

Le GPS



Présentation de Patrice Bellanger du CDRP 64

Le GPS, QU'EST-CE QUE C'EST ?

- GPS = *Global Positioning System* (système de positionnement mondial).
- Un nom devenu éponyme (*GPS* est le nom du réseau américain).
- Permet de déterminer sa position sur l'ensemble du globe, avec une précision nominale horizontale de 20 m.
- Fondé sur un réseau de satellites (la constellation).
- Nécessite un récepteur spécifique.
- Différences / ressemblances avec le téléphone cellulaire et la radiodiffusion.

ORIGINE HISTORIQUE DU GPS

- Origine historique du GPS : armée américaine (US Navy).
- Grandes étapes :
 - années 60 : lancement du projet,
 - 1978 : 1^{er} satellite,
 - 1995 : 24 satellites opérationnels, système ouvert au public en version bridée (précision 100 m),
 - 2000 : levée du brouillage, la précision passe à 10 m pour le public,
 - 2011 : constellation de 30 satellites Navstar dont 24 opérationnels sur 6 plan orbitaux.



AUTRES GNSS

GPS n'est pas le seul GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

- GLONASS (**Russie**, 1980) :
 - en juillet 2014, 30 satellites dont 24 en service, couvre la terre entière,
 - précision 2 à 3 mètres.
- BEIDOU ou COMPASS (**Chine**, 1993) :
 - 16 satellites à fin 2013, opérationnel en Asie,
 - précision moins de 10 m.
- En **Inde**, système en préparation : IRNSS.
- Et au **Japon** : projet QZS.

GALILEO



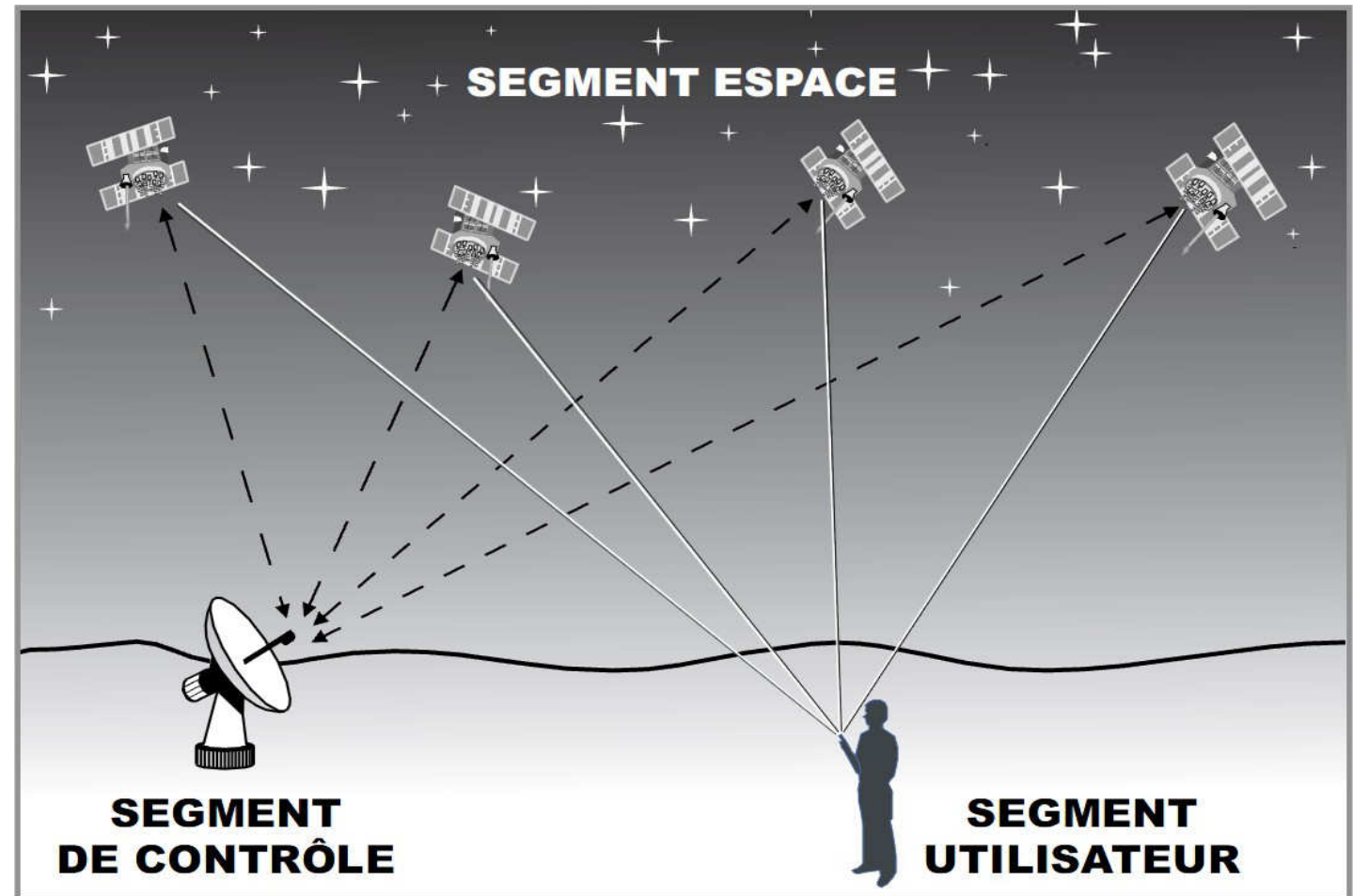
- Système européen sous contrôle civil (Commission européenne, Agence Spatiale Européenne), lancé en 2001.
- À terme, 24 satellites opérationnels, précision 1 mètre, mais 10 ans de retard pour des problèmes techniques et financiers.
- Fin décembre 2017 : 22 satellites ont été lancés: 14 actifs, 6 en test, 2 inactifs.
- Prochain lancement : 2018 (4 satellites).
- à terme : 30 satellites (24 opérationnels, 6 en réserve).
- Système actuellement opérationnel, mais peu de récepteurs.

