

Chapitre 3

Localisation, cartographie et mobilité

1 Introduction

La localisation et la cartographie de précision sont des enjeux majeurs de nos sociétés. Les informations doivent être regroupées, faciles d'accès et utilisables par de nombreuses applications afin de permettre la gestion des trafics de marchandises et de personnes, l'optimisation des itinéraires, l'aménagement du territoire, la sécurité des passionnés de nature (rando, voile...)...

1.1 Définition

La cartographie est la réalisation et l'étude des cartes géographiques et géologiques. Elle est très dépendante de la géodésie, science qui s'efforce de décrire, mesurer et rendre compte de la forme et des dimensions de la Terre.

La localisation d'un objet consiste en la détermination de sa position géographique. La forme que prend la localisation dépend du repère choisi : on peut dire " je suis sur le parking à côté d'une voiture rouge" ou on peut donner ses coordonnées GPS.

1.2 Repères historiques

La cartographie est une partie intégrante de l'histoire de l'humanité depuis longtemps, peut-être même depuis 8000 ans ! Des peintures rupestres aux anciennes cartes de Babylone, de la Grèce à l'Asie, de l'âge de l'exploration jusqu'au XXI^e siècle, l'humanité a créé et utilisé des cartes comme outils essentiels pour l'aider à définir, expliquer ses chemins à travers le monde, et naviguer.

Malgré cette histoire, la cartographie précise et systématique de zones du globe est assez récente. La première carte générale du territoire français fut dressée par la famille Cassini au XVIII^e siècle, à l'échelle de 1/86 400. Un centimètre sur la carte correspond à environ 864 mètres sur le terrain. Cette carte constituait pour l'époque une véritable innovation et une avancée technique décisive. Elle est la première carte à s'appuyer sur une triangulation géodésique dont l'établissement prit plus de cinquante ans.

Et le numérique dans tout ça ? ! Les cartes ont été systématiquement numérisées à la fin du XX^e siècle.

En 1960, naît le premier système d'informations géographiques (SIG) qui permet de mémoriser des informations de localisation sur ordinateur, et qui facilite le travail des cartographes.

Le principal instrument de localisation, GPS (Global Positioning System), a été conçu par l'armée américaine dans les années soixantes. Le premier satellite GPS fut lancé en 1978.

Dans les années 2000 apparaissent les GPS tout public avec système de cartes numériques intégrées.

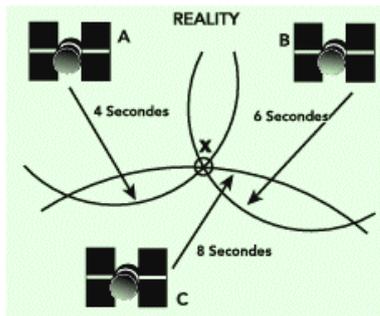
En 2016, mise en service du système de géolocalisation européen Galiléo. C'est un système à usage civil, toujours en cours de déploiement dont la précision est de l'ordre du mètre.

2 Le GPS

2.1 Principe de fonctionnement

Un satellite GPS contient une horloge atomique mesurant le temps à une très grande précision et envoyant régulièrement des messages contenant cette heure. Chaque message se propageant à la vitesse de la lumière, le récepteur peut calculer sa distance au satellite. On peut en déduire sa position en suivant plusieurs satellites, ce que fait automatiquement le récepteur GPS.

Le principe de repérage utilisé par le GPS s'appuie sur le principe de la triangulation :



Notre récepteur GPS peut se localiser s'il capte au minimum 3 signaux provenant de 3 satellites distincts. Par exemple, il va recevoir un signal émis par le satellite A il y a $t_A = 4s$. Ce signal se déplaçant à la vitesse de la lumière $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, le GPS en déduit qu'il se situe à une distance $d_A = c \times t_A$ du satellite A, soit sur une sphère de rayon d_A et de centre A. Avec les mêmes calculs peuvent être fait avec les deux autres signaux. Notre GPS se trouve à l'intersection des trois sphères !

Exercice : la triangulation chez les marins

Sur un petit voilier, le capitaine aperçoit un phare qu'il identifie comme le Phare de la Vieille à 0° , le phare de Plozévet à 95° et celui de l'île de Saint à 315° . Où se situe le bateau ? Faire le tracé sur la figure.



2.2 La norme NMEA 0183

La norme NMEA 0183 est une spécification pour la communication entre équipements marins, dont les équipements GPS. Elle est définie et contrôlée par la National Marine Electronics Association (NMEA), association américaine de fabricants d'appareils électroniques maritimes, basée à Severna Park au Maryland (États-Unis d'Amérique). La norme 0183 utilise une simple communication série pour transmettre une "phrase" à un ou plusieurs écoutants. Une trame NMEA utilise tous les caractères ASCII.

