

Chapitre 5 - Localisation et cartographie

I - Se repérer sur le Terre

1) Latitude, longitude et altitude

On assimile la Terre à une **sphère** que l'on quadrille :

- de **parallèles** qui sont des cercles situés dans les plans parallèles au plan de l'**Équateur**,
- et de **méridiens** qui sont des demi-cercles passant par les **pôles**, le méridien d'origine étant le **méridien de Greenwich**.

Définition 1

Tout point sur Terre est repéré par ses **coordonnées géographiques** (latitude ; longitude).

- La **latitude** d'un point est la mesure de l'angle en degré entre l'Équateur et le parallèle passant par ce point, orienté Nord ou Sud.
- La **longitude** d'un point est la mesure de l'angle en degré entre le méridien de Greenwich et le méridien passant par ce point, orienté Ouest ou Est.



Remarques

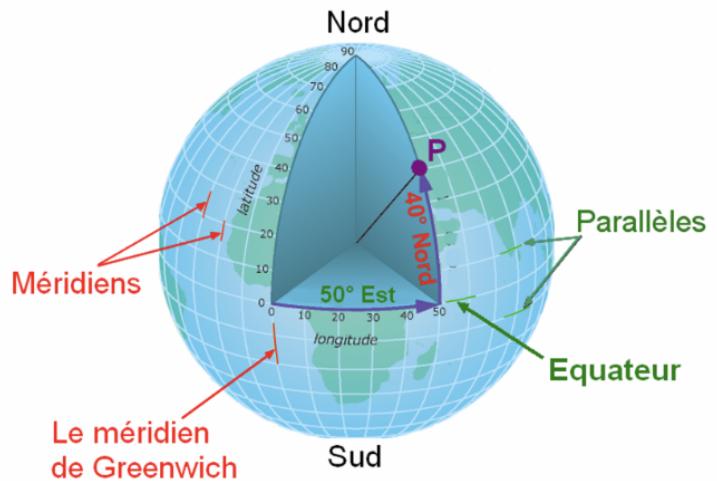
- Les latitudes sont comprises entre 0° et 90° Nord ou Sud ;
 - Les longitudes sont comprises entre 0° et 180° Est ou Ouest.
 - Il existe une 3ème coordonnée, l'**altitude**. Cette coordonnée correspond à la distance (élévation) verticale d'un point sur Terre par rapport au niveau de la mer.
 - Il existe deux formats pour représenter les latitudes et longitudes en degré :
 - (a) Format décimal : Coordonées décimales de la tour Eiffel : **(48,858370° N ; 2,29448° E)**
 - (b) Format **sexagésimal** (degré° minutes' secondes) : Coordonées sexagésimales de la tour Eiffel : **(48° 51' 30,132 N ; 2° 17' 40,1316" E)**
- Avec le format sexagésimal, un degré est divisé en 3600 secondes et une minute en 60 secondes.
48° 51' 30,132 N se lit 48 degrés, 51 minutes et 30,132 secondes.

Exemple

Les coordonnées géographiques du point P sont :

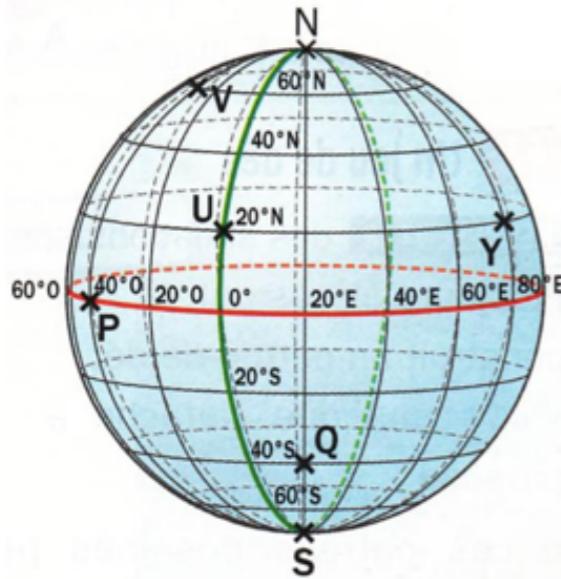
(40° N ; 50° E)

- latitude : 40° Nord (au nord de l'Equateur) ;
- longitude : 50° Est (à l'est du méridien de Greenwich).



