

Le géo-positionnement par satellites

mardi 17 avril 2018

Mers & Bateaux

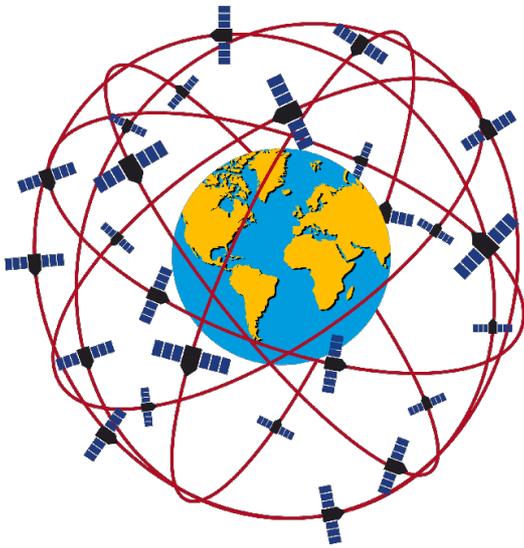


Les opérations de navigation maritime sont grandement simplifiées par les outils informatiques ; et celui qui vous donne votre position, quelque soit l'état de la mer et la couverture météorologique, est le GPS.

Nous devons le système mondial de positionnement (Global Positioning System – GPS) aux recherches du physicien et ingénieur électrotechnicien Ivan Alexander Getting (sans oublier Roger L. Easton du Naval Research Laboratory et Bradford Parkinson), pour l'armée américaine. En effet, en 1960, sur la demande du président Richard Milhous Nixon, le secrétaire de la Force Aérienne nommé Ivan Getting, alors vice-président de l'ingénierie et de la recherche à la "Raytheon Corporation", comme président fondateur de la société "The Aerospace Corporation", organisation à but non lucratif pour appliquer «toutes les ressources de la science et de la technologie moderne au problème de la poursuite des progrès des missiles balistiques et des systèmes spatiaux». Ivan Getting conçoit alors le principe d'un groupe de satellites gravitant en orbite et émettant des ondes radio UHF, captées par des récepteurs à terre et permettant une géolocalisation spatiale. En 1983, suite à l'interception du vol 007 Korean Airlines par un avion de chasse soviétique, entré par erreur dans l'espace aérien interdit de l'ex-URSS, et causant alors la mort de 269 passagers, le président Ronald Reagan rendit la technologie GPS disponible gratuitement aux civils.

Principe du géo-positionnement par satellites :

La position est une question de temps. En effet, les satellites portent des horloges atomiques très stables synchronisées entre elles et avec les horloges au sol. Toute dérive du temps réel maintenu au sol est corrigée quotidiennement. De la même manière, les emplacements des satellites sont connus avec une grande précision. Ainsi, les satellites GPS transmettent en continu des données sur leur heure et leur position. Un récepteur GPS surveille plusieurs satellites et résout alors des équations pour déterminer précisément sa position et son écart par rapport à l'heure réelle. Au minimum, quatre satellites doivent être en vue du récepteur pour que ce dernier puisse calculer quatre grandeurs inconnues (trois coordonnées de position et une déviation de l'horloge par rapport à l'heure du satellite).



Pour aller plus loin, chacun des 31 satellites de géo-positionnement (avec un minimum de 26 en état de fonctionnement, dont 2 de secours), orbitant à 20200 km d'altitude, dans 6 plans orbitaux différents, diffuse continuellement un signal comprenant une ou plusieurs séquences pseudo-aléatoires, datées précisément. Ces messages, sous forme d'ondes électromagnétiques se propageant à la vitesse de la lumière, emportent les informations de position des satellites. Le récepteur, peut alors calculer la distance qui le sépare des satellites : comparaison de l'heure d'émission à l'heure de réception, en tenant compte des erreurs possibles de synchronisation et de dégradation atmosphérique. Puis, connaissant la position des satellites à l'heure d'émission et les distances mesurées avec ces derniers, le récepteur calcule par la méthode des moindres carrés et la méthode de Bancroft sa position spatiale. Il fait alors un minimum de quatre équations selon quatre satellites sur le principe suivant :

