Auteur: Professeur de l'enseignement maritime H.Baudu
herve.baudu@supmaritime.fr
Version validée département Navigation:
- 1.0 septembre 2017

ENSM
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE MARITIME

- Généralités
- Secteur spatial
- Secteur commande et contrôle
- Secteur utilisateur
- Fonctionnement récepteur
- Synthèse
- Abréviations
- Résolution OMI A (819)

Bibliographie:
- guide du Shom sur le GPS
- SH 91.1 Radionavigation Ed Shom

NAVSTAR - GPS* - Théorie

* Navstar (Navigation Satellite Timing and Ranging) - GPS (Global Positioning System)

L'auteur dégage toute responsabilité consécutive à l'utilisation incorrecte des informations et schémas des cours proposés , et ne saurait être tenu responsable ni d'éventuelles erreurs ou omissions, ni des conséquences liées à la mise en oeuvre des informations et schémas contenus dans ce cours. La diffusion de ce support est soumise à l'autorisation de l'auteur et ne doit, en aucun cas servir à des fins commerciales.

page d'accueil

www.traitedemanoueuvre.fr

Traité de Manœuvre

Accueil | Ouvrages | App Colregs | Cours | Code Polaire | News | Contact

COURS DE NAVIGATION

Cours de navigation L1, L2 et L3

En version Pdf:

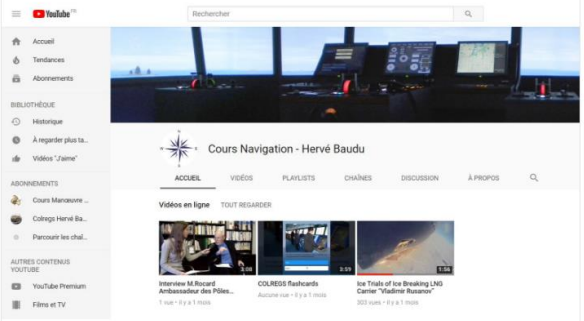
En cours de rédaction pour les versions .pdf

1. Cours de Navigation L1:
2. Cours Navigation L2:
3. Cours de Navigation L3:

En version Flash:

Vous pouvez télécharger les fichiers des cours de Navigation en Flash.swf sur votre PC et les lire avec le plugin Flash player ou Internet (uniquement sur PC). Pour cela, décompresser les fichiers ZIP à télécharger ci-dessous. Mettre tous les fichiers L1, L2 et L3 dans un même dossier pour bénéficier des liens à partir de la page « passerelle.swf » (vous pouvez également mettre les fichiers Colregs – voir menu « Cours Colregs »):

Cours sur Youtube: Cours de navigation Hervé Baudu



NAVSTAR - GPS
- Introduction

H.Baudu

" Il vaut mieux ne pas savoir où l'on se trouve et en être conscient, que de se croire avec confiance là où l'on ne se trouve pas ".

Cassini (18ème siècle)

NAVSTAR - GPS
- Généralités

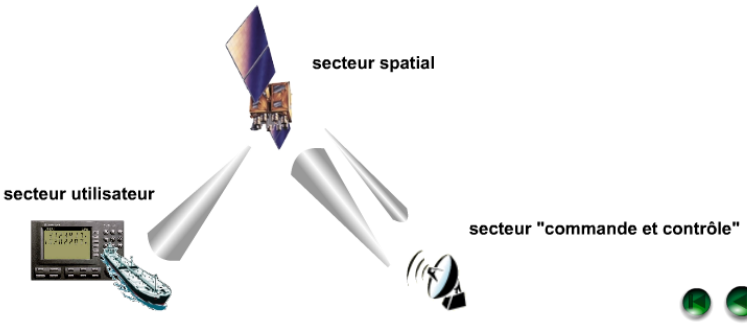
H.Baudu

Présentation

Le système Navstar (Navigation Satellite Timing and Ranging) - GPS (Global Positioning System) est un système de radiolocalisation par satellites développé par le DoD (Department of Defense) des USA. Ce système permet de déterminer de façon continue et précise une position tridimentionnelle en tout point de la surface terrestre.

Le système comporte 3 composantes fonctionnelles principales appeleés secteur ou segment:

- **secteur "spatial" constitué d'une constellation de satellites - données "descendantes";**
- **secteur "commande et contrôle", composante sol - données "montantes";**
- **secteur "utilisateur", ensemble des récepteurs.**



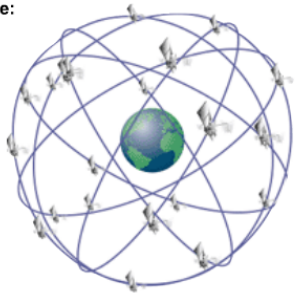
NAVSTAR - GPS
- Secteur spatial

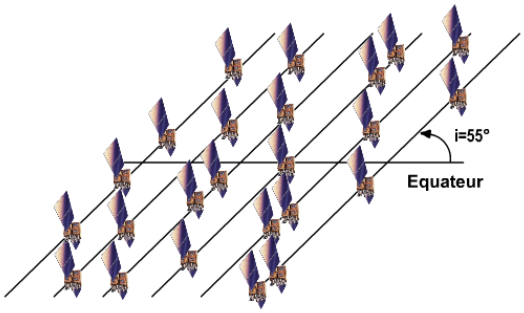
H.Baudu

Constellation des satellites

Le GPS a atteint sa capacité opérationnelle complète en 1995 avec une constellation de base de 31 satellites dont 24 sont actifs et 7 en réserve pour le remplacement en cas de défaillance:

- satellites répartis sur 6 orbites, 4 par orbites, de façon à assurer une couverture spatio-temporelle mondiale et permanente;
- noeuds ascendants des orbites séparés par 60° de longitude;
- répartition non uniforme des satellites sur chaque orbite de façon à optimiser la couverture par au moins 5 satellites dans une configuration de qualité (élévation au-dessus de l'horizon > 15°).