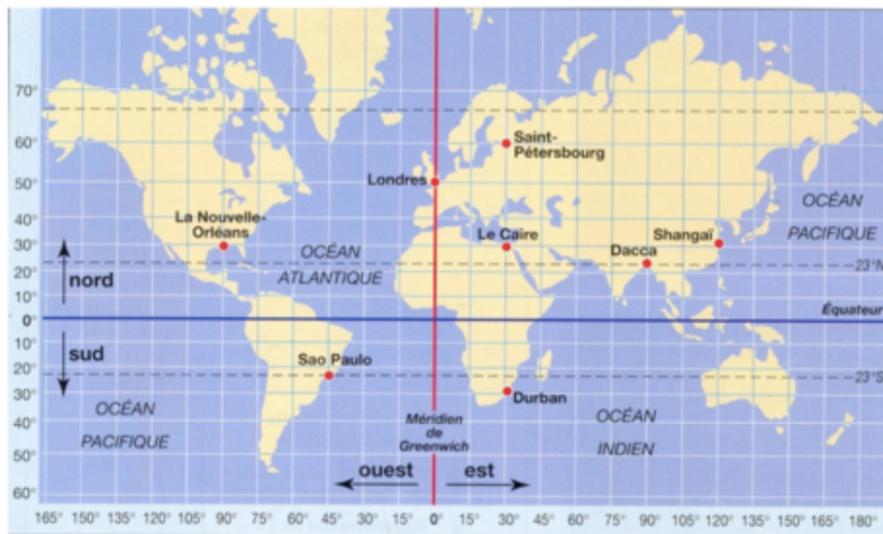
Exercice 1

Trouver les coordonnées des 7 Points P, V, U, N, S, Q et Y , situés sur la sphère ci-dessous :



Exercice 2

Trouve les coordonnées des 8 villes situées sur la carte ci-dessous.



2) Conversion degrés sexagésimaux \Leftrightarrow degrés décimaux

Convertir des degrés sexagésimaux en degrés décimaux

On considère un angle en degrés sexagésimaux DDMMSS avec :

- DD le nombre entier de degrés
- MM le nombre entier de minutes
- SS le nombre réel de secondes

Méthode

1. Garder DD.
2. Diviser MM par 60 (il y a 60 minutes dans 1 degré).
3. Diviser SS par 3600 (il y a 3600 secondes dans un degré (60 secondes par minute)).
4. Additionner ces 3 valeurs pour obtenir l'angle en degrés décimaux.

Exemple

On prend $2^\circ 17' 40,1316''$ en degrés sexagésimaux, on a donc DD = 2, MM = 17 et SS = 40,1316.

1. On garde 2.
2. On divise 17 par 60, ce qui donne 0,28333.
3. On divise 40,1316 par 3600, ce qui donne 0,01115.
4. On additionne $2 + 0,28333 + 0,01115 = \mathbf{2,29448}^\circ$ en degrés décimaux.

Convertir des degrés décimaux en degrés sexagésimaux

On considère un angle en degrés décimaux. DD,dd avec :

- DD le nombre entier de degrés
- 0,dd la partie décimale des degrés

Méthode

1. Décomposer l'angle en partie entière et partie décimale.
La partie entière DD donne le nombre entier de degrés.
2. Multiplier la partie décimale 0,dd précédente par 60, ce qui donne MM,mm et on redécompose en partie entière MM et en partie décimale 0,mm.
Cette partie entière MM donne le nombre entier de minutes.
3. Multiplier la partie décimale 0,mm précédente par 60.
Le résultat donne le nombre réel de secondes.
4. On retranscrit l'écriture complète pour obtenir l'angle en degrés sexagésimaux.

Exemple

On prend $48,858370^\circ$ en degrés décimaux, on a donc DD = 48 et dd = 0,858370.

1. On décompose en 48 et 0,858370.
48 correspond au nombre de degrés.
2. On multiplie 0,858370 par 60, ce qui donne 51,5022 : on décompose en 51 et 0,5022.
51 correspond au nombre de minutes.
3. On multiplie 0,5022 par 60, ce qui donne 30,132.
4. On récapitule : $\mathbf{48^\circ 51' 30,132''}$ en degrés sexagésimaux.

