

# Méthodes de travail dans les réseaux GNSS

■ Romain LEGROS - Laurent MOREL - Flavien VIGUIER - Florian BIROT

*Cet article annonce la sortie prochaine d'un document sur les méthodes de travail dans les réseaux GNSS.*

*Le groupe de travail "Réseaux GNSS" de la Commission Géopositionnement du CNIG finalise actuellement ce document qui devrait par conséquent être disponible au début de l'année 2012 sur le site de la Commission : [geopos.netne.net](http://geopos.netne.net). Après un rappel historique sur l'acquisition des données géographiques et la pratique du GPS dans le domaine de la topographie, l'article s'attache à présenter le champ couvert par le document ainsi que ses principales parties.*

## MOTS-CLÉS

GNSS, NRTK, RTK, PPK, NPPK, Statique, Statique rapide, RGP, réseaux temps réel

## Contexte historique

Au cours des derniers siècles, les méthodes d'acquisition de données géographiques ont connu une forte mutation, aussi bien au niveau de leur facilité de mise en œuvre qu'au niveau de la qualité des données produites.

Nous pouvons dire que l'avènement de cette ère nouvelle commença aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles avec le développement de la géodésie moderne qui permit, après des siècles de travail approximatif, de donner enfin une représentation géométrique fiable de la surface terrestre en définissant rigoureusement les différents systèmes de référence nécessaires à l'établissement et au suivi d'un jeu de coordonnées. A compter de cette période marquant l'avènement des canevas de référence fournissant les points d'appui nécessaires aux travaux topographiques, il fut possible par méthodes topométriques de décrire localement les formes de la surface terrestre et de permettre aux cartographes d'en fournir une représentation la plus juste possible.

Au cours des trois siècles suivants, les instruments de mesure se sont perfectionnés de manière constante, mais cette évolution fut aussi très lente. En effet, pendant longtemps on travailla exclusivement sur la base de levés sur le terrain.

A partir de la fin de la seconde guerre mondiale, lorsque la photographie

aérienne devint vraiment opérationnelle, l'utilisation d'un couple stéréoscopique de photos aériennes permit enfin de traiter le terrain en salle pour en obtenir plus facilement, et surtout plus rapidement, une représentation géométrique fiable.

Cependant durant une cinquantaine d'années encore, la réalisation de cartes et de plans resta une activité laborieuse et coûteuse, car relativement lente. En effet, le temps nécessaire au recueil et au traitement de l'information issue de photos aériennes fait que l'information est déjà en partie dépassée lorsqu'elle est mise à la disposition de l'utilisateur

sous la forme de base de données ou de cartes actualisées.

Dans un environnement en lente mutation, cette approche est restée acceptable pendant des décennies, mais aujourd'hui l'environnement change si rapidement qu'on ne peut plus tolérer de tels délais pour suivre de près et contrôler de façon fiable ces changements.

Cette constatation vaut pour tout type d'applications dans la mesure où les utilisateurs ont de plus en plus tendance à exiger des documents présentant une situation tout à fait actualisée. Il était donc temps de revoir fondamentalement les méthodes de mise à jour de nos bases de données géographiques.

## L'avènement du GPS et des réseaux de stations permanentes

C'est précisément ici que les nouveaux développements technologiques ont révolutionné les méthodes d'acquisition de données géographiques avec la généralisation de l'utilisation opérationnelle des levés GPS



Figure 1. Lever par méthode GPS-Statique.

à partir des années 1980. En effet, pour lever un point avec une précision centimétrique en utilisant un théodolite, nous avons besoin d'une équipe de 4 techniciens pendant 1 journée pour rattacher un chantier local au système géodésique national. Suite à l'introduction des levés différentiels GPS et des méthodes "statique" et "statique rapide", nous pouvions régler cette tâche avec deux techniciens en quelques heures en posant une base offrant une orientation absolue à proximité de la zone à relever. Le principe général de ces méthodes consiste alors à installer un premier récepteur sur un point connu très précisément en coordonnées (station de référence) puis à installer un second récepteur (mobile) sur le ou les points dont nous cherchons à déterminer les coordonnées. De retour au bureau, nous pouvons ainsi calculer les coordonnées précises des points stationnés en synchronisant les quelques dizaines de minutes à quelques heures d'observations enregistrées sur les deux appareils. Le principe consiste alors, partant du postulat que dans un certain rayon d'action les erreurs affectant les signaux GPS sont très similaires, à éliminer les erreurs spatialement corrélées par différentiation multiple. On calcule alors les coordonnées d'un vecteur connaissant l'un de ses deux points (cf. figure 1).