6 plans d'orbite séparés par 60° de longitude

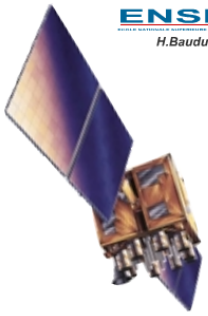
Eléments de l'orbite:
- sensiblement circulaire;
- période T = 11h58min;
- altitude moyenne: 20183km
- inclinaison de l'orbite / équateur = 55°;
- vitesse linéaire du satellite = 3,87 km/s

NAVSTAR - GPS
- Secteur spatial

H.Baudu

Evolution des satellites

Depuis le premier lancement du "block I" en 1978, 2 générations de satellites ont été développées. Le lancement des satellites opérationnels "block II" ont débuté en 1989 par les série A, puis R en 1997, F dit de 4ème génération en 2010 (bande L5). Le block IIIA est en phase de développement de 32 satéllites pour assurer le service jusqu'en 2030.



Satellites block IIR et F

- durée de vie = 7,8 ans;
- poids = 845 kg;
- puissance électrique de 700 Watt fournie par 8 panneaux solaires et 3 batteries Cd/Ni;
- sous-ensemble de contrôle de la stabilité tridimentionnelle du satellite associé à des propulseurs de correction d'altitude et de vitesse;
- 3 horloges atomiques (rubidium);
- capacité de communiquer entre eux afin d'estimer les paramètres de vol des satellites et de les mettre à jour sans intervention directe du segment de contrôle (C/S) pendant 14 jours;
- capacité anti-leurrage et anti-intrusion (AS: anti-Spoofing);
- sous-ensemble de stockage de données de navigation;
- sous-ensemble émetteur-récepteur de contrôle de bande S pour télémesure (2227,5 Mhz) et suivi de trajectoire (1783,74 Mhz) par les stations de poursuite terrestres;
- sous-ensemble émetteur bande L associés à 12 antennes hélicoïdales à émission polarisée circulairement à droite.

NAVSTAR - GPS
- Secteur spatial

ENSM H.Baudu

Signal du satellite

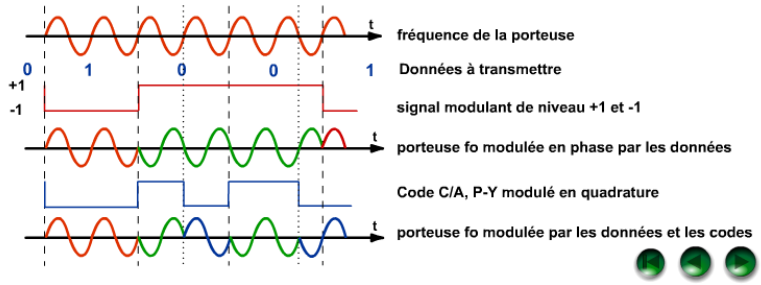
Les 3 horloges atomiques de haute précision (stabilité en fréquence de 10^{-13} soit une dérive de 1 seconde en 317000 ans) délivrent une fréquence fondamentale de 10,23Mhz. En multipliant cette fréquence fondamentale par 154 et 120, on élabore 2 porteurses:

- L1: 1575,42 Mhz puis L1C
- L2: 1227,60 Mhz puis L2C plus puissante
- L5: 1176, 45 Mhz (aéronautique seulement)

Ces 2 fréquences sont ensuite modulées en phase (modulation BPSK) par deux codes pseudo-aléatoires (PRN: Pseudo Random Noise):

- le code C/A (coarse acquisition); code d'acquisition grossière; module L1 C/A
- le code P ou Y(P) (Precise); code d'acquisition précis; module L1, L2C et L5 (aéronautique); le code Y (A/S - anti-spoofing) est la version cryptée du code P

modulation BPSK



NAVSTAR - GPS
- Secteur spatial

ENSM H.Baudu

Code C/A

Le code C/A, qui donne accès au Standard Positioning Service (SPS) offre une précision horizontale de 20 à 30 mètres depuis la suppression des mesures S-A (Selective Availability) en mai 2000. Le code C/A est accessible et utilisable par le public:

- fréquence d'horloge: 1,023Mbits/s
- longueur: 1023 bits
- période: toutes les 1 millisecondes (temps nécessaire pour parcourir l'ensemble du code)
- chaque satellite dispose d'un code C/A

Code P et P(Y)

Le code P, qui donne accès au Precise Positioning Service (PPS) offre une précision horizontale inférieure à 10 mètres. L'accès au code P(Y) est réservé à l'Armée américaine et à des utilisateurs autorisés par le Département de la Défense DoD grâce à des dispositifs de protection du signal contre la dégradation volontaire (S-A) et contre le brouillage (A-S); le code P est alors considéré comme crypté et prend le nom de code Y:

- fréquence d'horloge: 10,23 Mbits/s
- longueur: 2,355 10^{14} bits
- période: tous les 267 jours (seuls les 7 jours sont utilisés)
- à chaque satellite est attribué d'un code P différent.
- modulé sur les deux fréquences L1 et L2 pour éviter le leurrage.

