

Cours - Cartographie - Localisation

La cartographie et la localisation sont devenues accessibles à tous grâce à des applications, disponibles sur téléphone portable, permettant de se localiser en permanence.

Ce sont pourtant des domaines très spécialisés mêlant géographie et informatique dans une science que l'on appelle la « géomatique ».

1. La cartographie

La particularité des cartes numériques, utilisées dans un logiciel ou une application adaptée, est que l'on peut passer d'une échelle à l'autre simplement en zoomant sur une partie de la carte.

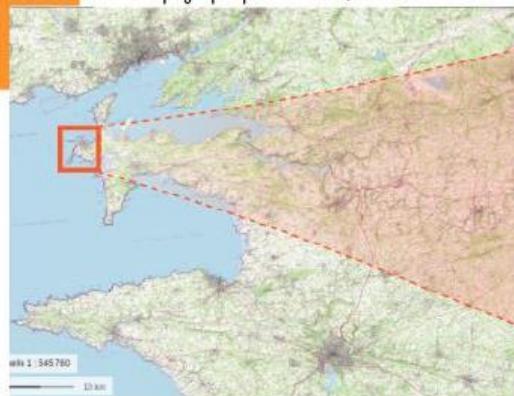
⇒ **Échelle de la carte** : rapport entre la représentation d'une distance sur la carte et cette distance en réalité.

- Pour une carte de France à petite échelle au 1/1 000 000, 1 cm sur la carte représente en réalité 1 000 000 cm, soit 10 km.
- Pour une carte à plus grande échelle au 1/25 000, 1 cm sur la carte représente 250 m.

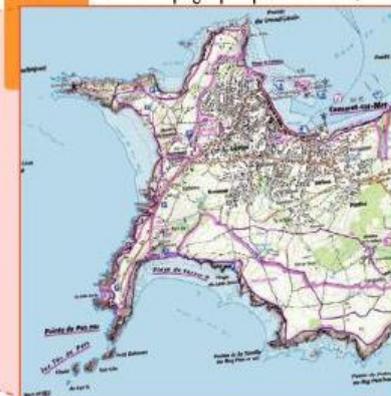
 Petite échelle signifie que le rapport est petit, donc que le nombre au dénominateur est grand !

Exemple. Les documents ci-dessous sont des extraits de cartes topographiques de la presqu'île de Crozon (Finistère), à des échelles différentes voir ► **Doc. 1 et 2**. On peut remarquer la différence des dimensions sur les cartes pour un même lieu.

Doc. 1 Carte topographique IGN au 1/545 760



Doc. 2 Carte topographique IGN au 1/34 110



Cartes vectorielles et matricielles

On distingue deux grandes catégories de cartes numériques, selon la manière dont l'information est enregistrée.

⇒ **Carte vectorielle et carte matricielle**

Une carte **vectorielle** comporte des objets positionnés selon leurs coordonnées.

Une carte **matricielle** est une image point par point qui a été dessinée par un cartographe.

C'est le cartographe qui choisit les détails à faire figurer pour chaque échelle et a positionné les noms de lieux (toponymie), le mieux possible pour ne rien cacher.



En zoomant sur une carte vectorielle, des détails apparaissent ; sur une carte matricielle, l'image est agrandie.

eureka!

Les cartes vectorielles apparaissent plus schématiques ; les cartes matricielles ont plutôt une apparence dessinée.

Les applications utilisant des cartes vectorielles (par exemple : OpenStreetMap voir ► **Doc. 3**) permettent généralement de sélectionner les catégories d'informations que l'on souhaite afficher (lignes de transport, points d'intérêt...). La carte est alors composée automatiquement à la demande.

Les cartes matricielles sont fabriquées et dessinées – souvent à partir de cartes vectorielles – et sont ensuite enregistrées sous forme d'images.

Les coordonnées géographiques

Pour se repérer sur une carte, on utilise les coordonnées de latitude et de longitude qui s'expriment en unités d'angle : degrés et minutes voir ► **Doc. 4**.

➔ **Coordonnées géographiques** : la **latitude** varie de 90°S (pôle sud) à 0° (équateur), puis à 90°N (pôle nord). La **longitude** varie de 0° (méridien de Greenwich) à 180° et se mesure vers l'ouest (W) ou vers l'est (E).

Les coordonnées sont fixées par rapport à un système géodésique qui est en fait un repère. Le système WGS 84 (de l'anglais *world geodesic system*) est celui utilisé pour la localisation GPS.

Les couches d'informations géographiques

Les systèmes de cartographie numérique permettent d'afficher un fond de carte – la carte de base – et d'y superposer des informations regroupées en couches.