DOMAINES D'UTILISATION

- Domaine militaire (guidage des missiles),
- navigation maritime,
- navigation aérienne,
- navigation des véhicules terrestres (Tomtom...),
- randonnée pédestre, vélo, géocaching, etc.,
- géodésie (étude de la forme de la terre),
- sécurité, secours,
- vie quotidienne (smartphones)...

ORGANISATION DU SYSTÈME

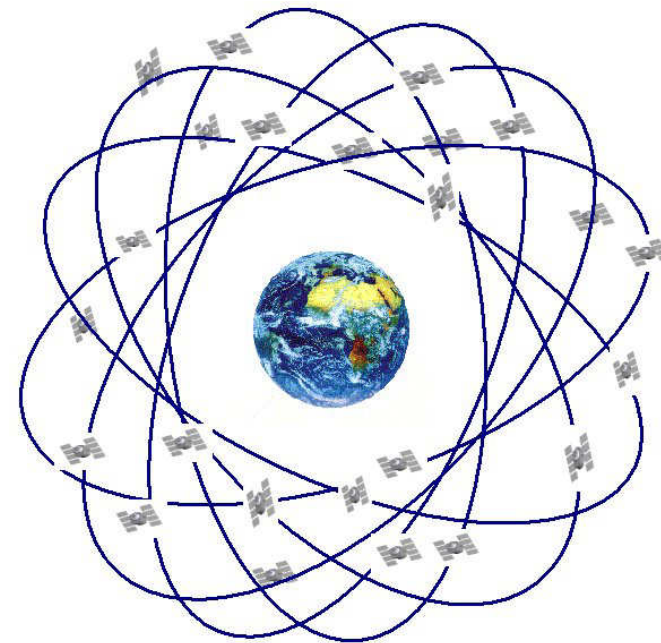
**Il repose
sur 3
segments**



ORGANISATION DU SYSTÈME GPS

Le segment spatial

- En 2011, 30 satellites émetteurs NAVSTAR,
- 6 plans orbitaux,
- révolution env. 12 h,
- orbite env. 20 000 km,
- durée de vie env. 10 ans,
- des satellites sont toujours régulièrement lancés.



ORGANISATION DU SYSTÈME

Le segment de contrôle

- 5 stations de contrôle au sol (armée américaine),
- pilotage et surveillance du système,
- contrôle des éphémérides (trajets des satellites) et des paramètres d'horloge.



ORGANISATION DU SYSTÈME

Le segment utilisateurs

- Ensemble des utilisateurs civils et militaires,
- disposant d'un récepteur GPS,
- utilisateurs en nombre illimités (à comparer à la radiodiffusion, pas au téléphone mobile).