NAVSTAR - GPS
- Secteur spatial

H.Baudu

Capacité codes pseudo-aléatoires

La fréquence L1 est modulée par le code C/A et P(Y);
La fréquence L2 est modulée par le code P(Y).
Ces codes sont utilisés pour la détermination de la distance récepteur-satellite dite "pseudo-distance".

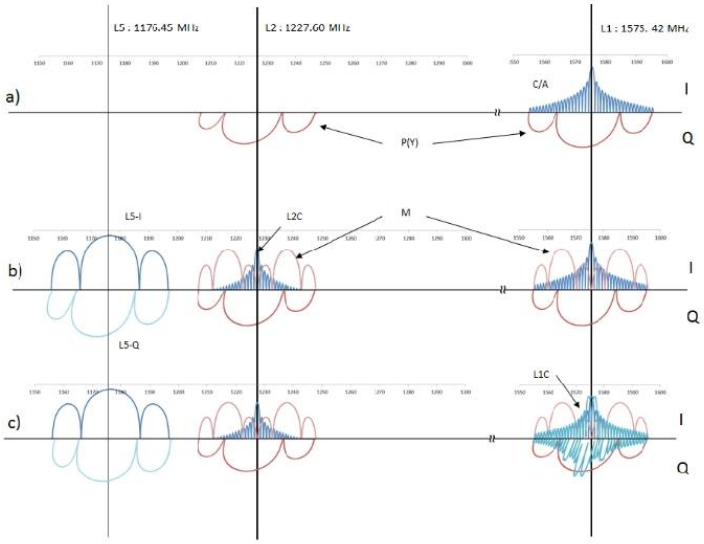
la pseudo-distance: la distance récepteur-satellite mesurée par le récepteur est appelée pseudo-distance car elle est biaisée, par rapport à la distance réelle, par la non-synchronisation des horloges du récepteur et du satellite, et les effets de la traversée du signal de certaines couches atmosphériques.

Entre l'émission par le satellite et sa réception par l'utilisateur, le signal subit des retards à la traversée de certaines couches de l'atmosphère. Ces retards dus à la traversée de l'ionosphère peuvent entraîner une erreur sur la pseudo-distance allant jusqu'à 50m.

- **L'utilisateur autorisé pourra totalement annuler ce retard en combinant les mesures faites sur les fréquences L1 et L2 (bi-fréquences). Le signal L2 - code P - est utilisé principalement pour calculer en temps réel les corrections ionosphériques à apporter.**
- **L'utilisateur grand public qui n'a accès qu'au code C/A ne pourra obtenir qu'une approximation de ces retards grâce aux modèles de propagation dont les coefficients lui sont fournis par le satellite.**

NAVSTAR - GPS
- Secteur spatial

H.Baudu



Légende : Utilisation du spectre des signaux GPS existants et nouveaux.

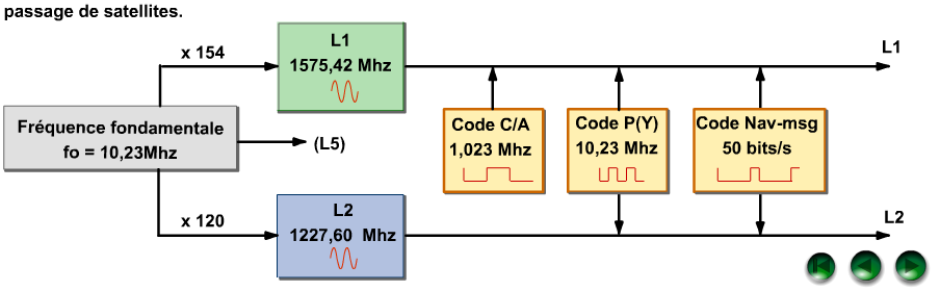
NAVSTAR - GPS
- Secteur spatial

Message navigation

Les fréquences L1 et L2 sont ensuite de nouveau modulées au débit de 50 bits/seconde par un "message navigation" - Nav-msg - qui contient:

- les éphémérides du satellite: ensemble de paramètres qui définit précisément l'orbite du satellite et permet d'en calculer sa position à tout instant;
- les coefficients d'un modèle de correction des effets ionosphériques,
- l'état de fonctionnement du satellite;
- les paramètres de l'horloge;
- les données de l'almanach: ensemble de paramètres qui permettent de définir grossièrement la position approchée de tous les satellites.

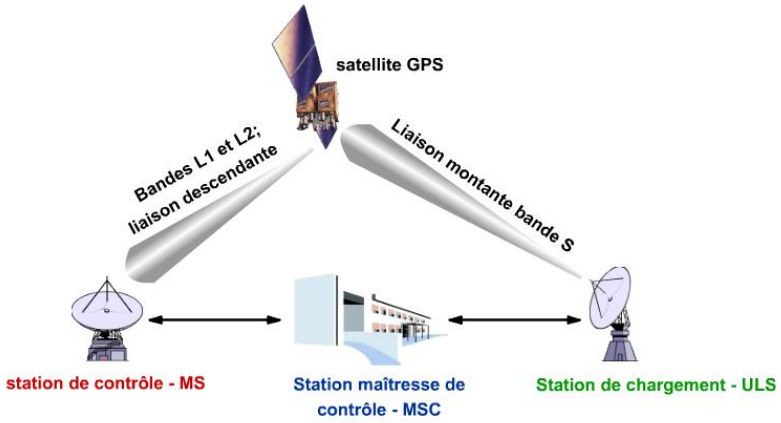
Le message de navigation se compose de 25 trames de 30s, il faut donc acquérir le signal pendant au minimum 12min30s pour disposer de l'ensemble de l'almanach qui sert ensuite à effectuer des prévisions de passage de satellites.