Activité : Faire une recherche sur ce format de donnée et traduire la "phrase" suivante :

\$GA,074507.289,50.713400,N,3.157281,E,1,05,3.2,32,M,,0000*0E

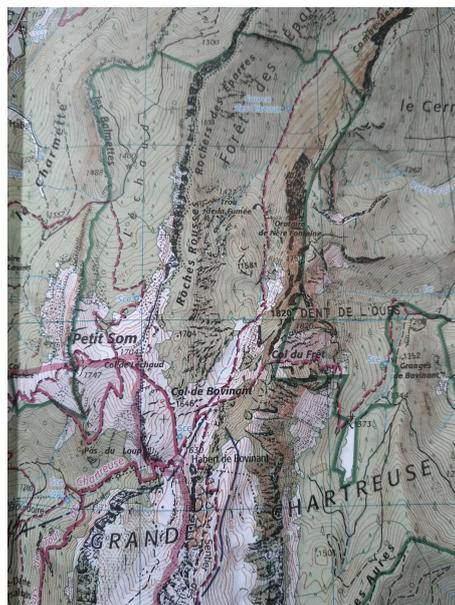
Réponse : Lycée Gambetta Tourcoing, signal GPS Galiléo reçu à 7h45min 7.289s, 5 satellites, Altitude 32m

3 Les cartes

3.1 Les différents types de cartes



Carte marine



Carte IGN

Il existe de nombreux types de cartes qui correspondent chacune à un type d'activité : les cartes IGN présentent avec précision le relief grâce à des lignes de niveau régulièrement espacées. Les lignes de niveau sont souvent orangées et relient les points de même altitude. L'altitude 0 étant le niveau moyen des océans.

Le même principe existe pour les cartes marines, cette fois, les lignes de niveau sont bleues foncées et représentent la hauteur d'eau à la plus basse mer. Si le chiffre associé à la ligne est négatif c'est que ce point de la carte émerge !

Les cartes routières mettent l'accent sur la voirie et indiquent, par exemple, les distances qui séparent les sorties d'autoroute. Il existe encore d'autres types de carte notamment les cartes d'aviation ou les cartes de course d'orientation...

Tout comme les images, il existe différents types de cartes numériques : les cartes vectorielles et les cartes matricielles.

★ Type de cartes ♡

Carte vectorielle : une carte vectorielle comporte des objets positionnés par rapport à leurs coordonnées.

Carte matricielle : une carte matricielle est une carte dessinée point par point par un géographe. C'est l'équivalent de l'image jpg.

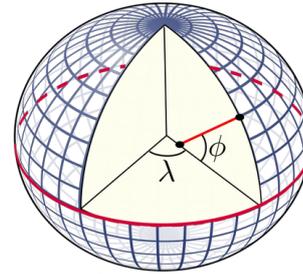
Activité

Rendez-vous sur <https://www.geoportail.gouv.fr/carte> et regardez les différents types de cartes qui décrivent Tourcoing. Zoomez, que constatez-vous ?

3.2 Les coordonnées

Le système de coordonnées

Sur Terre, un système de coordonnées permet un repérage simple des positions faisant intervenir les méridiens (latitude) et les parallèles (longitude).



- **La latitude, angle Φ** , est une valeur angulaire, expression du positionnement nord ou sud d'un point sur Terre. D'un point de vue mathématique, la latitude d'un point est l'angle au centre que forme la normale (verticale) en ce point avec le plan équatorial. La latitude est une mesure angulaire s'étendant de 0° à l'équateur à 90° aux pôles (-90° au sud à 90° au nord).
- **La longitude, angle λ** , est une valeur angulaire, expression du positionnement est ou ouest d'un point sur Terre. C'est l'angle au centre que forme le plan passant par ce point et par l'axe de rotation de la terre avec le plan du méridien de Greenwich (qui passe par Bourges). Le plus souvent, cet angle est donné en degré W (ouest).

Les coordonnées géographiques sont traditionnellement exprimées dans le système sexagésimal, parfois noté « DMS » : degrés (°) minutes (') secondes ("). L'unité de base est le degré d'angle (1 tour complet = 360°), puis la minute d'angle ($1^\circ = 60$), puis la seconde d'angle ($1^\circ = 3\,600$).

Les degrés décimaux : Les GPS usuels utilisent parfois un système de degré décimal pour se reprérer voici le principe de conversion :

Formulation générale : latitude (degrés décimaux) = degrés + (minutes / 60) + (secondes / 3600)

Exemple : Soit une latitude exprimée en DMS de $45^\circ 54' 36''$ (45 degrés, 54 minutes et 36 secondes). Exprimée en degrés et fraction décimale de degré, la latitude sera : latitude = $45 + (54 / 60) + (36 / 3600) = 45,91^\circ$

Application : Noirmoutier est une île de Vendée, les coordonnées de la ville principale sont $46^\circ 59' 55.7'' \text{N } 2^\circ 14' 28.6'' \text{W}$. Convertir en degré décimaux! **Réponse :** 46.998806, 2.241266



Code Python : Coder une fonction qui permet de convertir des coordonnées DMS en coordonnées décimales

```
#!/usr/bin/env python
# librairies a importer
import numpy as np # pour les maths
def convert_coord(deg,minutes,sec):
    return deg+np.float(minutes)/60 + sec/3600
```

Entrer ensuite le code suivant :

```
import folium
carte = folium.Map(location=[46.998806,-2.241266],zoom_start=11)
folium.Marker([47.008012, -2.218741],popup = 'Fort Saint Pierre').add_to(carte)
carte.save('noirmoutier.html')
```

Note : le - qui apparaît sur la longitude vient du fait que OpenStreetMap considère des degrés Est et non Ouest...

