

RECOMMANDATION UIT-R TF.767-2

Utilisation des systèmes mondiaux de navigation par satellite pour le transfert de temps de haute précision

(Question UIT-R 152/7)

(1992-1998-2001)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il est nécessaire de disposer d'un système opérationnel de transfert et de comparaison de temps le plus précis possible sur des distances intercontinentales;
- b) que les systèmes de transfert de temps peu coûteux correspondant à une précision de moins de 1 μ s sont de plus en plus nécessaires dans le monde entier, qu'ils doivent être entièrement automatiques (en particulier, capables de reprendre la synchronisation après des pertes de puissance, sans intervention humaine) et posséder les caractéristiques appropriées de faisabilité, de disponibilité et de coût;
- c) qu'il a été établi que les techniques satellitaires permettent d'assurer le transfert de temps avec une précision meilleure que 100 ns;
- d) que le système mondial de positionnement (GPS) offre divers avantages en termes de multiplicité des satellites disponibles, de système de 24 satellites assurant une couverture mondiale continue pour les transferts de temps et de surveillance et contrôle du système solidement structurés. La connaissance précise de la relation entre le temps du système GPS et le temps universel coordonné (UTC), l'utilisation de références de temps atomique à bord des satellites et la multiplicité des sources commerciales pour les récepteurs de temps GPS;
- e) que l'utilisation généralisée pendant de nombreuses années de satellites GPS pour les transferts de temps a permis d'acquérir une vaste expérience positive;
- f) qu'un Comité civil de liaison avec les services GPS a été constitué pour donner des renseignements et assurer la liaison entre le système GPS et les usagers civils;
- g) qu'il est possible techniquement de dégrader intentionnellement la précision des signaux GPS mis à la disposition des usagers civils, en utilisant les techniques de disponibilité sélective (SA) et d'antipiratage (AS) (voir l'Annexe 1);
- h) qu'il a été établi qu'il était possible de compenser au moins partiellement les effets négatifs que les procédures de disponibilité sélective et d'antipiratage ont sur la précision du transfert de temps, en recourant à diverses techniques: utilisation du mode «visibilité commune» du GPS, établissement d'une moyenne des signaux horaires reçus sur un ou plusieurs jours, utilisation d'une moyenne pondérée entre plusieurs satellites ou d'informations précises différées sur la position du satellite;
- j) que le système mondial de navigation par satellite (GLONASS) est comparable au système GPS;
- k) que les systèmes complémentaires à satellites (SBAS), tels que le système WAAS (*wide area augmentation system*), le système global de navigation à couverture européenne (EGNOS) et le système complémentaire à satellite (MTSAT, *multifunction transportation satellite*) seront vraisemblablement tout aussi importants,

recommande

- 1 que l'on envisage sérieusement l'utilisation de satellites GPS, GLONASS et SBAS pour le transfert et la comparaison des signaux horaires au niveau mondial, en particulier pour les applications qui nécessitent une couverture mondiale et une précision de l'ordre de 1 μ s ou mieux;
- 2 que l'on envisage sérieusement pour le transfert de temps l'utilisation du mode «visibilité commune» du GPS et du GLONASS pour les applications nécessitant une précision comprise entre 10 et 100 ns; on peut, avec cette technique, améliorer encore la stabilité et la précision du temps en:
 - utilisant une moyenne pondérée sur plusieurs satellites;
 - utilisant un récepteur n'ayant pas besoin du code pour mesurer et compenser le temps de propagation du signal du satellite dans l'ionosphère;
 - apportant des corrections grâce à l'utilisation des données précises des éphémérides du satellite;
 - déterminant les coordonnées précises (à 1 m près) des antennes du récepteur;
- 3 que, dans un environnement où les techniques de SA et/ou de AS sont activées, les usagers qui exigent la plus grande précision possible compensent autant que faire se peut la dégradation intentionnelle des signaux en recourant aux techniques suivantes:
 - utilisation du mode «visibilité commune» exacte (à 1 s près à partir des mêmes instants de déclenchement et d'arrêt) pour annuler les effets de la modulation de disponibilité sélective de l'horloge du satellite;
 - établissement d'une moyenne des signaux reçus entre tous les satellites disponibles et sur plusieurs jours;
 - application de corrections finales en utilisant les données précises différées des éphémérides du satellite.

ANNEXE 1

Dégradation intentionnelle des signaux GPS

Le GPS, tel qu'il a été conçu, a la possibilité de dégrader intentionnellement le signal GPS mis à la disposition d'utilisateurs civils en général. Cette dégradation est ce que l'on appelle «la disponibilité sélective» (SA). En plus de la SA, il y a aussi l'antipiratage (AS). Il faut un ensemble de clés de déchiffrement pour supprimer les effets de AS et de SA.

L'activation de la fonction AS rend le service de positionnement précis (PPS) du GPS inaccessible à tous ceux qui ne disposent pas des clés appropriées. Le PPS donne toute la précision du GPS. Le code à 1,023 MHz en accès libre (C/A), qui reste à la disposition de tous les usagers, assure le service standard de positionnement (SPS). Lorsque la fonction SA est activée, le SPS assure l'accès au temps GPS et à l'UTC maintenu par le United States Naval Observatory, UTC (USNO), mais la modulation temporelle introduit des incertitudes crête-à-crête de plusieurs centaines de nanosecondes. Le SPS a une incertitude (2σ) dans deux dimensions de 100 m pour la position et de 340 ns pour le temps. On a obtenu une incertitude de 100 ns sur une moyenne d'un jour et de 50 ns sur une moyenne de trois jours. Il est indispensable d'avoir une horloge de référence stable pour

parvenir à de telles précisions. La plupart des centres internationaux de diffusion des signaux horaires ont opté pour le mode «visibilité commune» du GPS qu'ils considèrent comme la meilleure technique de transfert de temps. Les coordonnées des antennes GPS des centres de diffusion de signaux horaires sont maintenant connues à moins de 1 m près.

Le Comité consultatif des fréquences et du temps (CCFT) a créé un Groupe spécial chargé d'étudier les effets systématiques sur les équipements GPS de transfert de temps (essentiellement les récepteurs). Divers types de biais et d'effets de la température ont été mis à jour. Des travaux sont en cours dans ce domaine.

Plusieurs mesures ont été prises pour aider les usagers civils à obtenir des renseignements sur le GPS. Par exemple, un Comité civil de liaison avec les services GPS (CGSIC) a été mis en place. Un sous-comité chargé du temps relève du CGSIC. Ce sous-comité offre différents services au Bureau international des poids et mesures (BIPM), aux centres internationaux de diffusion de signaux horaires et au milieu industriel (télécommunications, compagnies d'électricité, etc.). Le CGSIC offre:

- des informations générales et spécifiques sur le GPS;
- une base de données électronique mise à jour par le service des Coast Guard des Etats-Unis d'Amérique; et
- des informations sur les techniques et les initiatives de recherche et de développement.

Les utilisateurs du GPS peuvent aussi se procurer des bulletins hebdomadaires ou mensuels auprès de nombreuses organisations: par exemple, BIPM, National Institute of Standards and Technology (NIST) et USNO et d'autres instituts métrologiques nationaux. L'accès au World Wide Web est également disponible au BIPM, au NIST et à l'USNO. De nombreuses organisations ont un personnel qui peut répondre à beaucoup de questions précises que les usagers civils peuvent avoir à propos du GPS.