COMMENT ÇA MARCHE

- Les satellites embarquent des horloges atomiques.
- Ils émettent continuellement des signaux électromagnétiques à la vitesse de la lumière (ces signaux sont de type micro-ondes mais très faibles).
- Les signaux contiennent l'identification du satellite, l'heure d'émission et :
 - **l'éphéméride** : information précise de la position du satellite, utilisée pour faire les mesures de calcul des distances, mis à jour toutes les heures, valable environ 6 heures,
 - **l'almanach** : information générale sur la localisation de l'ensemble des satellites dans la constellation pour les 8 prochains jours.

COMMENT ÇA MARCHE

Ce que le récepteur GPS reçoit et calcule

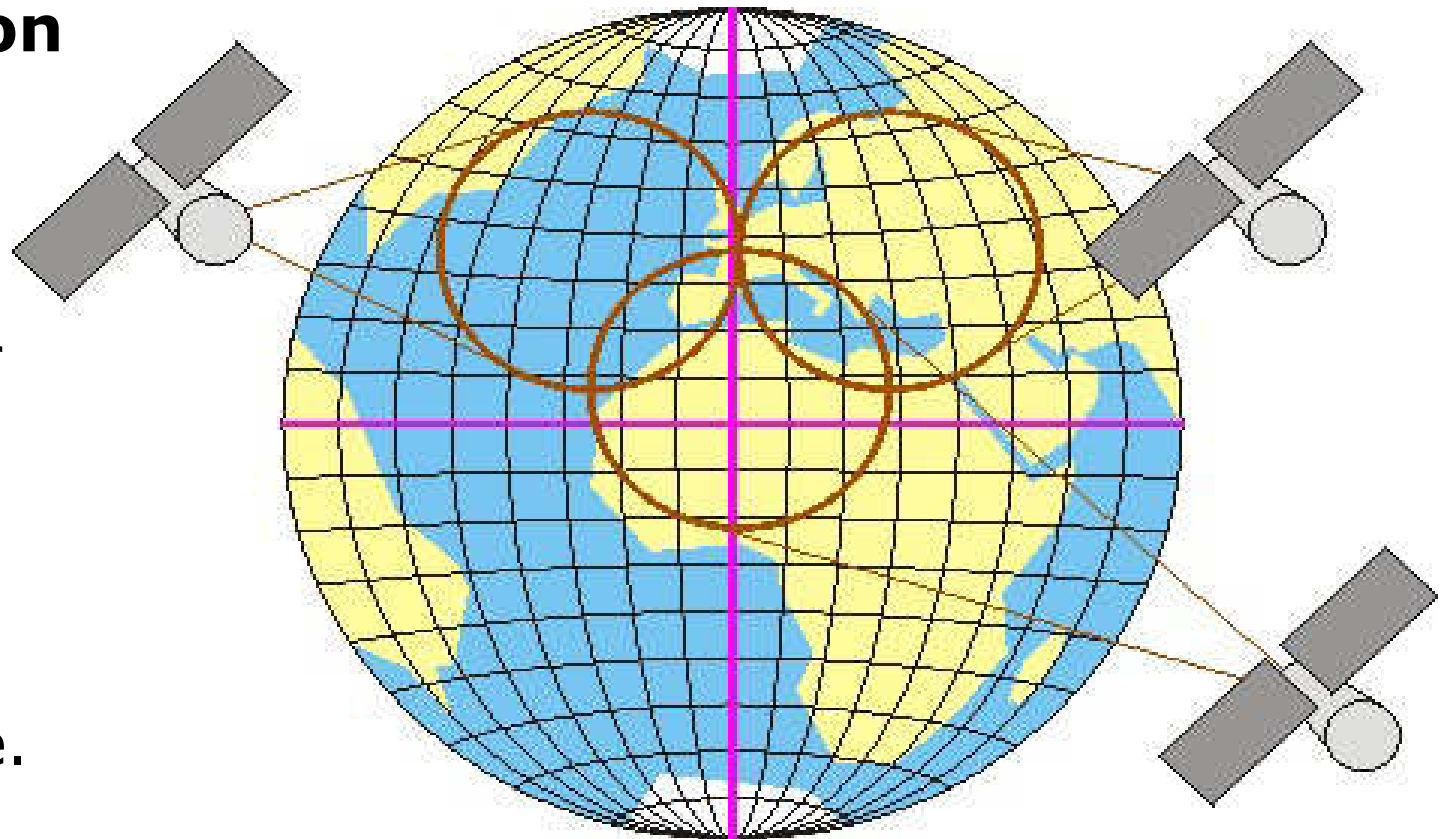
- Le récepteur GPS compare l'heure d'émission incluse dans le signal du satellite à l'heure de son horloge interne corrigée par comparaison avec plusieurs satellites.
- La différence multipliée par la vitesse du signal fournit une estimation de la distance :