3.3 Calculs d'itinéraires

Le gros avantage de la cartographie numérique est de pouvoir calculer des itinéraires (à condition bien sûr que la carte soit vectorielle). Par exemple, en plus du récepteur sophistiqué permettant la localisation, un GPS contient une grosse mémoire pour stocker une carte géographique et un microprocesseur relativement puissant pour calculer votre itinéraire ([1]).

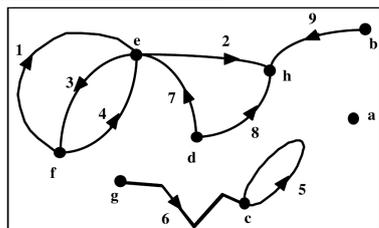
La carte routière stockée dans votre GPS est bien plus qu'une digitalisation d'une carte routière en papier : elle contient le "graphe" formé par le réseau routier, à savoir tous les carrefours (ou points, ou noeuds) reliés par un réseau de chemins (ou arcs, ou arêtes). Pour aller d'un point à un autre, le microprocesseur de votre GPS va déterminer le trajet le plus court entre deux lieux en parcourant ce graphe. Un outil très utilisé pour le calcul d'itinéraire est OpenStreetMap, cet outil connecté permet, en plus de calculer l'itinéraire *le plus court* ou *le plus rapide* (qui ne sont pas toujours confondus, peut aussi tenir compte du trafic !

3.3.1 OpenStreetMap

(OSM) est un projet de cartographie qui a pour but de constituer une base de données géographiques libre du monde (permettant par exemple de créer des cartes sous licence libre), en utilisant le système GPS et d'autres données libres. Il a été mis en route en juillet 2004 par Steve Coast au University College de Londres ([2]).

3.3.2 Théorie des graphes et optimisation de l'itinéraire

★ Définition ♥



Un graphe est un schéma constitué par un ensemble de points (représentés par des lettres sur la figure) et par un ensemble de flèches reliant chacune deux de ceux-ci. Les points sont appelés les sommets du graphe, et les flèches les arcs du graphe ([3]).

Pour calculer un itinéraire, la position géographique des noeuds n'est pas indispensable ; seules les informations sur la "longueur" des routes (arcs) importe réellement si on cherche à minimiser le trajet. Il existe alors plusieurs critères de minimisation :

- la distance parcourue. Dans ce cas seule la longueur de chaque route est utile. C'est l'option *chemin le plus court* sur un GPS.
- le temps de parcours. Si chaque route est caractérisée par une vitesse moyenne ou un temps de parcours habituel, le chemin optimal favorisera une autoroute de contournement qu'une traversée urbaine. C'est l'option *chemin le plus rapide*.
- On peut aussi choisir d'éviter certains types de routes (péages)...

Mise en oeuvre :

L'algorithme de Dijkstra :

1. On commence en notant 0 sur le sommet de départ (ex : Arras).
2. On ajoute les sommets (villes) voisins du départ et on ajoute leur distance (ex : Nantes, Strasbourg, Paris).

On choisit un des sommets de l'étape 2 (ex : Nantes) et on calcule sa distance aux sommets voisins (ex : Paris, Brest, Bordeaux).

On en déduit la distance du point de départ à chacune de ces villes (ex : $D_{Arras-Brest} = D_{Arras-Nantes} + D_{Nantes-Brest}$).

3. On fait de même pour tous les sommets de l'étape 2.
4. On réitère le processus 2 avec les nouveaux sommets (Paris, Brest, Bordeaux) et ainsi de suite jusqu'à ce que le point d'arrivée soit atteint.

L'itinéraire choisi sera celui qui minimise la distance ! Le même algorithme peut être complexifier pour tenir compte du trafic, ou des limitations de vitesse différentes sur chaque route. Plus l'algorithme est complexe, plus le temps de calcul sera long !

3.4 Confidentialité

Les téléphones portables intelligents (smartphone) sont très pratiques quand il s'agit de se repérer grâce à leur fonction de gps couplée à la fonction de localisation. Néanmoins, beaucoup d'autres applications utilisent sans que vous en ayez forcément conscience votre localisation, dans le meilleur cas pour vous proposer de la publicité ciblée, et dans le pire pour vous espionner. Vous pouvez donc éteindre cette fonction localisation quand vous n'en avez pas besoin et refuser l'accès à la localisation aux applications qui n'en ont pas besoin !

4 Activités

- Extraire la géolocalisation des métadonnées d'une photo.
- générer des cartes avec Python
- Calculer un itinéraire sur carte papier puis comparer avec OpenStreetMap
- générer et étudier les différentes couches de carte sur Géoportail

Références

- [1]
- [2]
- [3] Stephane Pelle. La théorie des graphes. 2002.