expriment aussi avec l'altitude, distance verticale entre un point donné et le niveau de la mer.
- Le mille marin, égal à 1852 m, est la longueur d'un arc de méridien terrestre dont les extrémités diffèrent d'une minute en latitude.
- Un nœud est égal à un mille marin par heure, soit 1,852 km/h.
- Une minute, une seconde sont des unités de mesure du temps ou des angles.

2) Systèmes sexagésimal & décimal

La latitude ou la longitude s'exprime également avec un nombre décimal en degrés, positif ou négatif.

- Soixante secondes font une minute, soixante minutes font un degré :
 $1^\circ = 60' = 3600''$
- La latitude est positive au Nord de l'équateur et négative au Sud.
- La longitude est positive à l'Est du méridien de Greenwich et négative à l'Ouest.

Exemples

Ville	Système sexagésimal		Système décimal	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
Lyon	45° 45' 35" Nord	4° 50' 32" Est	45.759722222°	4.842222222°
Bayonne	43° 29' 37" Nord	1° 28' 30" Ouest	43.493611111°	-1.475000000°

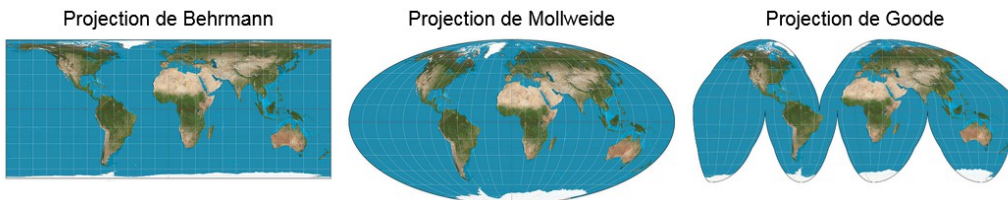
Note : Un angle s'exprime aussi en radians : $1 \text{ tr} = 2\pi \text{ rad} = 360^\circ$

B) Cartographie

1) Projections cartographiques

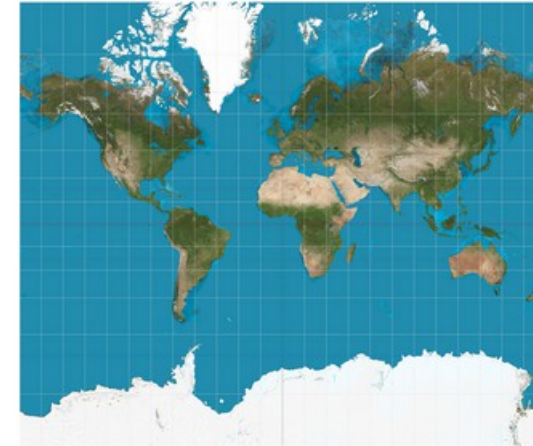
Une carte géographique s'obtient à l'aide d'une projection cartographique. Elle représente la surface sphérique de la Terre sur une surface plane. Il existe de nombreuses projections cartographiques.

Exemples



Projection de Mercator

Cette projection possède la propriété intéressante de conserver les angles. Pour cette raison, elle est majoritairement utilisée en cartographie électronique : OpenStreetMap, Géoportail, Google Maps...



2) Exemple : Projet OpenStreetMap

Une carte issue du **projet OpenStreetMap** se construit en assemblant des morceaux de carte juxtaposés. Chaque morceau de carte est une image :

- Au format png.
- De dimensions 256x256 pixels.
- Nommée pavé, tuile, carreau ou tile en anglais.

