

La Géodésie

2^{ème} Année LMD
Génie Civil

La géodésie

- La géodésie est une science qui se propose de définir qualitativement et quantitativement la forme et les dimensions de la terre, et d'en donner des représentations mathématiques.
- Son domaine comprend la description géométrique de la terre et l'étude de son champ de pesanteur, correspondant à des applications pratiques immédiates, telles que par exemple, la topographie et la cartographie.

Sphéricité de la terre

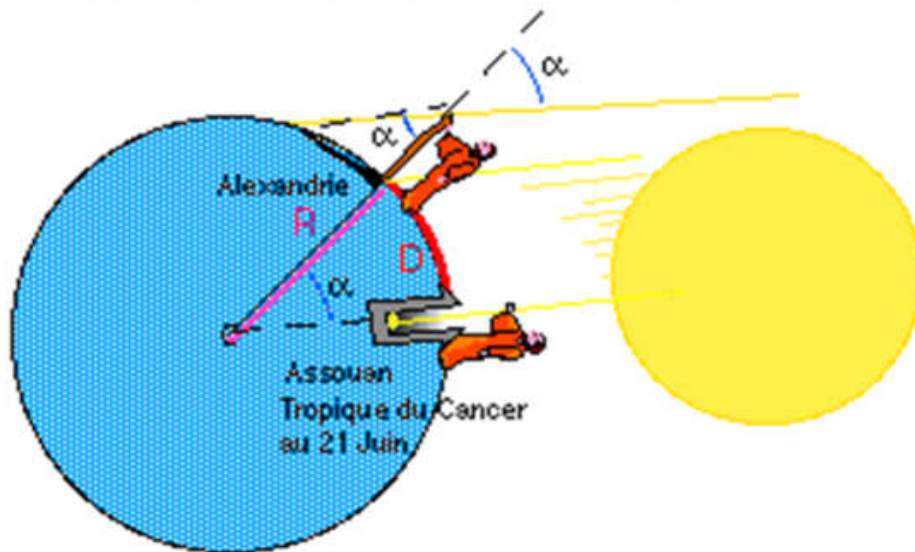
- L'hypothèse d'une terre **sphérique** remonte à l'antiquité.
- Au V^{ème} siècle avant J.C., **Anaxagore** de Clazomènes avait remarqué la forme circulaire de l'ombre portée de la Terre sur la lune lors des éclipses de lune. Il en avait déduit que la terre avait la forme d'un disque.
- Plus tard, d'autres observations, comme la disparition des navires à l'horizon, firent évoluer les idées : **Aristote** (384 - 322 av. J.C.), en déduisit que la Terre est sphérique.
- Au III^{ème} siècle avant J.C., **Ératosthène** de Syène (284 - 193 av. JC), géomètre de l'école d'Alexandrie effectua la première mesure du rayon terrestre.



- Au III^{ème} siècle avant JC, le mathématicien grec **Ératosthène** a calculé le rayon de la Terre. Pour lui, la Terre était ronde (idée avancée par Pythagore et ses disciples) et le Soleil en était suffisamment éloigné pour considérer que ses rayons étaient parallèles.
- Par des voyageurs, il savait qu'à Syène (maintenant Assouan, proche du tropique du Cancer), le 21 Juin à midi, le Soleil atteignait le fonds d'un puits profond et étroit. Or, au même instant à Alexandrie (qui se trouve presque sur le même méridien), il mesura à l'aide de l'ombre d'un objet vertical, un baton, que le Soleil faisait un angle d'environ 7,2° avec la verticale.
- De plus, il savait que les caravanes de chameaux mettaient 50 jours pour se rendre d'Alexandrie à Syène en parcourant 100 « stades par jour » (un stade vaut environ 164 m). Avec ces données, Ératosthène est parvenu à calculer le rayon de la Terre