Vitesse du signal x Temps de voyage = Distance

COMMENT ÇA MARCHE

La trilatération

Le récepteur GPS a besoin d'au moins **3** satellites pour déterminer la localisation,
+ 1 pour caler les horloges et obtenir l'altitude.



COMMENT ÇA MARCHE

Les sources d'erreur (1)

- La synchronisation des horloges émetteur et récepteur : un écart d'un millionième de seconde = une erreur de **300 m** sur le terrain ! (cette erreur est résolue par la réception d'au moins 4 satellites)
- La position des satellites, répartis dans un cône d'observation étroit (c'est moins bon) ou large (c'est meilleur)

COMMENT ÇA MARCHE

Les sources d'erreur (2)

- La traversée de la troposphère (pression, humidité),
- La traversée de la ionosphère (modifiée par le rayonnement solaire),
- Les obstacles naturels terrestres : feuilles des arbres, effet canyon, pluie, brouillard...

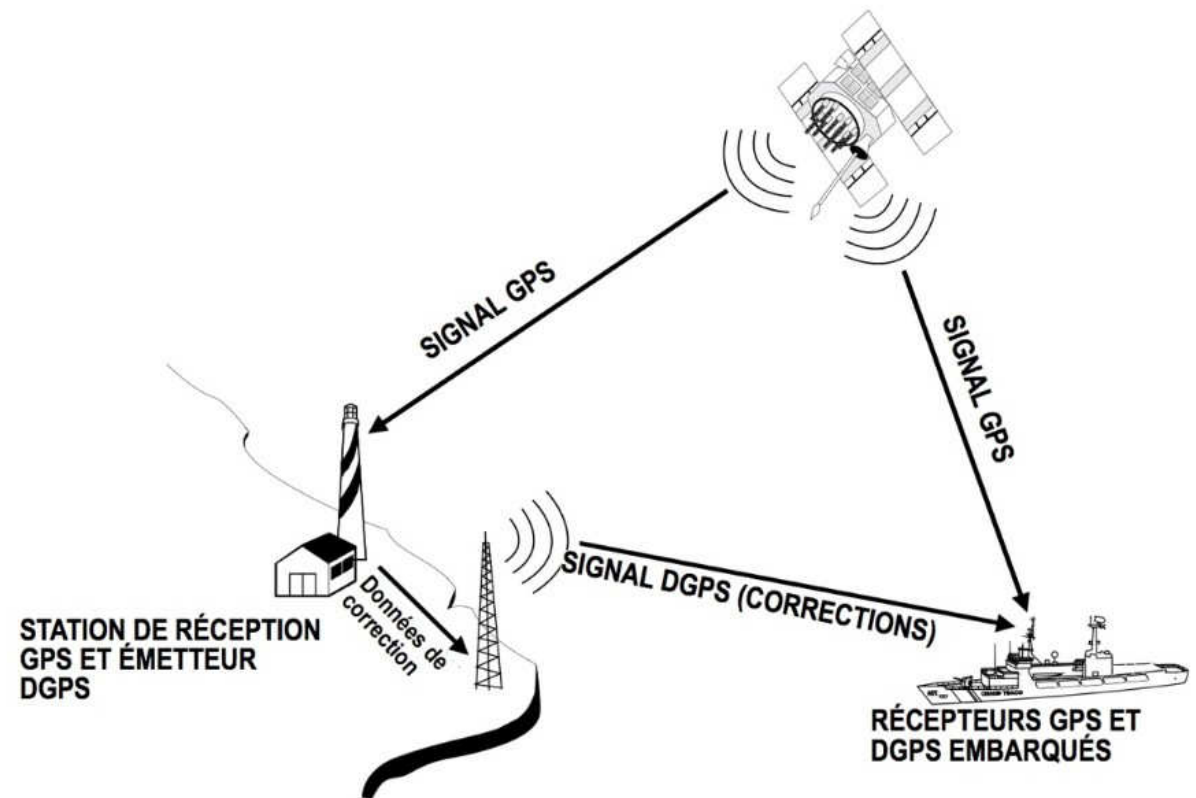


LES AMELIORATIONS DU GPS

Le DGPS (GPS différentiel)

Principe du DGPS

- mesurer sa position par rapport à un récepteur-émetteur fixe, dont la position est connue et appliquer les corrections.
- Ce service se développe à proximité des aéroports et des côtes.