Mais ce n'était là qu'une première révolution dans la mesure où la méthode GPS-RTK (*Real Time Kinematic ou Cinématique Temps Réel*) permet dès les années 1990 et dans certaines conditions à un seul technicien d'exécuter cette même tâche en quelques minutes (cf. figure 2).

Ceci signifie qu'en une vingtaine d'années le rendement des techniques topographiques a été totalement bouleversé, ce qui, sur la base de considérations économiques, ne resta évidemment pas sans conséquences sur le plan opérationnel.

Dès lors, la constitution et la mise à jour de nos bases de données géographiques sous forme numérique s'accéléra rapidement et de nouvelles applications comme le guidage d'en-

gins agricoles ou de chantiers de travaux publics virent le jour.

Cependant l'application efficace de la méthode GPS-RTK exige un certain nombre de compétences afin d'installer préalablement au lever et à moins de 20 km du chantier une station de référence sur un point connu très précisément en coordonnées envoyant, le plus souvent par l'intermédiaire d'une radio UHF, ses mesures de phases ainsi que les coordonnées précises de ces mesures. En plus de la nécessité de trouver un tel point et d'assurer la stabilité de l'antenne dans le temps, il faut être capable d'opérer sa propre liaison radio, le tout dans des conditions de sécurité des matériels (risque de vol, de déplacement des matériels), réglementaires (nécessité de s'acquitter d'une licence radio auprès de l'ARCEP) et de portée radio acceptable (typiquement de l'ordre de quelques centaines de mètres à la dizaine de kilomètres fonction de la nature des lieux (topographie, urbanisation, végétation)). La précision de la

méthode (1 cm en planimétrie et 2 cm sur la composante verticale) décroît à mesure que la distance séparant le mobile de la station de référence augmente (de respectivement 1 et 2 millimètres par kilomètre d'éloignement) du fait de la décorrélation spatiale effective des sources d'erreurs entre les deux postes d'observation.

Cependant, et c'est le second axe plaidant en faveur du développement des techniques GPS différentielles et plus particulièrement de la technique GPS-RTK, l'avènement des réseaux de télécommunication (filaire pour la collecte des observations réalisées sur chacune des stations de référence et sans fil pour la diffusion des données nécessaires au positionnement en temps réel du mobile) permet la mise en réseau de ces stations de référence qui devinrent permanentes dès les années 2000 dans l'optique de libérer les utilisateurs de toutes les contraintes opérationnelles précitées (cf. figure 3). Plus besoin donc d'installer et d'opérer sa propre station de référence, des