La mesure du rayon terrestre par Ératosthène

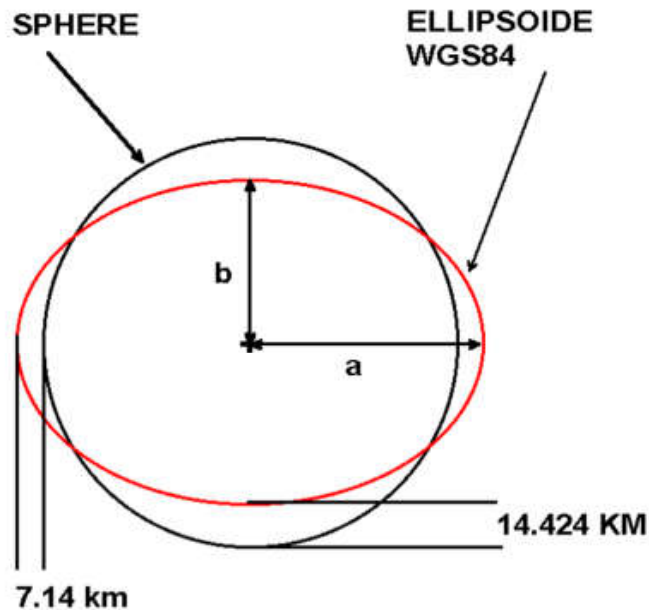


- 1) Les angles au sommet du baton et au centre de la Terre sont égaux. $\alpha = 7,2^\circ$
- 2) La longueur de l'arc correspondant à α est la distance **D**, soit 5000 stades = **820 km**
- 3) La circonférence de la Terre, **L**, correspond à 360° .
$$L = (820 \text{ km} \times 360^\circ) / 7.2^\circ = 41000 \text{ km}$$
- 4) Le rayon de la Terre est $R = 41000 \text{ km} / 2\pi \approx 6523 \text{ km}$ (à comparer avec 6378 km)

L'hypothèse d'une terre légèrement aplatie selon l'axe des pôles date du XVIII^{ème} siècle.



SPHERE TERRESTRE ET ELLIPSOIDE STANDARD DU GPS



Rayon de la sphère : 6370997 m

Ellipsoïde WGS84

Demi grand axe : 6378137 m

Demi petit axe : 6356752.314245 m

Nom	Date	Rayon Equatorial ou demi-grand axe a (mètres)	Rayon Polaire ou demi-petit axe b (mètre)	Aplatissement f = (a-b)/a	Utilisation
IAG-GRS 80 ¹	1980	6 378 137,0	6 356 752,3	1/298,257	Récemment adopté
WGS 72 ²	1972	6 378 135,0	6 356 750,5	1/298,26	NASA
WGS 84 ³	1984	6 378 137	6 356 752,3	1/298,257	NASA
Australian	1965	6 378 160,0	6 356 774,7	1/298,25	Australie
Krasovsky	1940	6 378 245,0	6 356 863,0	1/298,3	Union Soviétique
International	1924	6 378 388,0	6 356 911,9	1/297	Restant du monde
Hayford	1909				
Clarke	1880	6 378 249,1	6 356 514,9	1/293,46	la plupart de l'Afrique, France
Clarke	1886	6 378 206,4	6 356 583,8	1/294,98	Amérique du Nord, Philippines
Airy	1849	6 377 563,4	6 356 256,9	1/299,32	Grande Bretagne
Bessel	1841	6 377 397,2	6 356 079,0	1/299,15	Europe Centrale, Chili, Indonésie
Everest	1830	6 377 276,3	6 356 075,4	1/300,80	Inde, Burma, Pakistan, Afganistan, Thaïlande...

1) Système géodésique de référence. Ellipsoïde dérivé du modèle de Terre adopté par la 17^{ème} assemblée de l'union Géodésique et Géophysique Internationale.