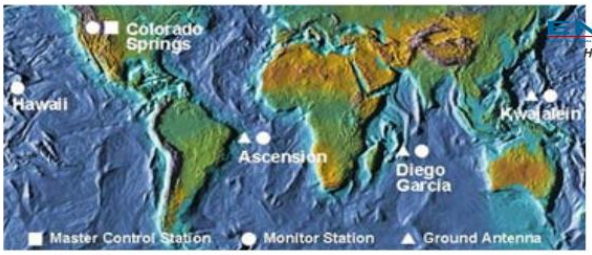
NAVSTAR - GPS
- Secteur terrestre

Le secteur spatial est suivi et contrôlé par un réseau terrestre qui comprend les éléments suivants:

- 5 stations de contrôle ou de poursuite (Monitor stations - MS)
- 1 station maîtresse de contrôle (Master Control Stations - MCS)
- 3 Stations de chargement (Up Load Stations - ULS)



NAVSTAR - GPS
- Secteur terrestre



H.Baudu

- **Station de contrôle ou de poursuite - Monitor station MS**
  - répartie de façon régulière, elle assure la poursuite d'un satellite à 80%;
  - poursuit passivement les satellites visibles et recueille automatiquement les signaux émis en bande L;
  - mesure les paramètres de l'orbite réelle du satellite;
  - effectue les mesures météorologiques pour déterminer les erreurs de propagation.
- **Station maîtresse de contrôle - Master Control station MSC**
  - constitue une station de poursuite;
  - centralise les données des stations de contrôle;
  - calcule les orbites des satellites et les repositionnent si nécessaire;
  - synchronise les horloges des stations de poursuite;
  - transmet les données corrigées aux stations de chargement
- **Station de chargement - Up Load station**
  - envoie au moins une fois par jour à chaque satellite, en bande S, les éléments mis à jour figurant dans le message navigation (éphémérides du satellite, almanach de la constellation, corrections à apporter aux horloges;
  - ces données restent utilisables pendant une dizaine de jours.

NAVSTAR - GPS
- Secteur utilisateur

H.Baudu

Domaines d'emploi

Le système GPS est employé dans l'espace, sur mer et sur terre dans de nombreux domaines:

- navigation des mobiles;
- mesure du temps;
- établissement de repères géodésiques;
- cartographie;
- topographie, etc.

navigation des mobiles terrestres

navigation des mobiles maritimes

topographie

établissement de repères géodésiques
Bi-fréquences RTK

NAVSTAR - GPS
- Fonctionnement du récepteur

H.Baudu

Pour répondre à ces nombreux besoins, plusieurs types de récepteurs de capacités différentes ont été développés. Il peuvent être différents selon:

- le nombre de satellites qu'ils peuvent acquérir
- les modalités d'acquisition des signaux: séquentielle ou simultanée sur un ou plusieurs canaux de réception;
- les techniques de mesure utilisée pour mesurer les pseudo distances: utilisation de la phase de la porteuse, *de la phase du code (application géodésique)*;
- des fréquences utilisées:
  . L1: récepteur monofréquence en service standard (SPS);
  . L1 + L2 ou L2 + L5: récepteur bi-fréquences en service précis (PPS)

Les récepteurs classiques embarqués sur les navires de commerce ont comme caractéristiques:

- monofréquence L1 et maintenant bi-fréquences
- fonctionnement en code C/A (code P pour certaines applications géologiques, hydrographiques etc.)
- détermination de la position par mesures des pseudo-distances (phase du code C/A)
- dispose d'un ou plusieurs canaux à acquisition séquentielle. Les plus récents possèdent des canaux parallèles permettant l'acquisition simultanée de tous les satellites en vue (récepteurs dit "all in view").

Les normes de fonctionnement de l'équipement de réception sont prescrits par l'OMI par la Résolution A.819 (19) (voir fin cours)

NAVSTAR - GPS
- Fonctionnement du récepteur

H.Baudu

Cycle de fonctionnement d'un récepteur

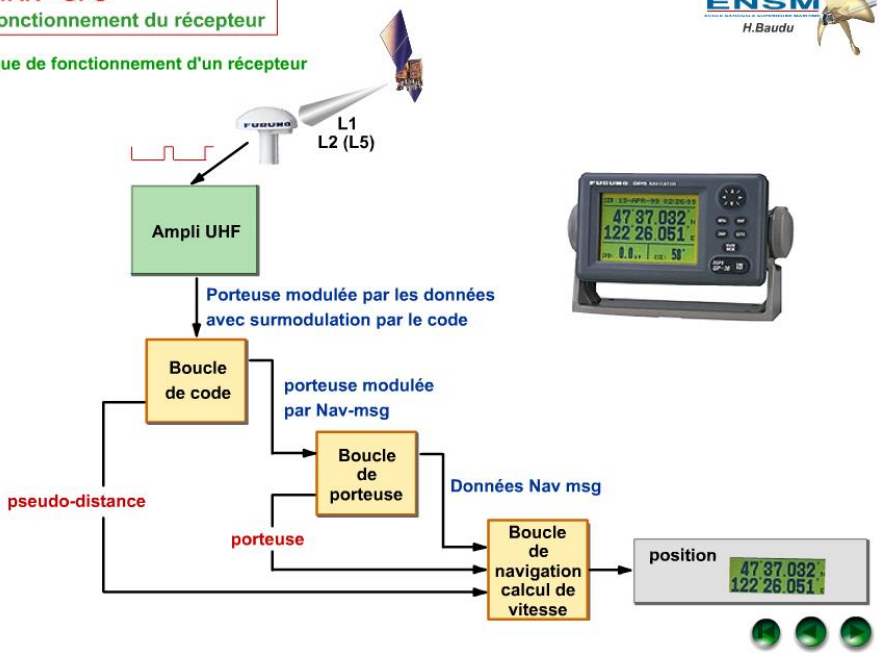
Un récepteur GPS classique effectue successivement les opérations suivantes:

- l'acquisition des satellites;
- l'identification des satellites;
- la mesure de distance sur la fréquence L1:
  . code C/A;
  . [code P];
- le décodage et l'exploitation des données du message de navigation Nav-msg des satellites:
  . éphémérides du satellite;
  . correction des effets ionosphériques;
  . paramètres de l'horloge;
  . données de l'almanach;
- l'élaboration de la pseudo-distance avec 2 boucles de poursuite:
  . boucle de code C/A (phase d'acquisition et phase de poursuite);
  . boucle de porteuse (poursuite du Nav-msg);
- le calcul de la position en coordonnées géographiques dans le système géodésique WGS 84:
  . boucle de navigation;
- le calcul de la vitesse du navire (aide Doppler)
- entretien du récepteur en mode navigation, recalage des pseudo-distances et des vitesses relatives avec une périodicité de l'ordre de la seconde.

NAVSTAR - GPS
- Fonctionnement du récepteur

ENSM H.Baudu

Synoptique de fonctionnement d'un récepteur



NAVSTAR - GPS
- Fonctionnement du récepteur

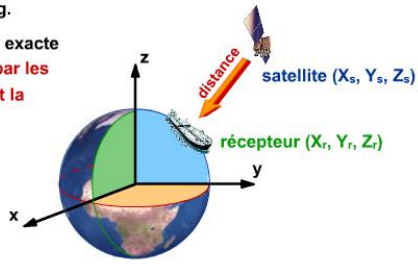
ENSM H.Baudu

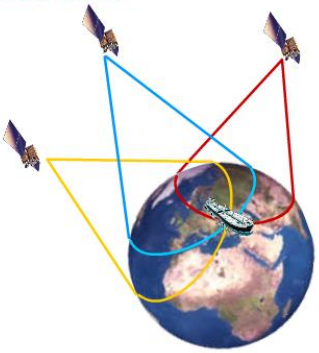
Détermination de la position

Principe positionnement satellite

Le principe de positionnement du GPS se fonde sur la mesure de la distance entre le récepteur GPS et plusieurs satellites. La position sur son orbite de chaque satellite (X_s, Y_s, Z_s) est connue avec une très grande précision grâce aux éphémérides diffusées dans le Nav msg.

En même temps, que sa position, le satellite indique l'heure exacte de la transmission du message. En calculant le temps mis par les signaux pour arriver jusqu'au récepteur (X_r, Y_r, Z_r), on établit la distance du satellite.





Grâce à la distance et à la position d'un satellite, il est possible de tracer un cercle imaginaire sur la surface de la Terre sur lequel se trouve le récepteur. L'intersection de plusieurs de ces cercles permet de connaître la position exacte de récepteur.

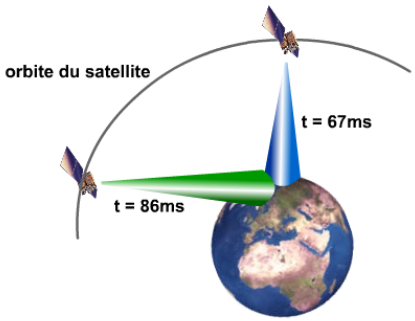
NAVSTAR - GPS
- Fonctionnement du récepteur

H.Baudu

Détermination de la position

Mesure de la distance d'un satellite

La mesure de distance entre le satellite et le récepteur se fonde sur la propagation des ondes électromagnétiques. Or le temps mis par un signal pour parvenir au récepteur est directement proportionnel à la distance parcourue. Pour que le récepteur mesure le temps mis par le signal pour lui parvenir, le satellite communique l'heure exacte à laquelle le signal a été émis. Le problème consiste à mesurer le délai avec une grande précision (une erreur d'un millionième de seconde engendre une erreur de 300 mètres sur la position). Cela impliquerait que le récepteur soit équipé comme le satellite d'une horloge atomique, or pour une raison évidente de coût, le récepteur ne possède qu'une horloge à quartz.



L'horloge du récepteur, instable par rapport à celle du satellite introduit une inconnue supplémentaire: le biais de l'horloge.

NAVSTAR - GPS
- Fonctionnement du récepteur

H.Baudu

Détermination de la position

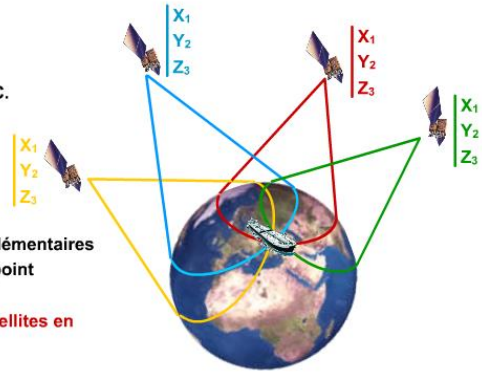
Pseudo distance

Ainsi la détermination du point GPS nécessite au moins la mesure de pseudo-distances sur 4 satellites pour calculer les 3 inconnues de position:

- latitude
- longitude
- altitude

et caler l'horloge du récepteur sur le temps UTC.

Ce mode d'utilisation est appelé 3 dimensions + temps: 3D +T.