Exercice 3

Convertir en degré décimaux les coordonnées des villes suivantes :

- New-York : ($40^{\circ}42'46.022''$ N, $74^{\circ}0'21.388''$ W)
- Tokyo : ($35^{\circ}41'22.153''$ N, $139^{\circ}41'30.142''$ E)

Exercice 4

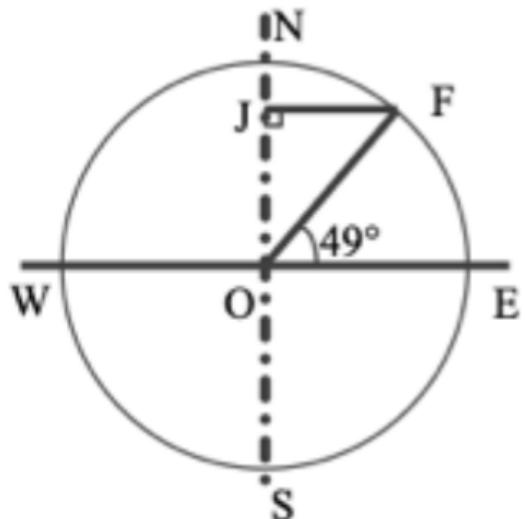
Convertir en degré sexagésimaux les coordonnées des villes suivantes :

- Rio de janeiro : (22.9068467 S, 43.1728965 W)
- Nairobi : (1.292066 S, 36.821946 E)

Exercice 5

On considère la terre comme une boule dont le rayon mesure 6370 km.

1. Calculer la longueur de l'équateur en km.
2. En observant le plan en coupe de la terre ci- contre, calculer le rayon puis la longueur du 49ème parallèle (celui qui passe par F).
3. La latitude du tropique de Capricorne est $23,44^{\circ}$ S. Calculer la longueur du tropique du Capricorne.



Exercice 6

Le **mille nautique** est une unité pour les distances en navigation maritime correspondant à la distance entre deux points de la Terre ayant même longitude et dont la latitude diffère d'un soixantième de degré. ($1/60$ de degré = une minute de degré)

Il s'agit en fait de la distance parcourue sur un méridien lorsque 'on se déplace de $\frac{1}{60}$ de degré sur ce méridien.

1. Quelle distance parcourt-on en km lorsque l'on se déplace de 360° sur un meridien ?
2. En déduire la longueur d'un mille nautique en km ?

II - Système GPS et trame NMEA

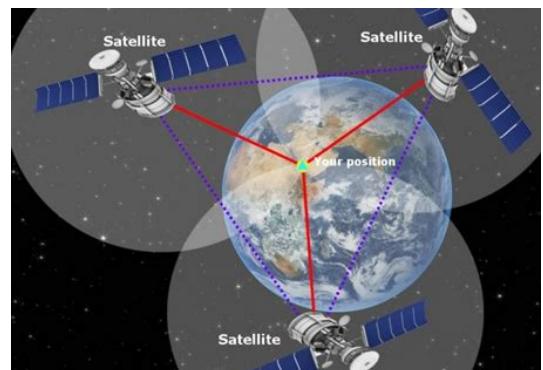
Système GPS

Le principal instrument de localisation , **GPS (Global Positioning System)** a été conçu par l'armée américaine dans les années soixante .

Le premier satellite GPS fut lancé par l'armée américaine en 1978. Il y en a actuellement une trentaine de sorte qu'à tout moment quatre à six satellites au moins sont visibles depuis tout point de la terre. Couplé aux cartes numériques, le système GPS permet de se situer.

Il faut au **minimum 3 satellites** pour avoir une localisation en 2 dimensions à la surface de la terre .

On parle de **trilateration**.



Trame NMEA

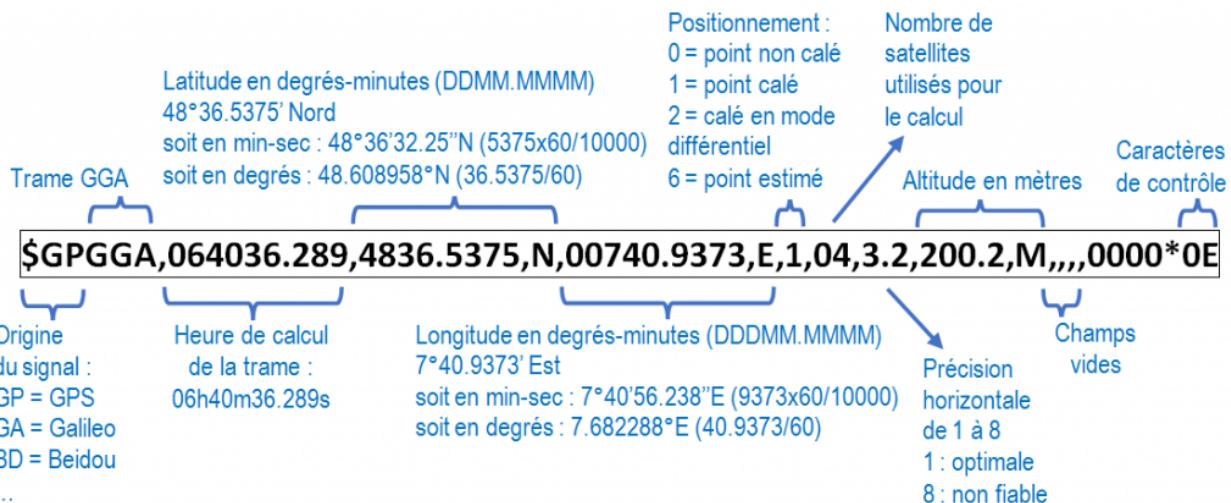
Un récepteur GPS est capable de se **géolocaliser** grâce à la réception de signaux émis par des satellites **géostationnaires**. Le récepteur GPS détermine par calcul sa position et peut la transmettre sous forme d'une trame NMEA.