$$D_{sa} = C (Trsa - Tesa) = \sqrt{((Xsa - Xr)^2 + (Ysa - Yr)^2 + (Zsa - Zr)^2)} + C\Delta T$$

$$D_{sb} = C (Trsb - Tesb) = \sqrt{((Xsb - Xr)^2 + (Ysb - Yr)^2 + (Zsb - Zr)^2)} + C\Delta T$$

$$D_{sc} = C (Trsc - Tesc) = \sqrt{((Xsc - Xr)^2 + (Ysc - Yr)^2 + (Zsc - Zr)^2)} + C\Delta T$$

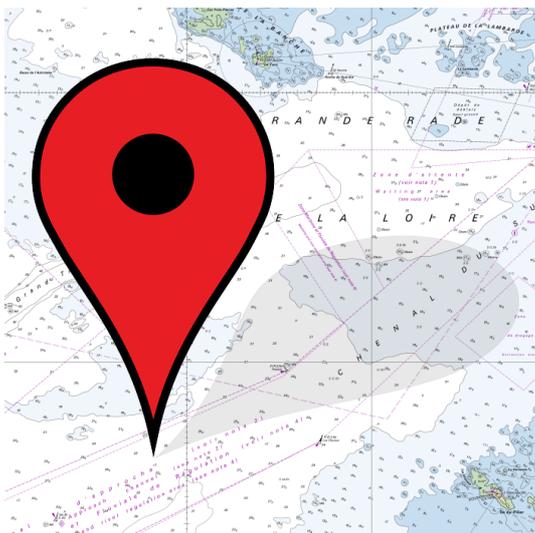
$$D_{sd} = C (Trsd - Tesd) = \sqrt{((Xsd - Xr)^2 + (Ysd - Yr)^2 + (Zsd - Zr)^2)} + C\Delta T$$

avec :

- "Dsa" la distance théorique (sa.e. pour une synchronisation parfaite de l'horloge interne du récepteur, soit $\Delta T = 0$) au satellite "sa" ; "Dsb", "Dsc", "Dsd" les distances théoriques aux satellites "sb", "sc" et "sd" ;
- (Xsa , Ysa , Zsa), la position du satellite "sa" ; (Xsb , Ysb , Zsb), pour le satellite "sb", et ainsi de suite pour les autres satellites ;
- (Xr , Yr , Zr), la position du récepteur ;
- "C" la vitesse de la lumière dans le vide ;
- "ΔT" le décalage de l'horloge interne du récepteur ;
- "Trsa" le temps de réception du signal émis à "Tesa" par le satellite "sa" ; "Trsb" pour le satellite "sb" à "Tesb", et ainsi de suite pour les autres satellites.

Sur la précision des GPS :

L'idée reçue sur l'idéale précision du géo-positionnement par satellites ouvre la porte à de nombreux phantasmes. En effet, il n'est pas rare d'entendre, par exemple, que l'armée américaine peut ainsi géolocaliser une allumette alors que, sur nos bateaux, nous pouvons observer des erreurs de plusieurs mètres, voir de centaines de mètres. Même si ce fût le cas avant les années 2000, avec un bridage dégradant le positionnement sur près de 6 à 12 m. Aujourd'hui, les fréquences militaires et civiles ont la même précision.