- La réception d'un ou plusieurs satellites supplémentaires accroît la confiance que l'on peut accorder au point calculé (mais pas forcément la précision).
- La probabilité d'avoir en un point donné, 4 satellites en état de marche est évalué à 95%.

Mode 2D +T: en fixant l'altitude du récepteur, il suffit d'observer 3 satellites pour obtenir une position en latitude et longitude et l'erreur d'horloge du récepteur; c'est le mode de fonctionnement en navigation maritime.

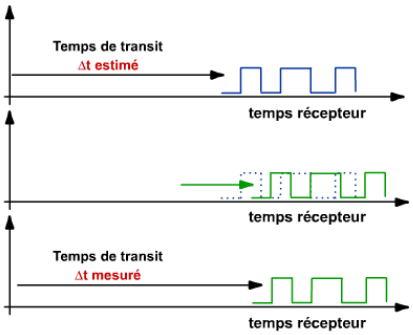
NAVSTAR - GPS
- Fonctionnement du récepteur

H.Baudu

Détermination de la position

Mesure de la pseudo-distance: 2 boucles de poursuite

- **Boucle de code C/A**: une phase d'acquisition suivie d'une phase de poursuite:
  . **phase d'acquisition**:Le niveau de signal reçu par le récepteur est faible et inférieur au bruit de fond. Ce sont les **techniques de corrélation avec mise en coïncidence d'un code C/A** généré par le récepteur identique à celui du satellite selectionné. Le principe consiste à décaler le code généré localement jusqu'à une juxtaposition parfaite avec le code reçu du satellite.
  . **phase de poursuite**: Lorque la **synchronisation** est acquise, le récepteur bascule en phase de poursuite en maintenant un écart nul entre les codes.



Prépositionnement du code:
(position estimée du navire et approchée du satellite)

Acquisition du code:
(décalage du code jusqu'à pic de corrélation)

Poursuite:
(corrélation entretenue)

NAVSTAR - GPS
- Fonctionnement du récepteur

H.Baudu

Détermination de la position

- **Boucle de porteuse**: poursuite du Nav-msg:

Une fois réalisée la corrélation dans la boucle de code C/A, **la modulation du signal résultant se limite à celle des données du Nav-msg** que le récepteur démodule pour:

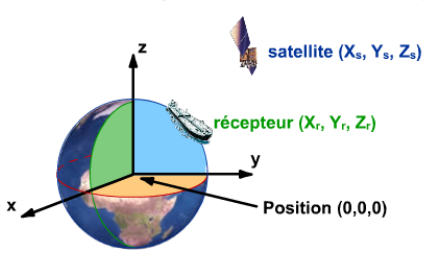
. récupérer la **position (X_s, Y_s, Z_s) de chaque satellite** et des corrections associées;

. reconstituer la porteuse pour **détermination de la vitesse du porteur** (mesures Doppler)

Calcul de la position en coordonnées géographiques: boucle de navigation

Lorsque le récepteur a acquis les signaux d'au moins 4 satellites et après résolution des 4 équations, il **calcule le point géographique (L,G et altitude)** par rapport au système géodésique WGS 84.

Le système effectue automatiquement toutes les **convertions entre un système appelé ECEF** (Earth-Centered, Earth-Fixed; Terre centrée, Terre fixe) à partir de coordonnées en x, y et z **et le système WGS 84**.



NAVSTAR - GPS
- Fonctionnement du récepteur

H.Baudu

Détermination de la position

- Pour la majorité des récepteurs, la position initiale au démarrage est située volontairement au centre laTerre. En fonction des éphémérides, le récepteur va calculer une pseudo-distance estimée qui est comparée à celle mesurée. Le système va ensuite procéder par itérations succéssives jusqu'à réduire cette différence inférieure à un seuil désiré.
- Ce délai d'obtention du point initial (TTFF: Time To First Fix) peut varier de quelques dizaines de secondes à plusieurs dizaines de minutes en fonction de la durée de mise hors service.

Si la position doit être affichée dans un autre système géodésique, ED 50 par exemple, le récepteur GPS effectue une conversion*

Le récepteur fonctionne alors en mode navigation et calcule avec une périodicité de l'ordre de la seconde les positions et la vitesse du navire. La navigation est dite entretenue.

Aide Doppler: détermination de la vitesse du récepteur mobile

La vitesse relative d'un satellite GPS par rapport à un point fixe de la Terre peut atteindre 700ms^{-1}, en rapprochement ou en éloignement. La boucle de porteuse du récepteur produit une fréquence L1 qui diffère de la porteuse satellite par effet Doppler sur le signal reçu. Ce décalage "Doppler" est proportionnel à la vitesse radiale "satellite - récepteur GPS". Le récepteur utilise la vitesse relative de 4 satellites poursuivis pour déterminer la vitesse du récepteur dans le référentiel terrestre.