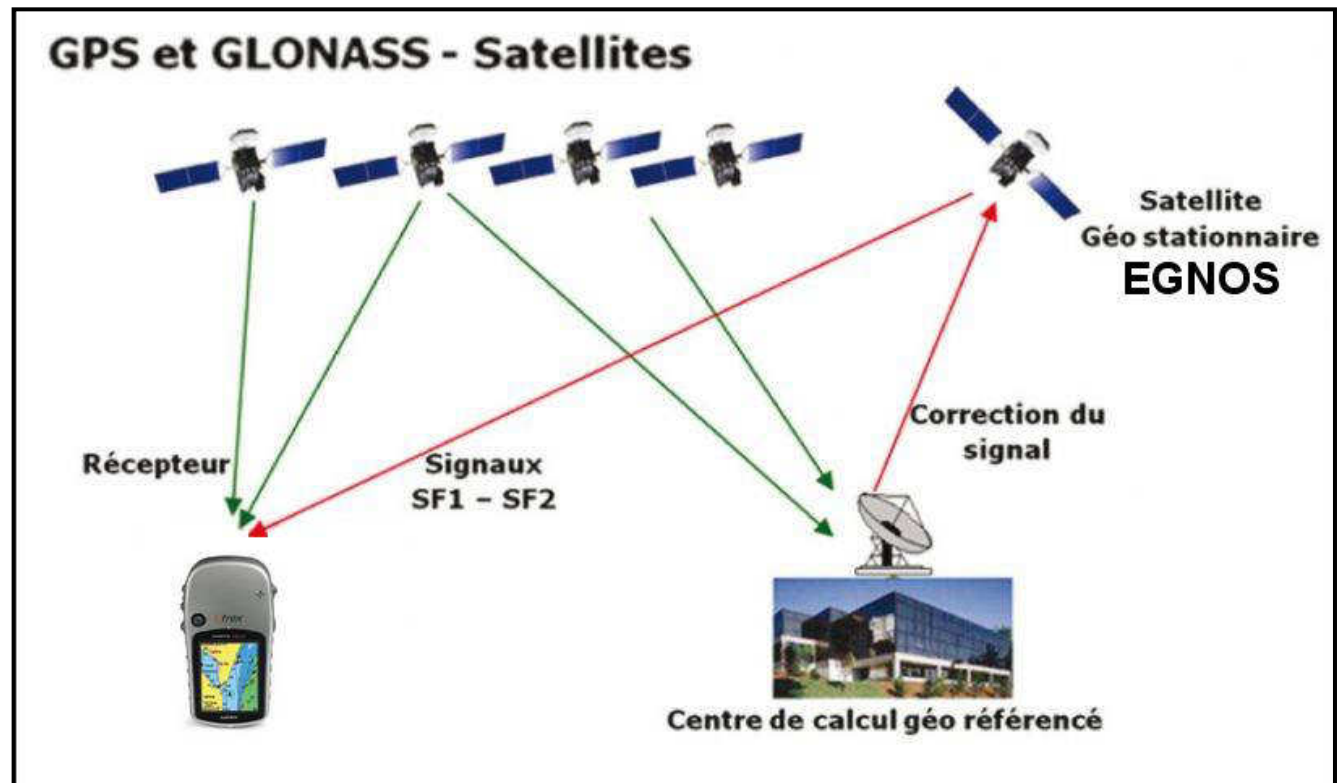
LES AMELIORATIONS DU GPS

Les SBAS (Satellite-Based Augmentation Systems)

- En Amérique du nord : le WAAS.
- En Europe, c'est le système **EGNOS** :
European Geostationary Navigation Overlay Service
(Service Européen de Navigation par Recouvrement Géostationnaire) opérationnel depuis 2009,
- 40 stations terrestres + 4 centres de contrôle répartis sur toute l'Europe et l'Afrique du nord,
- 3 satellites géostationnaires.