Cette trame est ensuite utilisée par un équipement (ordinateur, smartphone, montre connectée... qui décode la trame et affiche éventuellement la carte correspondant à la position GPS.

La norme **NMEA (National Marine Electronics Association)** est une suite de caractères contenant des informations de géolocalisation (la latitude, la longitude, la vitesse, l'altitude, le nombre de satellites, l'heure, la date...).

Exemple de trame NMEA

Les quinze composantes de la trame sont séparées par une virgule selon le principe suivant :



Exercice 7

On considère la trame suivante :

\$GPGGA,085410.00,4921.7163,N,00031.3610,E,1,8,1.092,124.760,M,,,0000*0E

1. Donner l'heure à laquelle la trame a été envoyée.
2. Donner la latitude en degrés , minutes , secondes , dixième de secondes.
3. Donner la longitude en degrés , minutes , secondes , dixième de secondes.
4. Donner le nombre de satellites utilisés pour calculer la position.
5. A quelle altitude se trouver le GPS qui a pris la mesure ?

III - Trilateration

- La **trilateration** se base sur la mesure des distances entre le récepteur GPS et plusieurs satellites.
- Chaque satellite envoie un signal avec l'heure d'émission. Le récepteur calcule le temps mis par le signal pour arriver, ce qui donne la distance à ce satellite.
- En connaissant la distance à au moins 3 satellites, le récepteur peut déterminer sa position en 2D (latitude, longitude).
- En connaissant la distance à au moins 4 satellites, le récepteur peut déterminer sa position en 3D (latitude, longitude, altitude).

Remarque

Il ne faut pas confondre **trilateration** et **triangulation**.

La triangulation se base sur la mesure des angles par rapport à des points fixes connus. C'est une méthode souvent utilisée dans la topographie ou certains systèmes radio, mais pas dans le GPS.