Un pavé se retrouve à l'adresse : <http://tile.openstreetmap.org/z/x/y.png>

- z est la valeur du zoom, nombre entier allant de 0 à 18.
- x est la partie entière de la valeur calculée avec la formule ci-dessous, lon étant la longitude en degrés. $x = \frac{lon + 180}{360} \cdot 2^z$
- y est la partie entière de la valeur calculée avec la formule ci-dessous, lat étant la latitude en degrés.

$$y = \left(1 - \frac{\ln \left(\tan \left(lat \cdot \frac{\pi}{180} \right) + \frac{1}{\cos \left(lat \cdot \frac{\pi}{180} \right)} \right)}{\pi} \right) \cdot 2^{z-1}$$

Une **documentation** plus complète se trouve aux adresses :

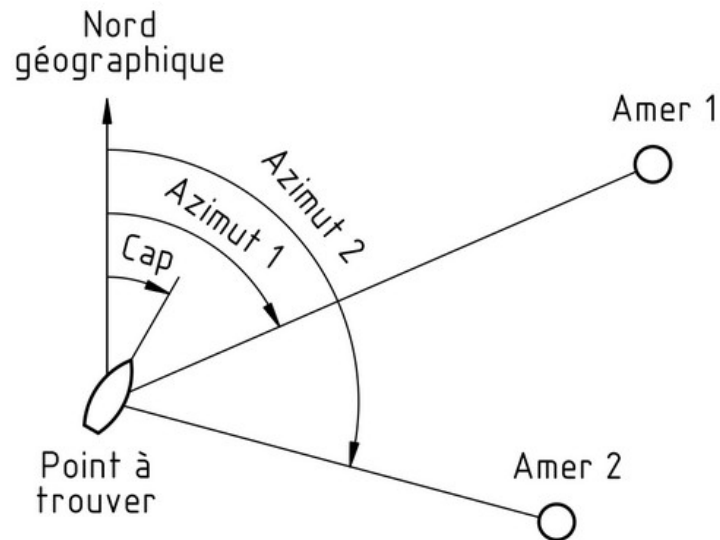
- https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Slippy_map_tilenames (détaillée, en anglais).
- https://wiki.openstreetmap.org/wiki/FR:Rep%C3%A9rage_des_carreaux_de_carte_glissante (en français).

C) Localisation

1) Par triangulation

Autrefois, on se repérait au milieu de l'océan à l'aide de cartes marines, d'un sextant, d'une montre et d'éphémérides nautiques. Puis, arrivé près des côtes, on se repérait par triangulation. La triangulation est une technique permettant de déterminer la position d'un point à partir de points de référence connus. On distingue :

- La triangulation, par relevé de directions.
- La trilatération ou triangulation par relevé de distances.



Remarques :

- Un amer est un point de référence porté sur la carte, souvent un phare, un château d'eau, une antenne...
- Un compas est gradué de 0° au Nord à 359° dans le sens horaire. L'Est est à 90° par exemple.

- L'azimut d'un amer, mesuré à l'aide d'un compas de relèvement, est l'angle entre la direction du Nord et celle de cet amer.
- L'azimut vrai est l'angle entre la direction du Nord géographique et celle de l'amer.
- L'azimut compas est l'angle entre la direction du Nord magnétique et celle de l'amer.
- La déclinaison magnétique terrestre est l'angle entre la direction du Nord géographique et celle du Nord magnétique.
$$\text{Azimut vrai} = \text{Azimut compas} + \text{Déclinaison}$$
- Le cap est la direction vers laquelle est orienté un navire (ou un avion).
- La route est la trajectoire suivie par un navire par rapport au fond de la mer.
- La dérive est l'angle entre le cap et la direction de la route.

2) Par émetteurs terrestres

Il existe plusieurs techniques :

- Le LORAN (LOng RANGE Navigation) est un système de localisation utilisant les ondes électromagnétiques d'émetteurs terrestres fixes. La position est déterminée à partir de la différence de temps de propagation entre les émetteurs. Ce système, ancêtre du GPS, est de moins en moins utilisé. Par exemple, l'émetteur LORAN-C de Soustons, fonctionnait à 100 kHz utilisait un pylône de 213 mètres de hauteur. Il a été démantelé en 2017.
- La radiogoniométrie est la détermination de la direction d'arrivée d'une onde électromagnétique.
- En ville, la localisation peut se faire par la détection des bornes Wi-Fi ou des antenne-relais de téléphonie mobile proches.