LE SYSTÈME EGNOS

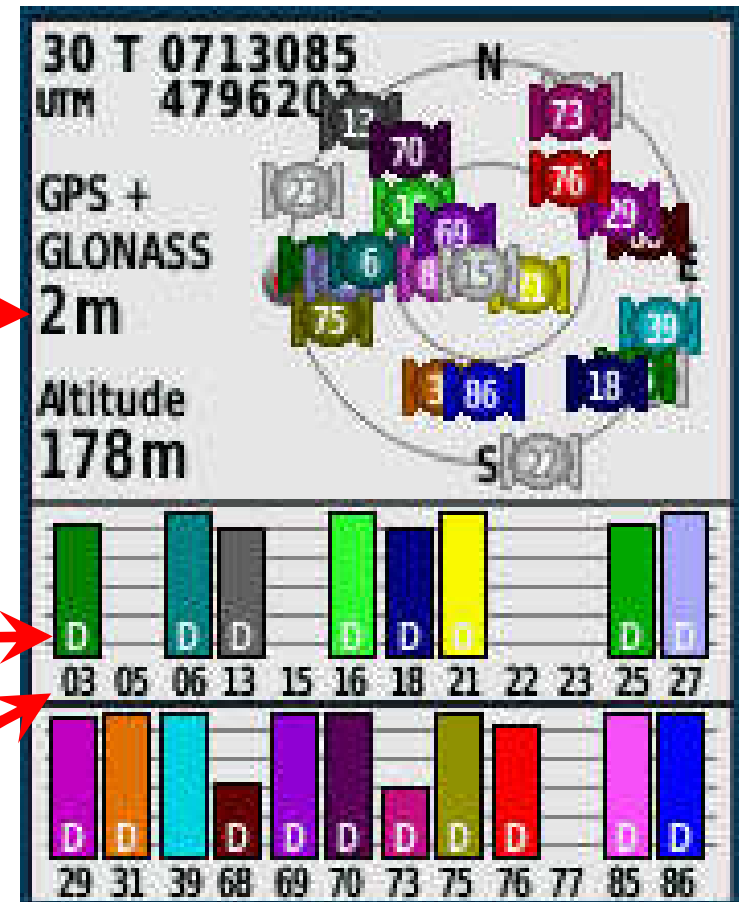
- Les stations terrestres calculent les erreurs et envoient les corrections aux satellites EGNOS.
- Les satellites EGNOS émettent vers les récepteurs GPS - WAAS/EGNOS.



➔ Le réseau français Teria (experts géomètres, une centaine de récepteurs en France), offre une précision centimétrique.

LE SYSTÈME EGNOS

- Le système EGNOS fait passer la précision nominale de 20 m à 2 m.
- Sur le GPS, la lettre « D » indique que le satellite fait l'objet d'une correction par le système DGPS.
- Les n° PRN (des satellites) :
 - 1 à 32 = GPS
 - 33, 39 ou 49 = EGNOS
 - 65 à 96 = GLONASS