** Le Shom recommande de laisser le récepteur en WGS 84 et d'appliquer localement les corrections de la carte .*

NAVSTAR - GPS
- Synthèse

H.Baudu

Segment spacial

- 24 satellites par groupe de 4 sur 6 orbites
- plans orbitaux de 60° en longitude, inclinés de 55° / Equateur
- orbite circulaire de 20200km d'altitude
- période: 11h58min
- émission de signaux codés pseudo-aléatoires, en polarisation circulaire pour les mesures de distances
- fréquence d'émision
  - . L1 = 1575,42Mhz
  - . L2 = 1227,6 Mhz
  - . *[L5 = 1176,6Mhz (Aéro)]*
- codes distincts pour chaque satellite
- Cadence:
  - . codeC/A: 1,023Mb/s
  - . code P(Y): 10,23Mb/s
- Période:
  - . codeC/A: 1ms
  - . code P: 7 jours
- Codes P(Y) militaires sont secrets
- Précision: 5 à 10mètres

Segment contrôle

- station de contrôle prinipale MCS à la base de Schriever dans le Colorado; reçoit les mesures faites par les MS et elle organise les émissions vers les satellites:
  - . plans orbitaux
  - . corrections des horloges
  - . modèle de retard ionosphérique
  - . données sur état des satellites
- 5 stations de surveillance MS
- 1 stations maîtraisse de contrôle
- 3 stations de chargement des données calculées par la MCS
- liaisons normalisées en bande S pour la poursuite, les télémesures et les envois d'ordre
- précision des orbites et des éphémérides
  - . Actuellement = 1,5m
  - . Dans l'avenir = 10 à 50cm

Segment utilisateur

- Récepteur passif qui peut traiter simultanément 5 à 12 satellites
- codes C/A utilisés par les civils et les abonnées autorisés pour l'acquisition des codes P(Y)
- le mode d'utilisation est le 3D + Temps
- Pour la navigation maritime, le mode 2D est suffisant à condition de fixer l'altitude de l'antenne; 3 satellites sont alors suffisant pour obtenir une position;
- mono fréquence
- acquisition séquentielle ou simultanée des satellites visibles
- Normes: Résolution OMI A.819 (19)

NAVSTAR - GPS
- Abréviations

H.Baudu

- **A-S:** Anti-spoufing - anti-leurrage ou anti-intrusion
- **C/A:** Coarse / Acquisition - Code d'acquisition grossière
- **DGPS:** Differential GPS - GPS différentiel
- **DoD:** Department of defense - Département de la Défense des USA
- **ECEF:** Earth-Centered, Earth-Fixed; Terre centrée, Terre fixe
- **EGNOS:** European Geostationary Navigation Overlay System
- **FAA:** Federal Aviation Administration
- **GNSS:** Global Navigation Satellite System - Système global de navigation par satellite
- **HDOP:** Horizontal Dilution Of Precision
- **LAAS:** Local Area Augmentation System
- **MCS:** Master Control Station - Station maîtresse de contrôle
- **MS:** Monitor Station - Station de surveillance
- **NAV-msg:** Navigation message - message de navigation de chaque satellite
- **P:** Precise - code de précision
- **PDOP:** Position Dilution Of Precision: Coefficient d'affaiblissment de la précision du résultat de positionnement instantané
- **PPS:** Precise Positioning Service: Service précis de positionnement
- **PRN:** Pseudo-Random Noise - Bruit pseudo-aléatoire (le numéro de code PRN permet de distiguer chaque satellite)
- **S-A:** Selective Availability: Disponibilité sélective
- **SPS:** Standard Positioning Service: Service standard de positionnement
- **TTFF:** Time To First Fix; délai d'obtention de la première position
- **ULS:** Up Load Station: station de chargement
- **USCG:** US Coast Guard
- **WADGPS:** Wide Area Differential GPS: GPS différentiel couvrant une zone étendue
- **WASS:** Wide Area Augmentation System
- **WGS:** World Geodetic System: Système géodésique mondial (ex: WGS 84)

NAVSTAR - GPS
- Normes de fonctionnement

H.Baudu

Résolution AS 19 (19) de l'OMI adoptée le 23novembre 1995

NORMES DE FONCTIONNEMENT DE L'ÉQUIPEMENT DE RÉCEPTION DE BORD DU SYSTÈME MONDIAL DE LOCALISATION GPS

Prescriptions de L'OMI

Introduction

Le système mondial de localisation (GPS) repose sur L'utilisation de l'espace et permet d'obtenir le positionnement, la vitesse et L'heure. Il est constitué des trois principaux secteurs suivants espace. commande et usager. Le secteur spatial sera normalement compose de 24 satellites placés à 20200 km sur six orbites circulaires inclinées de 55°, qu'ils décriront en 12 heures. Les satellites en orbite seront espacés de manière à ce qu'un minimum de quatre d'entre eux puissent être vus par les usagers du monde entier avec une PDOP (dilution de la précision de la position) égale ou inférieure à 6. Chaque satellite émet sur deux fréquences de la bande L, L1 (1575,42 MHz) et L2 (1227,6 MHz). L1 porte le code d'utilisation précise (P) et un code de dégrossissage/d'accès (C/A). L2 porte le code P. Le Code P modulé à la fois sur L1 et L2 est dit P(Y) lorsqu'il est crypté. Un message de données de navigation est superposé à ces codes. Le même message de données de navigation est transmis sur les deux fréquences.
L'équipement de réception du GPS qui est destiné à être utilisé aux fins de la navigation à bord des navires dont la vitesse maximale ne dépasse pas 50 nœuds, devrait satisfaire non seulement aux prescriptions générales de la résolution [A694 (17)] mais aussi aux normes de fonctionnement minimales ci-après.

Les présentes normes fixent uniquement les conditions de base à remplir pour faire le point aux fins de la navigation et ne s'appliquent pas aux autres calculateurs qui sont susceptibles d'être intégrés au matériel.

Équipement de réception GPS

Telle qu 'elle est utilisée dans les présentes normes de fonctionnement, l'expression, " équipement de réception GPS" désigne tous les éléments et organes nécessaires au système pour remplir correctement les fonctions pour lesquelles il a été conçu.

NAVSTAR - GPS
- Normes de fonctionnement

H.Baudu

L'équipement devrait compter du moins les éléments suivants :

1 - une antenne qui puisse capter les signaux GPS ;
2 - un récepteur et un processeur GPS ;
3 - Un moyen d'obtenir la position calculée en latitude et longitude ;
4 - un contrôle des données et un interface ;
5 - l'affichage de la position et, si besoin est, d'autres formes de sortie.

