



la campagne internationale GLONASS

IGEX-98

Pascal Willis
IGN
ENSG-LAREG

Quelle est la place de GLONASS face à l'omniprésence du système GPS ?

Dans le monde actuel où GPS est devenu un outil incontournable, tant pour les applications grand public que pour les applications professionnelles de haute précision, on peut effectivement s'interroger sur la place encore laissée libre aux autres systèmes de navigation par satellites : systèmes actuels comme le système russe GLONASS, ou système futur comme le système européen Galiléo.

Le but de cet article est de faire le point technique sur le système GLONASS et en particulier de présenter la campagne internationale IGEX-98 et ses implications pour la communauté des topographes et géodésiens.

POURQUOI S'INTÉRESSER À GLONASS ?

Tout d'abord, il ne faut pas cacher que le système GLONASS n'est pas dans le même état de développe-

ment que le système GPS. Pire ! Le nombre de satellites décroît régulièrement, faute de lancements suffisants pour maintenir une constellation opérationnelle. Enfin, un grand nombre de choses ont été dites sur les performances de ce système (souvent avec des arrière-pensées politiques claires pour pousser le monopole du système GPS ou pour laisser une place au futur système européen Galiléo).

Malgré toutes ces limitations, l'intérêt pour le système GLONASS est multiple :

- la technologie est proche de celle de GPS, permettant aux constructeurs de fournir à prix légèrement supérieur un récepteur mixte GPS/GLONASS,
- le code P GLONASS est accessible à la communauté civile permettant des applications bi-fréquences de précision pour la navigation et pour les transferts de temps.

Il est clair que GLONASS ne doit pas être perçu comme un concurrent potentiel au GPS mais plutôt

comme un complément. Aucun constructeur civil ne fabrique de récepteur GLONASS seul.

Le seul fait de pouvoir utiliser des satellites supplémentaires à la constellation GPS permet de nombreuses applications :

- amélioration de l'intégrité et de la disponibilité du système pour les applications de type « navigation temps réel » et tout particulièrement à celles liées à la sécurité des personnes.
- Détermination plus rapide des inconnues d'ambiguïtés entières, amenant des gains de productivité (et d'efficacité) pour les applications professionnelles de précision.

Il reste toutefois une grande incertitude sur la disponibilité des satellites GLONASS (15 en début d'année grâce au lancement de 3 nouveaux satellites le 30/12/98 et 11 actuellement). On peut toutefois remarquer que la constellation actuelle (très réduite) semble privilégier les latitudes élevées et que par conséquent la disponibilité du système au-dessus de la Russie avoisine encore toujours les 80%. On peut s'interroger aussi sur l'intérêt des Russes à maintenir une constellation plus importante dans le contexte financier actuel du pays, sachant que les nouveaux satellites serviraient donc d'abord à améliorer la disponibilité du système GLONASS en dehors des frontières russes.

ORGANISATION DE LA CAMPAGNE GLONASS IGEX-98

Dans ce contexte d'incertitudes, et aussi d'informations insuffisantes (voire de désinformations), l'Association Internationale de Géodésie a décidé d'organiser une campagne internationale d'observations GLONASS afin de réaliser un jeu de données suffisamment important pour tester toutes les performances du système GLONASS.

Cette campagne a été organisée conjointement :

- par la Commission VIII (CSTG - *International Coordination of Space Techniques for Geodesy and Geodynamics*),
- par l'IGS (*International GPS Service*),
- par le ION (*Institute of Navigation*),
- et par l'IERS (*International Earth Rotation Service*).

Un comité d'organisation a été mis en place fin 1997 : G. Beutler (AIUB, Suisse), W. Gurtner (AIUB, Suisse), G. Hein (IfEN, Allemagne), R. Neilan (JPL, USA), C. Noll (NASA/CDDIS, USA), J. Slater (NIMA, USA), R. Weber (TU Vienne, Autriche), P. Willis (IGN, France, responsable).

Ce comité s'est appuyé sur l'expérience positive de l'IGS pour mettre en place un réseau de poursuite, des centres de calculs d'éphémérides précises, des centres de données (dont l'IGN en France) fournissant la totalité des mesures GLONASS ainsi que les résultats (orbites précises) aux utilisateurs.