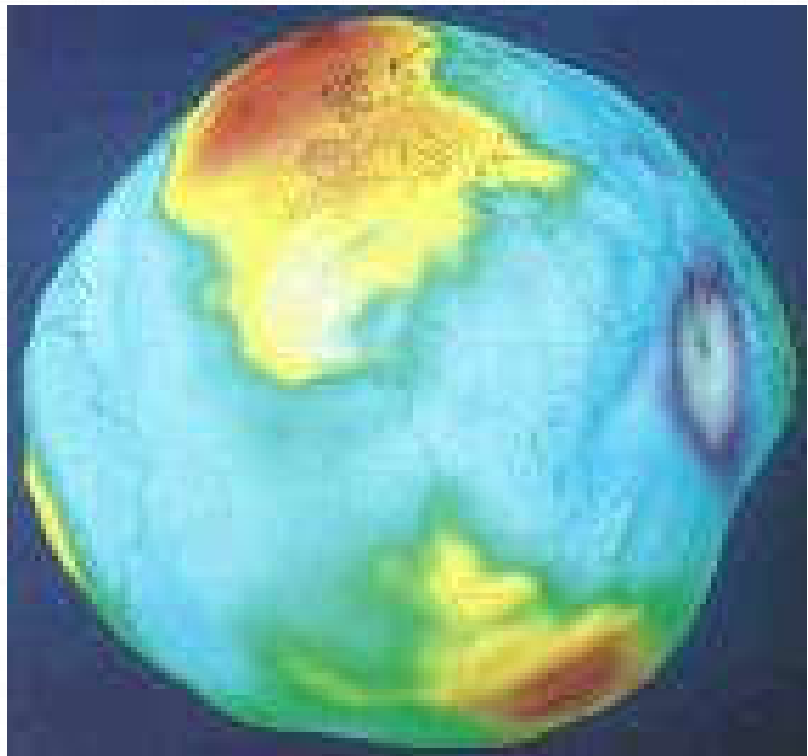
2 et 3) WGS : Système géodésique mondial (World Geodetic System)

Irrégularité de la forme de la terre

- Mais la forme réelle de la terre est irrégulière, et s'éloigne par endroit beaucoup de la forme ellipsoïdale.
- d'où la nécessité de chercher une forme qui se rapproche le plus de la forme réelle de la terre.
- Les scientifiques ont opté pour une surface qui passe par le niveau moyen des mers et qui est prolongé sous les continents.
- Cette surface s'appelle Géoïde.

Le Géoïde terrestre

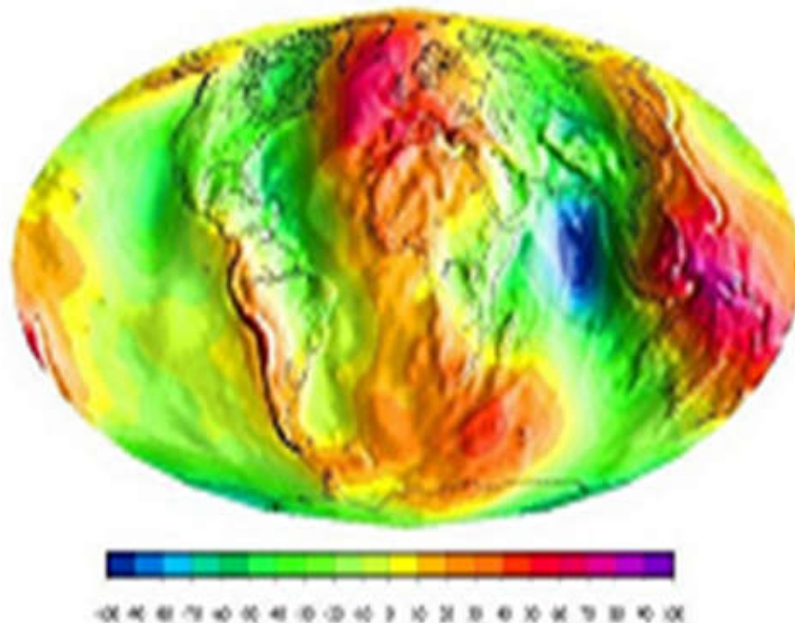
Les irrégularités sont exagérées pour bien les apercevoir



