

Orbites GNSS

MEO

Corps central	Type d'orbite	Usage	Nombre de satellites
Terre	MEO	Navigation, applications	Une centaine

Les constellations de radionavigation par satellite, désormais dénommées GNSS, pour *Global Navigation Satellite System*, sont toutes placées en région MEO, *Medium Earth Orbit*, à une altitude de l'ordre de 20 000 km.

Le principe du positionnement

Les satellites de radionavigation diffusent en permanence leurs positions et l'instant d'émission au moyen d'ondes électromagnétiques. Le récepteur détermine à partir de ces informations, et de sa propre horloge, la distance qui le sépare des satellites. En croisant les informations en provenance de l'ensemble des satellites en visibilité, il détermine ainsi sa position et l'erreur commise par sa propre horloge : avec quatre inconnues à résoudre (trois positions et une correction en temps), il faut un minimum de quatre satellites pour faire fonctionner l'algorithme. Dans la pratique, ce nombre peut aller jusqu'à 11 pour un même système, et plus il est élevé, meilleure est la résolution des équations (méthode basée sur les "filtres de Kalman").



FIGURE 1 – Trace de l'orbite sur une journée d'un satellite GPS (PRN 32, le 25 février 2015). Le phasage avec la rotation de la Terre induit une trace répétitive : les mêmes points de la Terre sont survolés tous les jours (mais pas aux mêmes heures). © Google maps.

Paramètres orbitaux

Le choix d'une altitude pour un système de type GNSS est un compromis entre le nombre de satellites à lancer (plus le

satellite est haut, plus il sera visible d'une portion grande de la Terre), et la puissance nécessaire à bord pour assurer la transmission au sol des signaux électromagnétiques.

Le choix de l'excentricité est simple : une orbite la plus circulaire possible garantit des distances au sol toujours du même ordre de grandeur. C'est la solution retenue en permanence.

L'inclinaison sur l'équateur, elle, doit permettre à la fois une visibilité des satellites depuis tous les endroits de la Terre, tout en privilégiant une disponibilité maximale dans les régions de latitudes moyennes, les plus industrialisées, et les plus demandeuses de positionnement précis.

L'ensemble des constellations de radionavigation par satellite ont une inclinaison nominale de l'ordre de 55°, à l'exception de la constellation Glonass, avec une inclinaison d'environ 65°, voulant privilégier la radionavigation dans l'ensemble des régions de l'ex-URSS. Toutes permettent d'observer les pôles. La Fig. 1 et la Fig. 2 sont deux exemples de traces répétitives à inclinaison de 56°.



FIGURE 2 – Trace de l'orbite sur trois jours d'un satellite Galileo (Galileo-FM4, à partir du 25 février 2015). La trace de l'orbite formerait une boucle fermée si elle avait été représentée sur 10 jours. © Google maps.

TABLE 1 – Valeurs orbitales nominales des systèmes GNSS. La période orbitale est ici la période draconitique (intervalle de temps séparant deux passages consécutifs au nœud ascendant). Navstar (I) désigne la première génération des satellites GPS (Block I), et Galileo [0] l'avant projet du système européen.

	Navstar/GPS	Glionass	Galileo	BeiDou-NS	Navstar (I)	Galileo [0]
Altitude h	20 183 km	19 130 km	23 222 km	21 528 km	20 182 km	23 616 km
Excentricité e	≈ 0.0060	≈ 0.0005	≈ 0.0005	≈ 0.0005	≈ 0.0060	≈ 0.0005
Inclinaison i	55.0°	64.8°	56.0°	56.3°	63.0°	56.0°
Période orbitale T	718 min	676 min	845 min	773 min	718 min	862 min
Commensurabilité	2 : 1	17 : 8	17 : 10	13 : 7	2 : 1	5 : 3