La première difficulté, et donc source d'erreur, est de synchroniser les horloges des satellites et celle du récepteur. Une erreur d'un millionième de seconde provoque une erreur de 300 mètres sur la position. Le récepteur doit donc embarquer une horloge assez stable, et tenter une synchronisation différentielle, par au moins quatre satellites, pour arriver à corriger, tant bien que mal, son heure. Hors, c'est aussi le décalage horaire qui permet de déterminer les distances. Ainsi, plus le récepteur est capable de prendre en compte un grand nombre de satellites ; plus il sera précis ; mais plus le récepteur peut être précis vis-à-vis de l'heure réelle par lui-même et d'autant plus il le sera sur la géolocalisation.

Vient ensuite la difficulté de la réception des ondes radio UHF de faible intensité. Cela est, par exemple, quasiment impossible en espace confiné comme dans les bâtiments. De nombreux

facteurs peuvent affecter la précision de la localisation, comme la traversée des couches atmosphériques, avec la présence de poussières et de gouttes d'eau, le rayonnement solaire, mais aussi l'effet masque d'obstacles comme des bâtiments, des montagnes, des arbres ou autres. Les feuilles des arbres, en forêt, peuvent ainsi absorber complètement le signal. De même, un signal peut être ralenti par rebondissement, dans certaines conditions, et faire parvenir un signal retardé, donc faux.

Il existe d'autres sources d'erreur possible, comme les décalages orbitaux ou un mauvais étalonnage horaire du récepteur. De nombreuses études mettent l'accent sur une position relative, avec une marge d'erreur usuelle de 1 à 300m.

Les autres systèmes de géolocalisation par satellites :

Le système mondial de positionnement (Global Positioning System – GPS), appelé aussi NAVSTAR, est, donc un système de radionavigation spatiale appartenant au gouvernement des États-Unis et exploité par l'United States Air Force. Même s'il est "libéré", afin de garantir une plus grande autonomie, d'autres états ont décidé de posséder leur propre système, indépendant de toute contrainte politique.



Il existe ainsi deux autres systèmes mondiaux qui sont GALILEO et GLONASS. Le premier, avec 24 ou 30 satellites, est le système civil de l'Union Européenne, partiellement opérationnel depuis le 15 décembre 2016. À terme (prévu vers 2020), utilisant une modulation Open-Source, mais compatible avec NAVSTAR, il est destiné à être au moins équivalent avec ce dernier en terme de couverture et dix fois plus précis. Le système GLONASS (Glo bal'naya Na vigatsionnaya S putnikovaya S istema) est le système civil et militaire russe, entièrement opérationnel et indépendant de NAVSTAR.

La Chine possède, depuis 2012, son système opérationnel, BeiDou, couvrant, avec 16 satellites, l'ensemble de l'Asie et du Pacifique. Cependant, la Chine a indiqué qu'elle prévoyait de compléter l'ensemble de son système satellitaire de navigation afin d'avoir une couverture mondiale d'ici 2020.

Voisin de la Chine, l'Inde a aussi son système autonome de navigation par satellites, NAVIC (NAVigation Indian Constellation). Il est développé par l'organisation indienne de recherche spatiale (ISRO), sous le contrôle total du gouvernement indien, et serait opérationnel depuis 2016. Avec un ensemble de 7 satellites, et une promesse de précision de l'ordre de 10 mètres, quel que soient les conditions, il doit couvrir l'ensemble du territoire indien.

Beaucoup plus modeste, le Japon a mis au point un système de transfert temporel, Quasi-Zenith (QZSS), qui, avec 4 satellites, a pour vocation première et principale d'améliorer la couverture NAVSTAR sur son territoire.

Le géo-positionnement par satellites permet donc au navigateur de posséder une source d'informations lui donnant sa position, mais aussi l'heure, son altitude, sa vitesse, sa direction, de commander sa navigation et, pour les armateurs, de faire un suivi de flotte. Toutefois, comme nous l'avons vu, et au regard de certaines catastrophes médiatisées, cela ne peut constituer qu'une aide dont l'utilisateur doit rester critique.

Frédéric Daeschler, CAPAJUT (www.capajut.com)

<https://mersetbateaux.com/le-geo-positionnement-par-satellites/>