➔ Une **couche d'informations**, c'est comme un calque que l'on superpose au fond de carte pour lui ajouter un ensemble d'informations cohérentes.

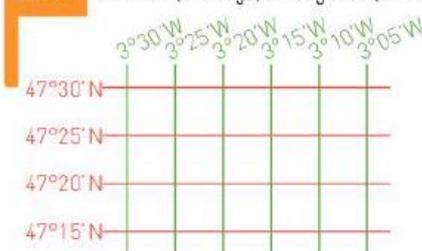
Dans Géoportail, le système d'information géographique de l'IGN, les fonds de carte sont des images matricielles, comparables aux cartes papier. On peut ensuite y ajouter des couches en mode vectoriel voir ► **Doc. 5**.

Doc. 3 Carte vectorielle des îles Féroë



Un degré (1°) c'est soixante minutes (60'). Une minute de latitude, c'est 1 mille marin soit 1,852 km.

Doc. 4 Latitude (en rouge) et longitude (en vert)



Doc. 5 Site Géoportail : carte IGN avec couche « Campings »



2. Les itinéraires

Un des intérêts de la cartographie numérique est de permettre des calculs à partir des informations enregistrées.

Pour calculer des itinéraires, il faut une carte vectorielle avec des lieux (représentés par des points) et des chemins entre ces lieux.

Des chemins

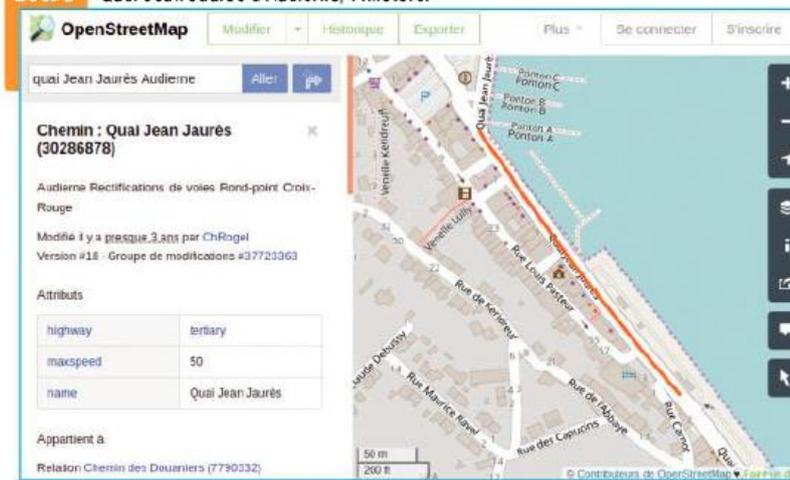
Dans une carte vectorielle, les chemins sont représentés de manière symbolique comme permettant d'aller d'un lieu à un autre. Les connexions entre chemins sont enregistrées.

Dans un système ouvert comme OpenStreetMap, on peut observer comment les chemins sont mémorisés, simplement en recherchant une rue [voir > Doc. 6](#).



Même la limitation de vitesse de cette rue est enregistrée. C'est ce qui permet de calculer les temps de parcours en voiture.

Doc. 6 Quai Jean Jaurès à Audierne, Finistère.



Chaque rue, chaque route est ainsi enregistrée avec une description très précise des liens avec les autres voies. Quand deux routes semblent se croiser sur une carte, il faut pouvoir distinguer si elle se croisent vraiment ou si l'une passe au-dessus de l'autre avec un pont.

Eureka!

Avec une cartographie en image matricielle, on ne pourrait pas calculer d'itinéraire.

Un algorithme de plus court chemin

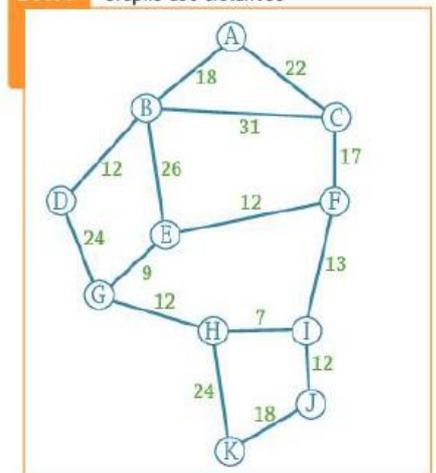
Pour trouver le plus court chemin sur une carte, on commence par oublier tous les détails de la carte en représentant un graphe où chaque carrefour est un sommet (voir le cours > chapitre 4).

Sur les arêtes, on note la distance en kilomètres d'un carrefour à un autre. Le [Doc. 7](#) représente le graphe de la carte de l'activité 3. Le sommet A correspond à « Loches » et K à « Saint-Savin ». Trouver l'itinéraire le plus court entre Loches et Saint-Savin se ramène à trouver le plus court chemin dans le graphe entre les sommets A et K.