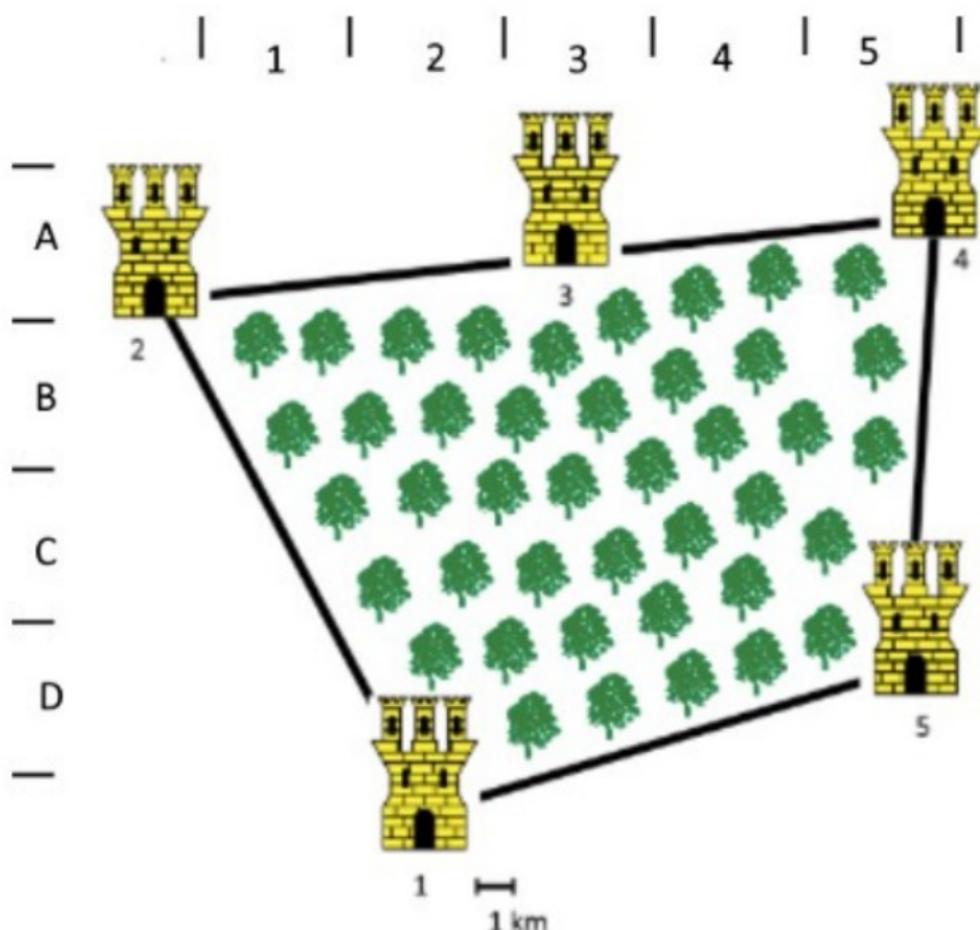
Exercice 8

Le messager du roi de la tour 1 doit se rendre à la tour 3 au travers d'un forêt dense . Pour l'aider à s'orienter, car il ne dispose d'aucun appareil, les tours 1, 2 et 4 vont tirer un coup de canon toutes les heures à 2 min d'intervalle.

Notre messager est perdu. Il décide donc d'entendre les trois coups de canon avant de reprendre sa route .

La première tour tire à 10 h et le messager entend la détonation à 10h30s. Il entend la détonation de la tour 2 à 10 h 2 min 35 s et celle de la tour 4 à 10 h 4 min et 40 s.

Où se trouve notre messager dans le plan ci-dessous (vous donnerez la case). Sachant que notre messager est parti de la tour 1, doit-il continuer tout droit ?



Exercice 9

A l'occasion de l'émission la carte au trésor, les candidats doivent retrouver un trésor à l'aide des informations suivantes :

- trois clés ont été forgées dans des villes différentes (Auxerre , Mâcon , Nevers) puis ont été envoyées par drone (60 km/h) dans un lieu à retrouver.
 - Chaque drone est parti de sa ville au même moment, à 12 h 00 précise, pour aller déposer sa clé.
 - Celui d'Auxerre est arrivé au lieu secret à 12 h 38 , celui de Mâcon à 14 h 35 et celui de Nevers à 13 h 08 .

Déterminer sur la carte de Bourgogne ci-dessous l'endroit secret où doivent se rendre les candidats. On expliquera la démarche.



IV - TP Python

Sur une sphère terrestre, tous les méridiens ont la même longueur. Ce n'est pas le cas des parallèles. Connaissant la latitude d'un parallèle, on peut, en utilisant les fonctions trigonométriques, calculer la longueur d'un parallèle.

La longueur L_p d'un parallèle de latitude lat_p est donnée par la formule suivante :

$$L_p = 2 \times \pi \times \cos(lat_p) \times R$$

où R est le rayon de la terre (6370 km).

Voici un programme python (à compléter) permettant de calculer la longueur d'un parallèle connaissant sa latitude.

```
import math
RAYON_TERRE = 6370

#Fonction de calcul de la longueur parallele
# le parametre latitude est donne en degre.
def longueur_parallel(latitude):
    lat_rad = math.radians(latitude)
    longueur = ... * math.pi * math.cos(...) * ....
    return (longueur)

#PROGRAMME PRINCIPAL
#longueur du 49eme parallele
print("longueur du 49eme parallele = ",longueur_parallel(...))
```

1. Copiez ce programme dans l'éditeur basthon et complétez les pointillés dans la fonction *longueur_parallel* pour qu'elle retourne la longueur d'un parallèle dont la latitude est donnée en paramètre.

Exécutez votre programme et vérifiez qu'il affiche une longueur du 49ème parallèle égale à 26258 km.

Remarque : La fonction *cosinus* de python utilise des angles exprimés en radian. Il s'agit d'une autre unité de mesure angulaire : $1 \text{ radian} = \frac{180 \text{ degrés}}{\pi}$.

Il faut donc convertir la latitude exprimée en degré en radian (ligne *lat_rad = math.radians(latitude)* de la fonction python).

2. Modifiez le programme principal afin de compléter le tableau ci-dessous :

Latitude	Equateur	Tropique	35,6°	40,7°	48,5°	49°	90°
Longueur du parallèle en km						26258	