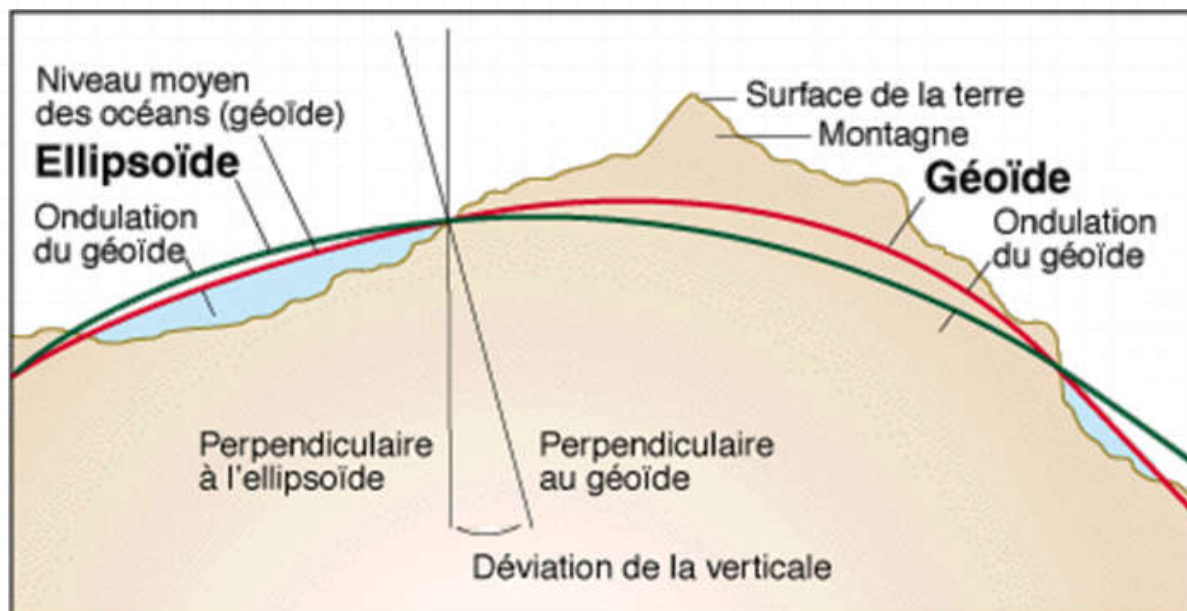
Le Géoïde terrestre

- On peut ainsi considérer que la terre est constituée du géoïde surmonté du relief.
- Le géoïde peut être considéré comme une surface équipotentielle de pesanteur, passant par l'origine du nivellement, c'est à dire ajustée au niveau moyen des mers (marée haute et marée basse).
- Le géoïde n'a pas de représentation géométrique simple, à cause de l'irrégularité de répartition des masses constituant la terre. Toutefois, ce géoïde se rapproche des différents ellipsoïdes calculés pour matérialiser la forme de la terre.
- En général, et en tout point, les ellipsoïdes ne diffèrent pas du géoïde de plus d'une centaine de mètres.
- La verticale d'un point est l'axe perpendiculaire au géoïde passant par ce point. Elle peut être matérialisée par un fil à plomb.

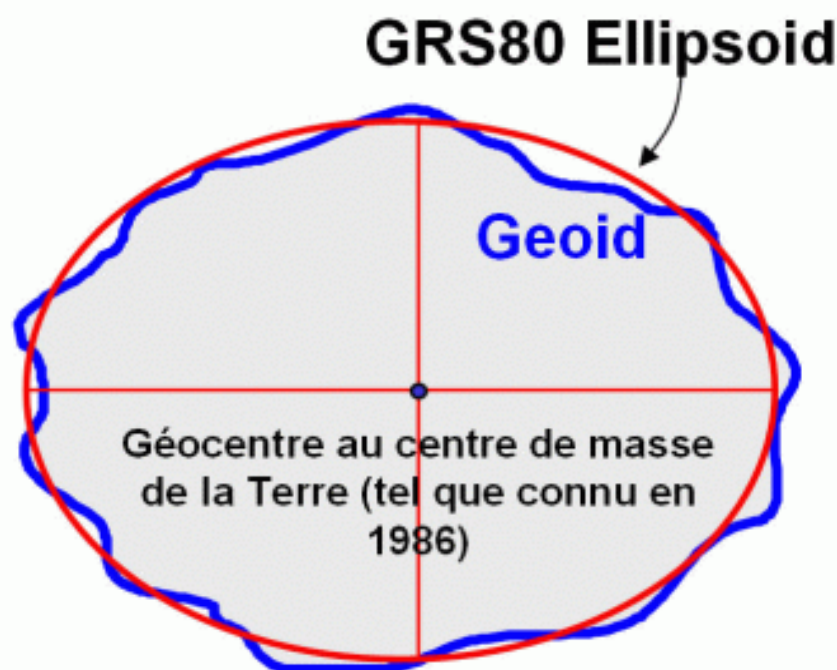
Hauteurs du géoïde en m par rapport à l'ellipsoïde terrestre



Surface réelle de la terre, Géoïde et ellipsoïde



Forme du géoïde par rapport à l'ellipsoïde : (Les irrégularités sont exagérées)



