

0,784861 seconde par année tropique, ce qui représente 365,2421897 jours solaires moyens de nœud ascendant à nœud ascendant.

Alors qu'en navigation les positions sont déterminées d'après la rotation de la terre selon l'échelle TU, les positions GPS sont calculées d'après l'échelle TAI qui est plus précise. Les prévisions GPS sont donc en avance sur les observations GPS, c'est pourquoi il fallait inventer une force négative pour expliquer ce ralentissement.

L'auteur propose de lisser le temps universel et de recalculer les erreurs.

*Changdon KEE et Doohee YUN : Un modèle de correction ionosphérique locale pour les utilisateurs de récepteurs GPS différentiels monofréquence.*

L'idée générale est d'utiliser un récepteur bifréquence et de tirer les corrections ionosphériques de ses observations faites sur un très grand nombre de satellites sous différentes inclinaisons, pour, ensuite, les modéliser sachant qu'on estime l'altitude de la couche ionosphérique à 350 km.

On passe de la réfraction verticale à la réfraction inclinée selon le vecteur satellite-récepteur par une fonction de la distance zénithale seule. On traite la correction de réfraction ionosphérique verticale seule, en passant de l'une à l'autre en utilisant cette fonction.

Le modèle utilisé est un développement en harmoniques sphériques, avec pour paramètres la latitude géomagnétique du point de passage du vecteur récepteur-satellite au travers de la couche ionisée et l'heure locale de ce point en lieu et place de la latitude et de la longitude. Le développement est réduit à deux termes  $m = 0, 1, 2, n = 0, 1$ . les coefficients sont compensés par les moindres carrés et diffusés aux utilisateurs de récepteurs monofréquence.

Les auteurs font la distinction entre la correction à long terme, sur 24 heures et une perturbation de cette correction à court terme.

## B4 - TOPOGRAPHIE ET GÉODÉSIE 2

*Janusz B. ZIELINSKI, Anna SWIATEK, Ryszard ZDUNEK : Un système de référence par GPS pour l'étude des changements du niveau de la mer.*

L'application se fait sur le cas de la mer Baltique, trois campagnes ont été faites en 1990, 1993, et 1997.

l'intérêt de l'utilisation de GPS tient en ce que tout changement du niveau de la mer constaté sur un marégraphe ou un médimarémètre peut avoir deux causes indiscernables : le mouvement du socle continental ou le mouvement du niveau moyen de la mer (Voir : XYZ 1997-4, Robert VINCENT : Il y a 100 ans le marégraphe de Marseille).

Toutefois il est montré que se référer, comme le fait GPS, au centre des masses de la terre revient peut-être à reporter un peu loin le référentiel de la Baltique, dont les côtes elles-mêmes ne peuvent servir de repère puisqu'elles sont instables, les auteurs proposent de se rapporter au socle européen tel que défini par EU REF et ETRS qui sera la réalisation d'un référentiel Européen EU VN.

*V. ASHKENAZI, A. H. DODSON  
T. MOORE et G. W. ROBERTS :*

*Le suivi des mouvements des grands ponts par GPS.*

Il s'agit de l'étude des mouvements de deux ponts suspendus sous les effets du vent par DGPS. Le bruit de fond est de l'ordre de 2 à 3 mm il ne peut être distingué d'une situation stable. Il est étudié les déplacements verticaux, latéraux et longitudinaux des ouvrages, ceux-ci sont de l'ordre de plusieurs mètres. Les appareils ont aussi été placés sur les pylônes portant les câbles. Bien que quelques « anomalies » n'aient encore pu être attribuées soit aux mouvements soit aux erreurs de mesure, les auteurs en concluent que GPS est utilisable pour assurer le suivi des mouvements des grands ponts.

*J-Paul COLLINS et Richard B LANGLEY :  
L'estimation du retard troposphérique résiduel en GPS différentiel aéroporté.*

Lorsqu'on utilise des récepteurs bifréquence et qu'on parvient à éliminer presque totalement la réfraction ionosphérique, l'erreur commise sur le retard ionosphérique résiduel sur les doubles différences devient la principale source d'erreur. Cette erreur peut atteindre plusieurs centimètres.

Rappelons que la troposphère n'étant pas un milieu dispersif il n'est pas possible d'appliquer à cette erreur les solutions qui permettent si bien d'éliminer la réfraction ionosphérique.

Une caractéristique importante de cette contribution tient à son application à la photogrammétrie ou à la gravimétrie aéroportée.