Pour faire le graphe détaillé, on a relevé les distances sur une carte à plus grande échelle, car il manquait des indications sur la carte initiale.

Doc. 7 Graphe des distances



3. La localisation

Pour se localiser sur une carte, on peut se repérer par rapport à un point connu noté sur la carte. En absence de repère, un récepteur de positionnement par satellites (GPS ou Galileo) peut directement fournir la position à reporter sur la carte.

Principe de la localisation par satellites

Chaque satellite émet un signal horaire obtenu avec une horloge atomique extrêmement précise. Le récepteur qui reçoit ce signal note l'heure de réception du signal et l'heure transmise par le signal.

Il peut en déduire le temps mis par le signal radio pour parvenir du satellite. Le signal se propageant à la vitesse de la lumière, il suffit de multiplier le temps par la vitesse, pour obtenir la distance du satellite > **Doc. 10**.

Doc. 10 Principe de fonctionnement de Galileo



➔ Le **positionnement par satellite** repose sur la « trilatération » ou positionnement à une distance précise de trois points dont les positions sont connues.

En pratique, un récepteur a besoin des informations de 4 satellites pour calculer sa position (latitude, longitude et altitude) et l'heure précise. Les systèmes de positionnement comportent chacun 25 à 30 satellites répartis tout autour de globe de telle sorte qu'en chaque point de la terre, quatre satellites au moins soient toujours visibles.

Localisation de données

Les cartes numériques permettent de localiser un récepteur satellite en reportant sa position sur la carte. Les systèmes de cartographie permettent en fait de positionner beaucoup plus de données. Pour localiser des données, il suffit de disposer d'une table de données, comportant au moins les deux critères latitude et longitude.

⚠ Un satellite de positionnement diffuse les informations à tous, mais ne reçoit rien en retour. Il aide chaque récepteur à se positionner, mais ne connaît rien de la position des récepteurs.



Les satellites envoient aussi leur position précise pour permettre au récepteur de calculer la sienne.

eurêka!

Il y a quatre inconnues, c'est pour cela qu'il faut quatre informations, pour poser quatre équations, donc quatre satellites.

eurêka!

C'est comme cela que les organisateurs positionnent les concurrents des courses océaniques à la voile, ou que les transporteurs localisent leurs flottes de camions.

4. Programmation

En programmant, on peut réaliser des cartes personnalisées et visualiser des données sur ces cartes. Quel que soit le système de cartographie utilisé, il y a plusieurs étapes de traitement pour fabriquer une carte, y signaler un point d'intérêt et enregistrer le résultat.

L'algorithme [Doc. 11](#) précise comment fabriquer une carte de l'île de La Réunion en y ajoutant un signet à la position précise du Piton des Neiges.

Doc. 11 Algorithme

```
ouvrir une carte à la position 21°7,8'S 55°31,2'E
ajouter un signet à la position 21°6'S 55°28,8'E
enregistrer la carte
```

Pour le traduire en langage Python et pouvoir l'exécuter, on utilise une bibliothèque spécifique **folium** capable de fabriquer des cartes au format HTML en utilisant les fonds de carte d'OpenStreetMap [Doc. 12](#).

Doc. 12 Programme Python

```
import folium
carte = folium.Map(location=[-21.13, 55.52], zoom_start=11)
folium.Marker([-21.1, 55.48], popup="Piton des Neiges").add_to(carte)
carte.save('Reunion.html')
```

 On doit convertir les coordonnées en degrés décimaux (sans minutes) et indiquer le signe. 21°6'S devient alors : -21.1.

Après exécution du programme, on obtient une page [Reunion.html](#) que l'on peut ouvrir dans un navigateur pour obtenir la carte [Doc. 13](#).

Doc. 13 Carte de la Réunion



Pour visualiser sur une carte une série de données lues dans un fichier, il suffit de lire le fichier [chapitre 5](#) et pour chaque ligne du fichier – qui doit contenir au moins une information et sa position – ajouter un signet à cette position.

Remarque. Sur ordinateur, les fichiers **csv** ou **gpx** sont beaucoup plus simples à utiliser que les interfaces **NMEA** qui sont destinées à relier en continu deux appareils connectés par un câble série pour s'échanger des positions GPS. L'interface **NMEA** est surtout utilisée quand le récepteur GPS et la cartographie ne sont pas dans le même appareil.

eurêka!

Il suffit de diviser le nombre de minutes par 60.
Pour les signes, c'est par convention :
N : (+), S : (-), E : (+), W : (-).

Doc. 14 Le Piton des Neiges (21°6'S ; 55°28,8'E)