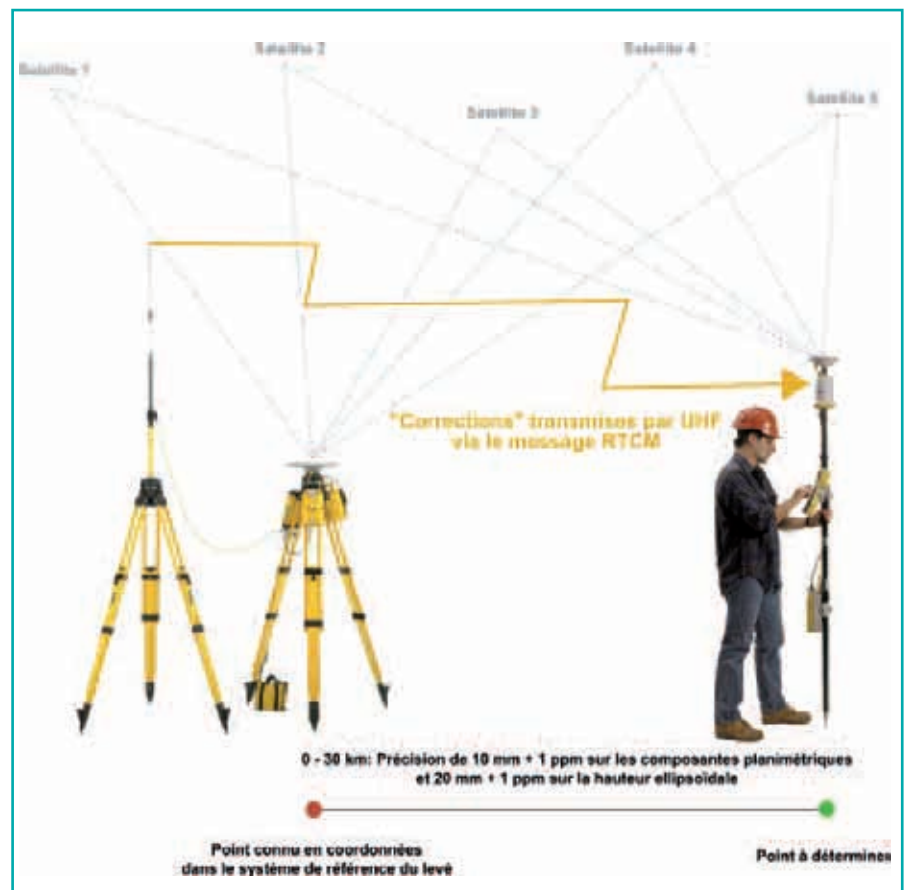


Figure 2. Lever par méthode GPS-RTK.



Figure 3. Station de référence permanente.

infrastructures publiques ou privées s'acquittant désormais de cette tâche. L'avènement du RGP (Réseau GNSS Permanent maintenu et opéré par l'Institut Géographique National), puis des réseaux temps réel comme ORPHEON, S@TINFO ou TERIA permet de démocratiser ces techniques différentielles au sein même de la communauté des "géomètres-topographes" en abaissant les coûts d'acquisition et d'opération mais également au sein des différentes communautés d'utilisateurs tels que les opérateurs de réseaux (eaux, gaz, électricité, télécoms, etc.) ou encore les entreprises de travaux publics sans que cette liste ne soit bien évidemment limitative. Plus particulièrement, l'avènement des réseaux temps réel permet un nouvel essor de la technique GPS-RTK auprès de nouvelles communautés d'utilisateurs telles que les agriculteurs pour des applications de guidage de précision en offrant à quasiment tout un chacun la possibilité d'accéder très facilement et encore plus précisément à la référence nationale à travers une "boîte noire" qui bien qu'assez complexe reste totalement transparente à l'utilisateur. Ainsi, un personnel technique peut désormais effectuer des levés de précision ou opérer un système de guidage de précision moyennant une courte formation, le maniement des instruments étant par ailleurs devenu relativement aisé. On parle alors de

levés GPS-NRTK (*Network Real Time Kinematic* ou Cinématique Temps Réel en Réseau).

D'un point de vue organisationnel, cette simplification des outils et

méthodes permet à nombre d'entreprises d'internaliser la compétence d'acquisition et/ou de traitement de données géographiques de précision permettant une réelle démocratisation des techniques de positionnement et de guidage de précision.

Cette vulgarisation des techniques de positionnement engendre cependant certaines dérives dans la mesure où tous les utilisateurs ne sont pas ou plus forcément conscients des phénomènes impliqués dans le positionnement GNSS et ne disposent pas ou plus du recul nécessaire sur leur matériel pour travailler de manière optimum.