Un site Web a été créé à l'IGN (<http://lareg.ensg.ign.fr/IGEX>) et comporte toujours des informations sur cette campagne. Un IGEX Mail a été créé (analogue de l'IGS Mail), messagerie électronique qui regroupe actuellement plus de 230 abonnés de par le monde. Tout le monde peut recevoir ces informations (point de contact : pascal.willis@ensg.ign.fr) ou les consulter sur le site Web de la campagne IGEX-98.

LE RÉSEAU D'OBSERVATION IGEX-98

La campagne a débuté officiellement le 20 octobre 1998 pour une période de 6 mois. La figure 1 montre le réseau complet des stations GLONASS qui ont observé durant la campagne. Il faut noter que tous les récepteurs GLONASS étaient soit des récepteurs mixtes GLONASS/GPS, soit des récepteurs GLONASS/GPS mono-fréquences placés en colocation très proche (quelques mètres au maximum) avec un récepteur GPS géodésique bi-fréquence. Au total, 74 récepteurs ont été installés durant cette campagne et rediffusaient leurs données GPS et GLONASS via Internet vers les centres de données à un rythme quotidien (moins de 48 heures).

Pratiquement, tous les types de récepteurs GLONASS disponibles sur le marché ont été utilisés pour cette campagne : 3S-Navigation, Ashtech, ESA/ISN Univ. Leeds, JAVAD, MAN Technology. Toutes les données ont été transformées dans le format international RINEX qui est aussi celui qui est utilisé pour l'IGS et qui est un format d'échange qui est largement reconnu par les logiciels GPS du marché.

De plus, comme les satellites GLONASS sont tous équipés de rétro-réflecteurs laser de dimension importante (donc plus faciles à poursuivre que les deux satellites GPS équipés), 18 satellites GLONASS ont été suivis par un réseau de 30 observatoires laser (dont le CERGA en France).

LES CENTRES D'ANALYSE IGEX-98

Toutes ces données GLONASS ont été collectées et restent archivées dans les centres de données. Au total, six groupes dans le monde ont été capables durant la période de cette campagne de mettre à jour leurs logiciels GPS (pour prendre en compte les mesures GLONASS pour lesquelles la fréquence varie d'un satellite à l'autre) et de produire de manière régulière des orbites précises en temps légèrement différé :

- BKG en Allemagne,
- CODE en Suisse,
- ESOC/ESA en Allemagne,
- GFZ en Allemagne,
- JPL aux Etats-Unis,
- MCC en Russie.

Ces différents centres ont aussi estimé les comportements des orbites GLONASS embarqués à bord des satellites et ont comparé les synchronisations des récepteurs mixtes issues de GPS ou de GLONASS.

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Plusieurs types de résultats étaient espérés à l'issue d'une telle campagne :

- paramètres de transformation entre les systèmes de référence terrestre PZ-90 (lié aux orbites GLONASS radiodiffusées) et le WGS-84 (lié aux orbites GPS radiodiffusées),
- orbites précises GLONASS,
- localisation géodésique à grande distance (régionale voire continentale ou mondiale),
- informations sur les échelles de temps GPS et GLONASS,
- transferts de temps à grande distance.

Le problème des systèmes de référence terrestre est surtout crucial pour les applications temps réel (de ma-

nière générale pour toute application qui utilise les éphémérides radiodiffusées). Cette campagne a permis de confirmer le très fort décalage des deux systèmes PZ-90 et WGS84 suivant la rotation autour de l'axe Z qui avait été détecté auparavant à partir de campagnes régionales européennes. Une transformation de référence devrait bientôt être adoptée au niveau international, ce qui permettra aux différents constructeurs de matériel d'utiliser la même formule de conversion.

Les orbites précises sont vraiment le résultat le plus important obtenu par cette campagne. Les résultats obtenus par les six groupes d'analyse montrent un accord de l'ordre de 20 cm sur la composante radiale des satellites (l'objectif initial était d'obtenir une orbite submétrique !). Ces chiffres ont été confirmés par l'utilisation des mesures laser (qui n'entraient pas en compte dans le calcul et qui pouvaient donc servir de contrôle de qualité externe). Une orbite officielle IGEX-98 est générée en moyennant les orbites obtenues par les différents groupes et est disponible depuis octobre 1998 auprès des centres de données.