Aux deux termes d'une base, pas trop longue, les conditions d'observation sont géométriquement trop voisines, même si les conditions météorologiques y sont très différentes, pour connaître séparément les deux retards. En revanche, si on se fixe un retard troposphérique standard à une des deux stations d'une base il est plus facile d'estimer la différence de retard de la seconde station.

En bref, les valeurs absolues sont inaccessibles alors que leur différence le devient, si on fait les mesures météorologiques, en temps réel ; à la station fixe.

Il apparaît essentiel, pour obtenir une modélisation correcte de différence de retards, d'avoir des mesures à des inclinaisons de moins de 10° (NdT : ce qui est facile en avion où on peut faire des observations sous l'horizon). Sans ces précautions opératoires, et les traitements préconisés par les auteurs, il paraît très difficile de réduire cette erreur à moins de 10 cm.

## C4 - LES POLITIQUES GLOBALES CONCERNANT GNSS, GPS, ET GLONASS.

*Karl L. KOVACH et Karen L. Van DYKE :  
GPS dans dix ans.*

Après un vaste rappel de la situation passée de GPS, les auteurs tentent une prévision sur son devenir d'ici à dix ans, tout en restant dans le cadre nécessairement restreint de ce qui est connu aujourd'hui.

Ce délai, en dehors du fait qu'il constitue un compte rond, paraît dicté par la directive de décision présidentielle du président des États Unis qui a dû prendre des leçons chez la Pythie, en déclarant en 1996 :

« Nous avons l'intention de ne pas continuer l'accès sélectif au cours de cette décennie », les auteurs en concluent que l'accès sélectif sera supprimé avant dix ans, si le Monde reste en paix.

Ils poursuivent en évoquant la certitude qu'une seconde fréquence civile sera installée et que ce sera le code en clair (C/A) qui sera installé sur L2 ; essentiellement pour les besoins de l'Aviation Civile, bien entendu tous les utilisateurs de GPS en profiteront.

Pour la même raison, ils prévoient que des lancements opportuns de satellites seront effectués pour « boucher » les zones d'ombre » où la réception est mauvaise.

De même, ils prévoient une amélioration notable de la précision sur les mesures de code, à moins de 1,90 m après 2007. Ce qui offrira une nouvelle jeunesse aux méthodes de lissage du code par la phase, et, par conséquent, l'accès à la détermination des ambiguïtés entières par ce moyen fort simple.

Ils prévoient le maintien en orbite de plus de 24 satellites en sorte que le nombre de 24 soit assuré même en cas de défaillance de l'un d'entre eux.

En matière de navigation, surtout aérienne, et sur le plan militaire, qui sont largement développés, les auteurs regrettent que les tendances actuelles reviennent à mettre « tous ses œufs dans le même panier ».

## A5 - APPLICATIONS TERRESTRES

*Jingjun GUO : Recherche sur les déplacements et les fréquences propres des grands bâtiments sous les effets de vents violents par GPS.*

L'application est faite sur la Tour DIWANG construite dans la ville de SHENZHEN en Chine du sud qui comprend un bâtiment de bureaux de 324,95 m de hauteur. Sa section forme un rectangle dont les petits cotés sont en demi-cercle.

Les mesures ont été faites à l'aide d'un récepteur fixe bifréquences au voisinage du bâtiment étudié et des récepteurs identiques placés sur le bâtiment étudié lui-même.

Les mesures ont été faites au cours d'un cyclone le 9 septembre 1996, les déplacements maximaux ont été de 10,7 cm dans le sens E-O et 7 cm dans le sens N-S, à ces déplacements d'ensemble se superposaient de petites ondulations plus fréquentes de respectivement +17 mm, et +10 mm.

L'auteur se plaint des effets des multitrajets, il note que la cadence de réception doit être supérieure ou égale à 10 Hz et que le nombre des satellites observés doit être supérieur ou égal à six avec un GDOP compris entre 2 et 3. Enfin, les logiciels de calcul du commerce sont impuissants à traiter des mesures faites à une telle cadence, il faut donc rédiger le sien propre.

Les enregistrements des déformations ont été traités en analyse de Fourier afin de déterminer le spectre de fréquence des vibrations : les plus petites fréquences sont de 0,2 Hz (cycle de 5 secondes).

Le bâtiment est plus rigide que prévu, en revanche, son amortissement doit être plus important que celui escompté, ce qui fait que sa fréquence propre mesurée correspond à celle qui était prévue dans les calculs.

## B6 - RESOLUTION DES AMBIGUÏTÉS ET LOCALISATION CINÉMATIQUE.

*René GOUNON et Jean-Pierre BARBOUX : La technique KART de Dassault Sercel NP étendue aux réceptions bifréquences : De nouvelles applications sont possibles.*

Cet article est cité pour mémoire, car les lecteurs de XYZ en ont eu connaissance, les premiers, dans le n° 73 (1997-4) page 33.