Fenêtre Satellites de l'Etrex 30

Les fonctions d'un récepteur GPS

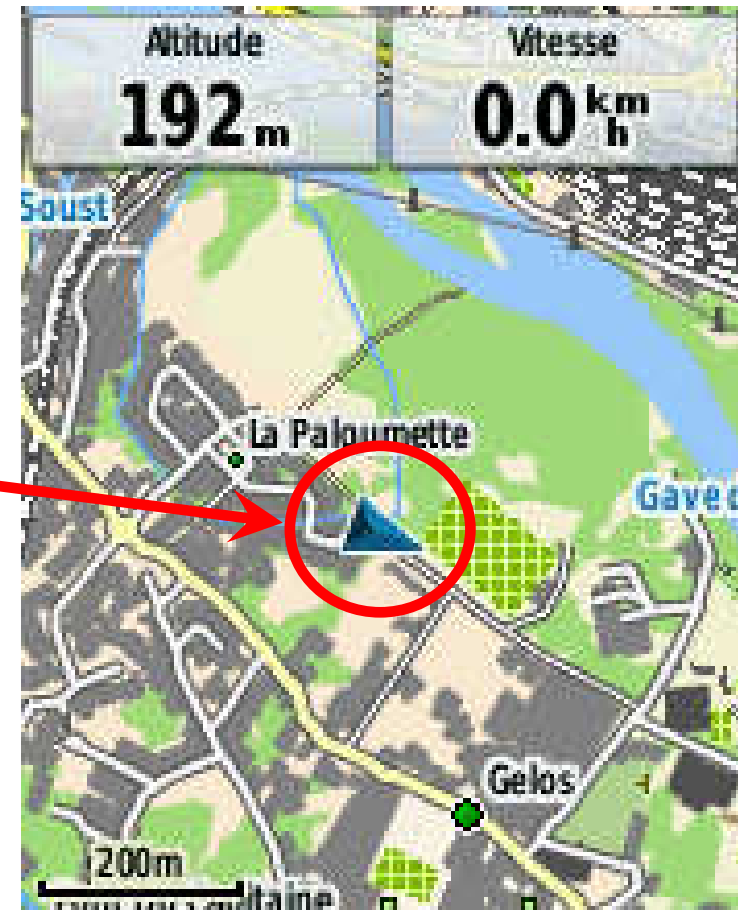
Fournir des informations (écran Garmin Etrex 30)

Précision du récepteur	Précision GPS 3_m	Position 30 T 0713168 UTM 4796231	Coordonnées (ici dans le système UTM-WGS84)
Altitude	Altitude 195_m	Odo. trajet 69_m	Distance parcourue
Vitesse de marche	Vitesse 4.1_{km/h}	Moy. globale 3.1_{km/h}	Vitesse moyenne
Temps total (ici 1 min 21 sec)	Temps total 01:21	Tps déplac. 01:03	Temps de déplacement
Vitesse montée	Vit. verticale 0.9_m↑	Baromètre 1022_{P_a}	Pression atmosphérique

Les fonctions d'un récepteur GPS

Autre fonction

- Positionner le point de réception sur une carte embarquée.

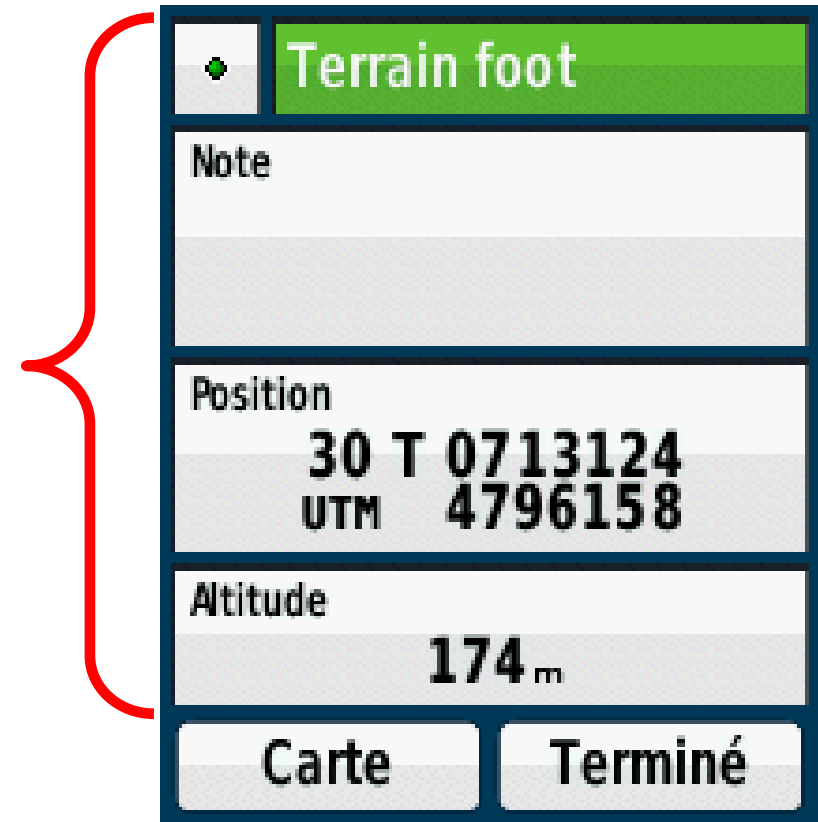



Les fonctions d'un récepteur GPS

Autre fonction

- mémoriser un point remarquable (waypoint)

Ce point est enregistré dans la mémoire du GPS.