Les méridiens et parallèles

- Pour les besoins du positionnement et les fuseaux horaires, le globe terrestre ainsi matérialisé est subdivisé en :
- 360 (ou 400) lignes fictives, équidistantes et orientées selon l'axe de rotation de la terre. Elles sont appelées les Méridiens. Le méridien d'origine s'appelle (le méridien de Greenwich ou méridien international). Les méridiens sont comptés positivement à l'Est du méridien d'origine (de 0 à + 180° ou de 0 à + 200 grades) ou négativement à l'ouest du méridien d'origine (de 0 à - 180° ou de 0 à - 200 grades). Tous ces méridiens se rencontrent au pôle Nord géographique et au pôle Sud géographique.
- 180 lignes fictives, équidistantes, orientées perpendiculairement aux premiers et appelées Les parallèles. Le parallèle qui passe par le milieu du globe est appelé l'Équateur. Les parallèles sont comptés positivement dans l'hémisphère Nord (de 0 à + 90° ou de 0 à + 100 grades) et négativement dans l'hémisphère Sud (de 0 à - 90° ou de 0 à - 100 grades).

Les méridiens et les parallèles



Microsoft © Encarta © 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

Les coordonnées géographiques

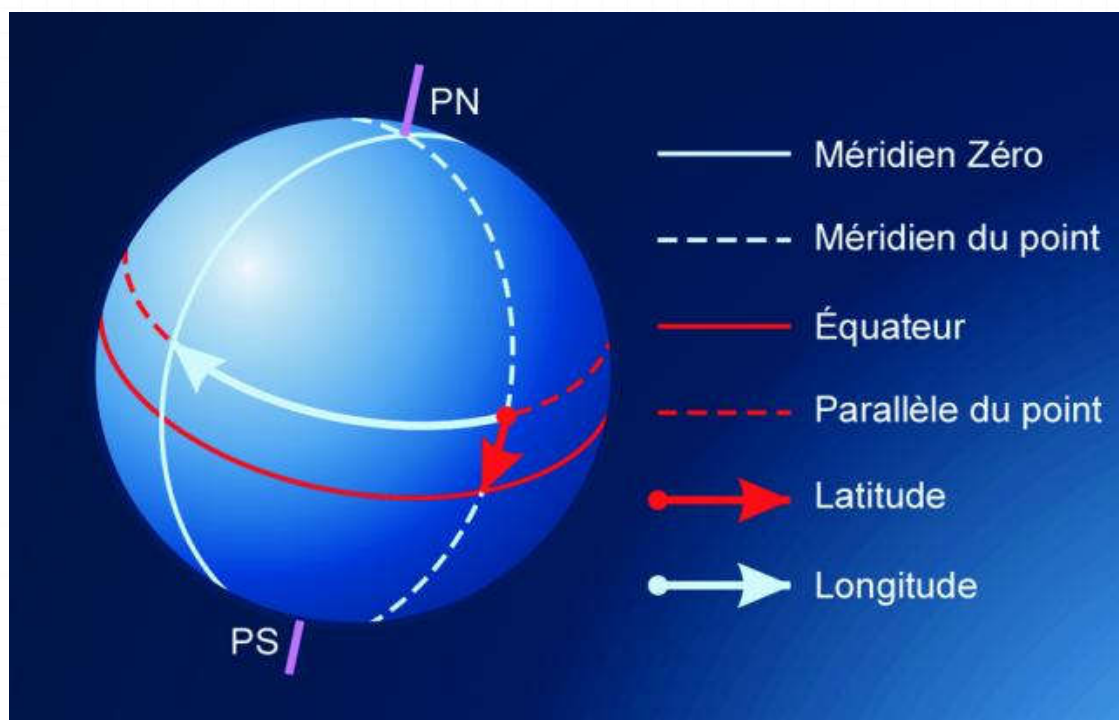
- N'importe quel point à la surface de la terre est repéré par une latitude, une longitude et une altitude.
- **La latitude** est la distance en degré (grade) entre un point et l'équateur, plus précisément, c'est l'angle que fait la verticale de ce lieu (si on continue le trait vers le centre de la terre) avec le plan de l'équateur.
- **La longitude** est l'angle dièdre (formé par deux demi-plans se coupant suivant une droite commune) formé par le méridien du lieu considéré avec le méridien origine (le méridien de Greenwich ou méridien international pour les coordonnées en degré; et méridien de Paris pour les coordonnées en grade).
- Ces coordonnées sont calculées en degrés, minutes sexagésimales et secondes sexagésimales ou en grades, minutes centésimales et secondes centésimales.
- L'angle entre le méridien de Greenwich et le méridien de Paris = $2^{\circ}20'14''$.
- Le méridien international passe par la ville de Londres en Angleterre et près des villes de Mostaganem et Mohammedia (Wilaya de Mascara) en Algérie.
- **Altitude:** On appelle altitude d'un point, la distance entre ce point et sa projection sur le géoïde le long de la verticale de pesanteur. L'altitude est comptée positivement dans le sens de la verticale ascendante.
- Un point sur la surface topographique est défini par l'intersection d'un méridien (longitude) et d'un parallèle (latitude). Ces coordonnées s'écrivent de la façon suivante :
 - x = 3G 24' 35" Est du méridien de Paris (longitude)
 - y = 40G 42' 09" Nord (latitude)
 - 762 m (altitude)