L'utilisation de ces orbites permet d'améliorer très sensiblement les résultats de localisation précis et tout particulièrement pour les récepteurs bi-fréquences à grande distance. Des résultats de répétitivités journalières sub-centimétriques pour des distances de plusieurs milliers de km en Europe par le groupe européen de CODE à Berne. Ces résultats sont encore préliminaires et pourraient encore être améliorés dans l'hypothèse de calculs combinés GPS/GLONASS.

Concernant les rattachements entre les échelles de temps GPS et GLONASS, des premiers résultats ont été présentés au Workshop IGEX-98 (13-14 septembre 1999 à Nashville, USA). Ces résultats montrent que certains effets systématiques sont très dépendants du matériel utilisé (voire de la version du logiciel utilisé pour la conversion en format RINEX!). Les transferts de temps avec GLONASS sont beaucoup plus précis que les transferts de temps avec le système GPS, grâce à la disponibilité totale du code P. Cette technique est utilisée par une très grande majorité des laboratoires de temps primaire dans les différents pays du monde. Pour la campagne IGEX-98, 12 laboratoires de temps-fréquence participaient aux observations GLONASS, ce qui montre que cette communauté est très en avance sur les autres pour l'utilisation du système GLONASS.

L'APRÈS-CAMPAGNE IGEX-98

La campagne IGEX-98 a été un succès pour tous, basé sur une très large participation internationale (26 pays impliqués). À la fin de la campagne (19 avril 1999, soit exactement 6 mois après le début des observations), il a été décidé de continuer autant que possible les observations (en particulier pour les récepteurs GLONASS bifréquences). Depuis cette date, plus de 30 stations continuent encore d'observer suivant les mêmes procédures

et cinq groupes d'analyse continuent de produire des orbites précises.

Un colloque de travail (IGEX-98 workshop, Nashville) a été organisé à Nashville en septembre 1999 afin de présenter les résultats scientifiques obtenus et de prendre une décision pour l'avenir.

Tout en notant que l'avenir du système GLONASS n'était toujours pas assuré à 100 %, les participants à ce colloque ont voté à l'unanimité pour continuer cette expérience. L'idée est de se laisser quatre ans pour résoudre les derniers problèmes de recherche et pour mettre en place une structure dans l'IGS actuelle qui prenne en compte les observations GLONASS au même titre que les observations GPS : stations de poursuite mixtes, centres de calculs mixtes, procédures complément automatisées.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Je pense que l'on peut dire honnêtement que la campagne IGEX-98 a largement dépassé ses objectifs initiaux (réseau mondial et orbites sub-métriques). Un réseau de poursuite réellement international a été mis en place et continue d'observer en permanence. Plusieurs centres d'analyse, souvent impliqués dans le fonctionnement scientifique de l'IGS, ont étendu leurs activités au système GLONASS.

Pas plus qu'hier, il n'est possible de prédire l'avenir de la constellation GLONASS. Les pessimistes diront que tenant compte de la durée de vie actuelle des satellites, s'il n'y a pas de nouveau lancement de satellites, il n'y aura plus de satellites après 2001 ou 2002. Les optimistes diront que lorsque la constellation fournira une disponibilité insuffisante sur le territoire russe de nouveaux lancements seront prévus et que les lancements GLONASS se font pour trois satellites à chaque fois. De plus, depuis plusieurs années, les militaires russes ont annoncé une modernisation du système GLONASS (GLONASS-M qui permettrait en particulier d'augmenter très sensiblement la durée de vie des satellites GLONASS et donc de faciliter le maintien opérationnel de la constellation).

L'utilisateur professionnel se contentera de dire que tout ce qui est utilisable (et qui ne coûte pas plus cher) est bon à prendre, même si c'est pour une durée limitée. La campagne IGEX-98 met à disposition pour ces utilisateurs curieux des éphémérides de très grande précision après un délai qui est amené à se raccourcir de plus en plus en fonction des avancées en recherche. Ceci permet pour les applications topographiques ou les applications cinématiques de précision de diminuer le temps d'observation nécessaire et d'assurer un meilleur pourcentage de fixation des ambiguïtés entières. Dans le cas des chantiers à grande distance, des calculs peuvent être faits en temps différé avec le même logiciel du commerce mais en utilisant les éphémérides précises (GPS et GLONASS dans le même système de référence terrestre), récupérées sur Internet en temps différé, dans le calme de son bureau.