	Terrain foot
Note	
Position	30 T 0713124 UTM 4796158
Altitude	174_m
Carte	Terminé

Les fonctions d'un récepteur GPS

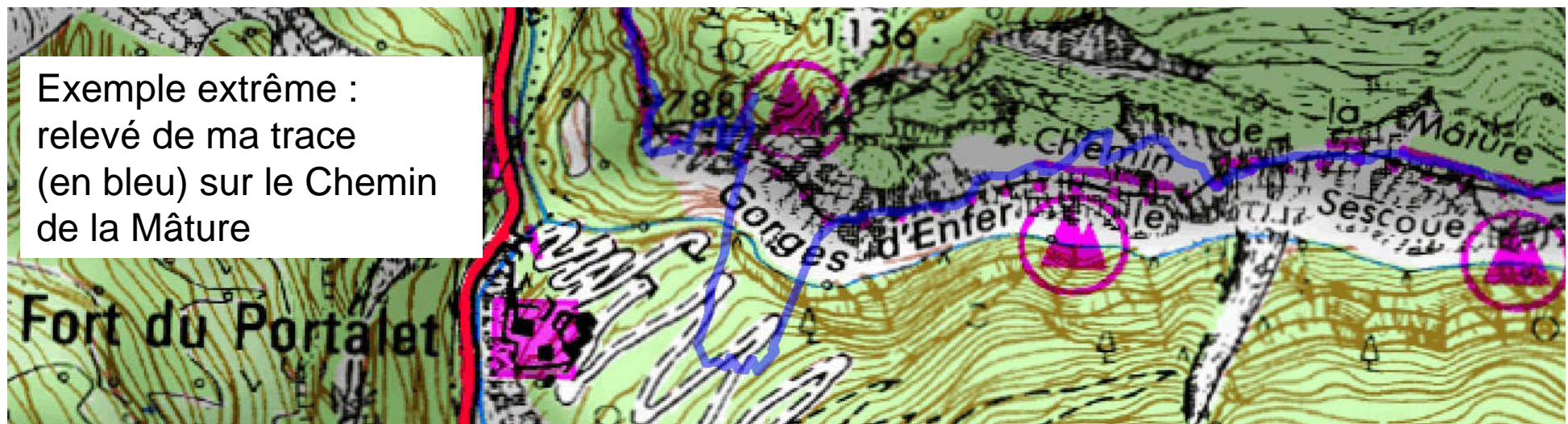
Fonctions annexes principales

- Fournir l'**élévation**, hauteur calculée par rapport à l'**ellipsoïde** (alors que la carte IGN fournit l'**altitude** calculée à partir du **géοïde**, niveau moyen de la mer),
- enregistrer la trace d'une randonnée (un relèvement toutes les 10 ou 20 sec par ex.),
- fournir des indications de navigation (cap) pour suivre un itinéraire ou joindre un waypoint (repère).

Les limites du GPS

Le fonctionnement du GPS peut être perturbé...

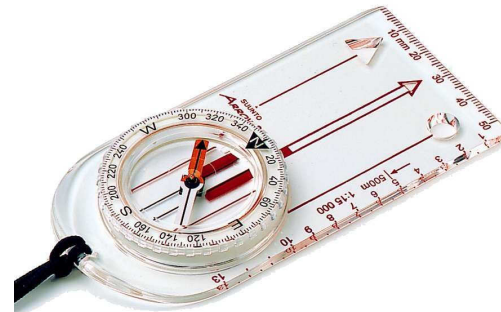
- Lieux fermés : bâtiments, grottes...
- Forêts épaisses (surtout s'il pleut),
- Effet canyon (parois rocheuses, immeubles...).



En guise de conclusion

Le récepteur GPS est un complément...

- Il s'ajoute aux autres instruments de navigation traditionnels :
 - carte,
 - boussole,
 - altimètre barométrique.
- Il ne les remplace pas !



En guise de conclusion

Le récepteur GPS offre de nouvelles possibilités

- Partager, échanger des itinéraires de rando (fichiers GPX),
- travailler avec des logiciels cartographiques pour archiver et retrouver ses randonnées (ex. CartoExploreur 3D®),
- préparer ses randonnées depuis son ordinateur (longueur, durée, dénivelée) et les importer dans son GPS,
- améliorer la sécurité, etc.