L'antenne devrait être conçu de manière à pouvoir être installée en un point du navire qui garantisse une vue dégagée de la constellation des satellites.

Normes de fonctionnement de l'équipement de réception GPS

L'équipement de réception GPS devrait satisfaire aux prescriptions suivantes :

1 - pouvoir recevoir et traiter les signaux émis dans Le cadre du Standard Positioning Service SPS (service de positionnement normal), tels que modifiés par application de la Selective Avaiabilltv (disponibilité sélective) et fournir des renseignements sur la position sous forme de coordonnées du système géodésique mondial (WGS 84) en degrés, minutes et millièmes de minutes de latitude et de longitude ainsi que l'heure de la résolution exprimée en UTC. Des moyens peuvent être prévus pour convertir la position calculée en fonction de l'ellipsoïde WGS 84 et, données compatibles avec le niveau de référence de la carte marine utilisée. Lorsque cette possibilité existe, le récepteur devrait indiquer que la conversion des coordonnées est en cours et quel système de coordonnées est utilisé pour exprimer la position.
2- fonctionner avec le signal L1 et le code C/A
3- être doté d'au moins une sortie à partir de laquelle des renseignements de position puissent être fournis à d'autres appareils. Les données de position obtenues en appliquant le système WGS 84 devraient être transmises de la manière prévue dans la publication 1162 de la CEI.
4- avoir une précision statique telle que la position de l'antenne soit déterminée à 100 mètres près dans 95% des cas avec une dilution horizontale de la position (HDOP) < ou égale à 4 (ou une dilution de la précision de la position (PDOP) < ou égale à 6).

NAVSTAR - GPS
- Normes de fonctionnement

H.Baudu

5- avoir une précision dynamique telle que la position du navire soit déterminée à 100 mètres près dans 95% des cas avec une HDOP < ou égale à 4 (ou une PDOP < ou égale à 6) dans les conditions pouvant exister à bord des navires, compte tenu notamment de l'état de la mer et des mouvements du navire (se reporter à la résolution A. 694 (17) et aux publications 724-3-6, 945 et 1108 I de la CEI).
6- pouvoir sélectionner automatiquement les signaux émis par les satellites appropriés pour déterminer la position du navire avec la précision et la fréquence de mise à jour requises.
7- pouvoir acquérir les signaux de satellites lorsque le niveau des porteuses à l'entrée se situe dans la gamme - 130 dBm à - 120 dBm. Une fois que les signaux des satellites ont été acquis, l'équipement devrait continuer à fonctionner de manière satisfaisante en présence de porteuses dont le niveau n'est plus que de - 133 dBm.
8- pouvoir déterminer la position avec la précision requise dans un délai de 30 minutes, en l'absence d'éphémérides valables ;
9 -pouvoir déterminer la position avec la précision requise dans un délai de 5 minutes, en présence d'éphémérides valables ;
10 - pouvoir déterminer à nouveau la position avec la précision requise dans un délai de 5 minutes, lorsque la transmission des signaux GPS est interrompue pendant une période minimale de 24 heures mais qu'il n'y a pas perte d'énergie ;
11 - pouvoir déterminer à nouveau la position avec la précision requise dans un délai de 2 minutes, lorsque son alimentation en énergie est interrompue pendant 60 secondes;
12- produire et afficher de nouvelles coordonnées de position au moins toutes les 2 secondes
13- l'erreur sur la position, c'est à dire sur la latitude et la longitude, devrait être inférieure à 0,01 minute
et
14 -disposer de moyens qui lui permettent de traiter les données GPS différentiel qui lui sont fournies conformément aux dispositions de la recommandation UIT-R M,823 et à la norme pertinente de la RTCM. Lorsqu'un récepteur GPS est équipé d'un récepteur différentiel, la précision statique et la précision dynamique exigées (aux paragraphes 4 et 5 ci-dessus) devraient être de 10 m (dans 95 % des cas).

Protection

Des précautions devraient être prises pour s'assurer qu'aucun dommage permanent ne peut résulter d'un court-circuit ou d'une mise à la terre accidentels de l'antenne ou de l'une quelconque de ses bornes d'entrée ou de sortie ou encore de l'une quelconque des entrées ou sorties de l'équipement de réception GPS au cours d'une période de 5 minutes..

NAVSTAR - GPS
- Normes de fonctionnement

H.Baudu

Signalement des défaillances et indication de l'état de fonctionnement

Si la position calculée est susceptible de ne pas satisfaire aux prescriptions des présentes normes fonctionnement, l'équipement devrait indiquer ce fait.

L'équipement de réception GPS devra fournir au minimum :

1- dans un délai de 5 secondes, une indication du fait que :

1.1- la HDOP est supérieure à la valeur spécifiée,

1.2- ou qu'une nouvelle position n'a pas été calculée depuis plus de 2 secondes.

En pareilles circonstances, la dernière position connue et l'heure du dernier point valable devraient être affichées et une indication explicite de ce fait donnée, pour qu'il ne puisse y avoir aucune ambiguïté, jusqu'au retour au fonctionnement normal ;

2- un avertissement en cas de perte de la position

et

3- une indication de l'état de fonctionnement de l'équipement GPS différentiel, en ce qui concerne

3.1- la réception des signaux en mode différentiel :

et

3.2- le point de savoir si la position du navire qui est indiquée est corrigée en fonction de ces signaux.

Quitter