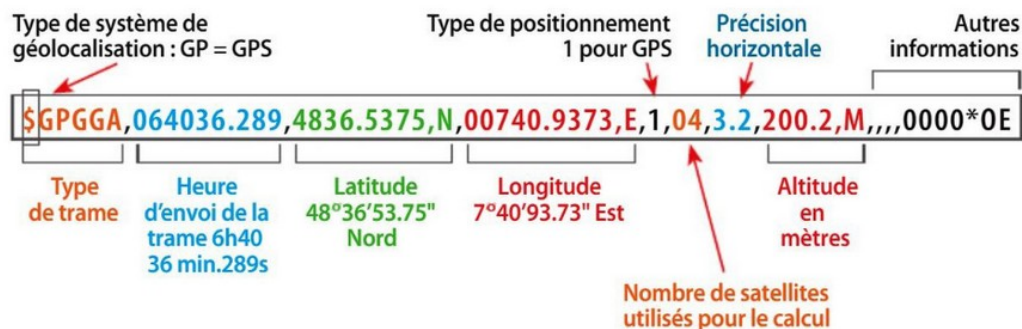
3) Par satellites

Le GPS (Global Positioning System) est le système de positionnement par satellite américain, opérationnel depuis 1995. Pour calculer la position, un récepteur GPS capte les signaux d'au moins quatre satellites. Il existe d'autres systèmes :

- Galileo, le système civil de l'Union Européenne, partiellement opérationnel depuis 2016.
- GLONASS, le système russe, partiellement opérationnel en 1996, pleinement opérationnel depuis 2010.

- Beidou-1, Beidou-2 et Beidou-3, de la République populaire de Chine, opérationnels respectivement en 2003, 2012 et 2020.
- IRNSS, le système que l'Inde prépare actuellement.
- QZSS (Quasi-Zenith Satellite System), le système que le Japon prépare actuellement.

Les récepteurs GPS ou Galileo renvoient au système de traitement différents types de trames. Les trames **NMEA** (National Marine Electronics Association), normalisées et facilement décodables, sont très utilisées. L'exemple de trame présenté ci-dessous est de type GGA.

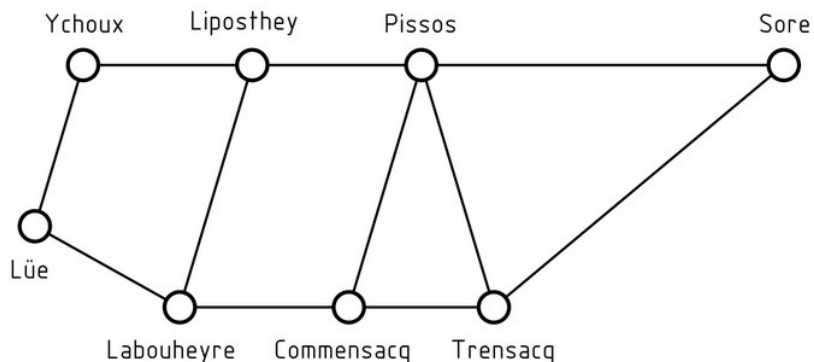


D) Mobilité

1) Modélisation d'un réseau routier

Un ensemble de villes reliées par des routes se représente par un graphe.

- Les sommets : Les villes, les croisements de routes.
- Les arêtes : Les routes qui relient les villes.



Les arêtes du graphe se pondèrent. Le poids de chaque arête représente alors :

- Les distances entre deux villes, en km.
- Les temps de trajet entre deux villes, en min.
- Les prix des péages d'autoroute, en €.
- ...

Les sommets du graphe se pondèrent également. Le poids de chaque sommet représente alors :

- Le nombre de feux tricolores.
- Le temps pour traverser la ville, en min.
- ...

2) Calculs d'itinéraires

Trouver l'itinéraire le plus court pour se rendre d'une ville à l'autre est un problème complexe car le nombre de chemins possibles est souvent très important. Divers algorithmes permettent de résoudre ce problème. L'algorithme de **Dijkstra** est l'un des plus connus.