Remarque :

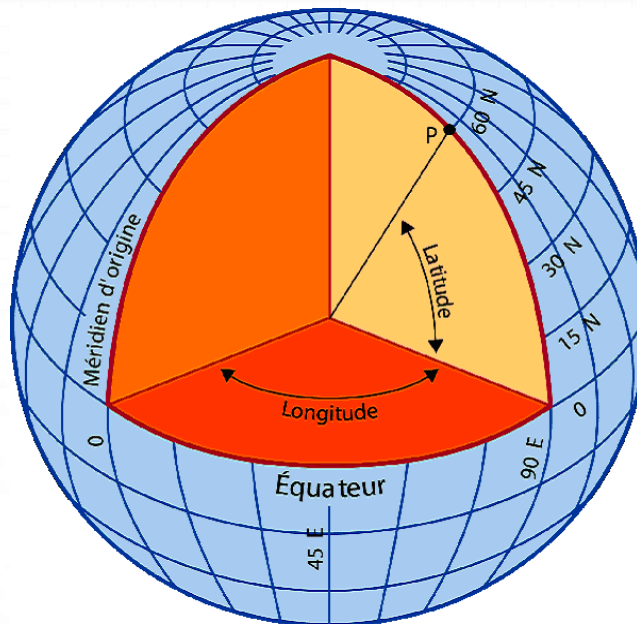
Le territoire algérien est situé approximativement :

- Longitude entre $-08^{\circ}40'$ et $+12^{\circ}$; Latitude entre $+19^{\circ}$ et $+37^{\circ}05'$.

La latitude et la longitude



La latitude et la longitude



- La Terre possède un champ magnétique produit par les déplacements de son noyau externe composé essentiellement de fer et de nickel en fusion conducteurs qui se comporte comme une gigantesque dynamo.
- Le champ magnétique terrestre est engendré par les mouvements du noyau métallique liquide des couches profondes de la Terre.
- Le champ magnétique terrestre peut être comparé, en première approximation, à un aimant droit (un dipôle magnétique) ou à une bobine plate parcourue par un courant. Le point central de cet aimant n'est pas exactement au centre de la Terre, il s'en trouve à quelques centaines de kilomètres.
- Le champ magnétique terrestre fait orienter l'aiguille (l'aimant) de la boussole vers les pôles Sud et Nord magnétiques (et non géographiques). L'axe géomagnétique, passant par les deux pôles magnétiques, fait actuellement, un angle de $11,5^\circ$ par rapport à l'axe de rotation de la Terre et de ce fait, **le pôle nord magnétique (N_m) est à environ 1000 km du pôle nord géographique (N_g), en direction du Canada**. La position actuelle du pôle nord magnétique est $81^\circ N$ et $110^\circ W$ mais **il se rapproche actuellement du pôle nord géographique à une vitesse moyenne de 40 km/an**. En outre la position du pôle magnétique varie au cours de la journée, se déplaçant ainsi de plusieurs dizaines de km autour de sa position moyenne.
- Le pôle Sud **magnétique**, quant à lui, se trouve au large de la Terre Adélie, dans la mer d'Urville, à $65^\circ S$ et $138^\circ E$

Champ magnétique terrestre