*B. FORSELL, M. MARTIN-NEIRA, R. A. HARRIS : Résolution des ambiguïtés de phase dans GNSS2.*

Il s'agit de la suite de la communication de RR. HATCH « The promise of a third frequency » : GPS World mai 1996 qu'on avait évoquée dans XYZ N° 71 1997-2, et du développement de cette idée.

L'agence spatiale européenne (ESA) étudie, en vue du lancement de satellites européens civils, les potentialités de l'utilisation de trois fréquences d'émission judicieusement espacées. Il s'agit de la description préliminaire, en vue de sa validation expérimentale, de la méthode des trois porteuses (TCAR).

Cette méthode est simplement une extension de la méthode bien connue de la voie large. Les trois porteuses sont espacées de telle sorte que leurs différences de fréquences forment une progression régulière. Les deux fréquences « extérieures » forment un « chemin large » conventionnel, alors que les deux fréquences les plus voisines forment un chemin « super large ». Dans la mesure où le bruit et les systématismes entre les échelons sont suffisamment petits, l'entier d'ambiguïté à chaque étape du calcul peut être estimé à l'aide de la pseudodistance de l'étape précédente.

Le calcul se fait en quatre étapes :

### 1<sup>ère</sup> étape

On estime la pseudodistance par le code de f1. Ceci forme le terme de référence (ref) qui est une forme biaisée de la distance géométrique réelle avec des facteurs d'erreurs et des systématismes résiduels. Les systématismes de ref se propagent jusqu'à la dernière étape, où elles sont éliminées (NdT : On n'a vraiment pas compris pourquoi on ne les élimine pas tout de suite, il peut s'agir d'une obscurité dans la rédaction).

$$pd = ref + erreurs$$

### 2<sup>e</sup> étape

Des mesures de phase sur les porteuses sont faites sur f1 et f2, avec un oscillateur de référence commun. En prenant la différence, en termes de cycles, entre les deux phases, phase 12, chacune exprimée dans sa propre fréquence soit f1 ou f2, on peut former une pseudodistance en termes de longueurs d'onde 112, à la fréquence de « la voie super large »  $f_{12}$ , avec  $f_{12} = c/112$  et  $f_{12} = f_1 - f_2$ . Le terme « super large » indique que, si les deux fréquences f1 et f2 sont voisines, la longueur d'onde 112 sera très grande par rapport aux longueurs d'ondes 11 ou 12. Il est alors plus facile, avec une estimation un peu imprécise de la distance géométrique de calculer l'entier d'ambiguïté N12.

Si distance =  $pd = 112 \cdot (N12 + \text{phase } 12)$ , si N12 est un entier.

On calcule  $N12 = \text{arrondi de } (pd/112 - \text{phase } 12)$ .

### 3<sup>e</sup> étape

On recommence comme à l'étape 2, mais en utilisant une valeur plus proche de la vérité que la pseudodistance  $pd$ , mais cette fois-ci avec la combinaison  $f1-f3 = f13$ , et  $113 = c/f13$ , c'est la « voie large » :

On calcule  $N13 = \text{arrondi de } (N12 + \text{phase } 12) \cdot 112/113 - \text{phase } 13$ .

### 4<sup>e</sup> étape

La mesure de phase sur 11 permet d'estimer le nombre de cycles entiers de  $f1$  soit  $N1$  :

On calcule  $N1 = \text{arrondi de } (113/11 \cdot (N13 + \text{phase } 13) - \text{phase } 1)$ .

Enfin distance =  $(N1 + \text{phase } 1)$ . Il, après estimation des erreurs de réfraction ionosphérique, ce qui est facile car ce qu'on pouvait faire avec deux fréquences est encore plus facile avec trois.

Il ne reste que les erreurs de modélisation de réfraction troposphérique qui doivent rester inférieures à la moitié de 11, soit environ 10 cm, ce qui paraît facile.

Ces idées devraient être concrétisées par des essais sur satellites.

Il s'agira de trouver trois créneaux radioélectriques, ce qui est une toute autre histoire...

## LA PHOTOGRAMMETRIE NUMERIQUE EVOLUE...

C.H.S. remercie les 3 000 internautes qui ont visité son site

**[www.chs-carto.fr](http://www.chs-carto.fr)**

en décembre 1997

**Continental Hightech Services**  
**370, avenue Napoléon-Bonaparte**  
**92500 Rueil-Malmaison**  
**Tél. 01 47 51 57 47**