### Champ du document

Dans ce contexte en pleine mutation où de nouvelles constellations de satellites se sont mises (GLONASS) et se mettent en place (GALILEO, COMPASS) pour compléter GPS et



Figure 4. Système de guidage automatisé NRTK pour engins agricoles (travail du sol, semis de carottes et traitements phytosanitaires en une seule opération avec une précision centimétrique).





rendre l'utilisation de tels systèmes encore plus disponible et plus fiable, il est apparu nécessaire au groupe de travail "Réseaux GNSS" de la Commission Géopositionnement du CNIG de faire le point sur les techniques de lever GNSS en réseau. Néanmoins il nous a semblé opportun dans un premier temps de limiter le propos aux méthodes différentielles directes utilisant les données issues d'un réseau de stations permanentes, qu'il s'agisse de levers temps réel ou temps différé (post-traitement), en dynamique comme en statique. Le PPP (*Precise Point Positioning*) consistant à modéliser chacun des postes d'erreur affectant la précision des coordonnées obtenue par un récepteur GNSS fonctionnant en mode autonome (par opposition au mode différentiel) se trouve donc de facto hors du champ de cette étude.

Nous limiterons également notre propos aux applications "topographiques" et "géodésiques" consistant à relever un certain nombre de points (typiquement de un à quelques milliers) à l'aide d'un récepteur mobile qualifié de "kit piéton" afin d'en obtenir des coordonnées tridimensionnelles décimétriques ou centimétriques, ce type d'utilisation étant à distinguer du guidage d'engins (travaux publics ou agriculture) et de la trajectographie. Ce document se voulant avant tout pratique et à destination des utilisateurs se décompose de la manière suivante (cf. tableau 1) : L'accès au document s'effectue à travers un tableau de synthèse repre-

nant les avantages de chacune des 7 techniques existantes (NRTK, RTK "pivot libre", NPPK, PPK "pivot libre", Filtrage et moyenne de positions obtenues en NRTK, Statique "multi-station" et Statique "pivot central"). Une méta-fiche traitant de "la réalisation d'observations de qualité", prérequis indispensable à l'ensemble de ces sept techniques est ensuite proposée. Chacune de ces sept techniques est ensuite décrite par des fiches pratiques présentant les objectifs et prérequis nécessaires ainsi que le niveau de difficulté des tâches et actions à réaliser, chaque fiche pratique se terminant par une fiche de synthèse au format A4 reprenant les étapes et points clés de la méthode afin de pouvoir servir de pense-bête sur le terrain.

Pour tous les calculs en temps différé de type NPPK ou Statique "multi-stations" faisant intervenir plusieurs stations de référence, deux variantes sont abordées en fonction de la réalisation ou non d'un ajustement en réseau.

Les moyens de contrôle des levés réalisés en lien avec l'arrêté du 16 septembre 2003 portant sur les classes de précision seront enfin abordés pour chacune des sept techniques.

Le but de ce document n'est alors pas de reprendre dans le détail les bases du positionnement par multilatération spatiale, de nombreux documents existant à cet effet comme le très bon "GPS – Localisation et navigation par satellites" de Duquenne et al. (2005) issu des travaux de la même commission du CNIG, anciennement dé-

nommée "Positionnement Statique et Dynamique". ●

Le document sera téléchargeable au format PDF sur le site de la Commission Géopositionnement à l'adresse suivante : <http://geopos.netne.net/spip.php?rubrique4>

## Contacts

**Romain LEGROS** Directeur Général de la société GEODATA DIFFUSION  
r.legros@orpheon.biz

**Laurent MOREL**  
Maître de conférences à l'ESGT  
laurent.morel@esgt.cnam.fr

**Flavien VIGUIER**  
Direction de l'ingénierie de la SNCF  
flavien.viguiier@sncf.fr

**Florian BIROT** - Elève ingénieur ESGT  
florianbirot@hotmail.com

## Références

Duquenne F., Botton S., Peret F., Bétaille D., Willis P. (2005). *GPS Localisation et navigation par satellites* 2<sup>e</sup> édition revue et augmentée. Hermes-Lavoisier.

## ABSTRACT

*At the beginning of the year 2012, user guidelines for positioning in GNSS networks will be published on the Internet Website of the CNIG Commission Geopos, geopos.netne.net. In this article, after a brief introduction concerning basic knowledge about geographical data and GNSS positioning, the scope of this future document and its main parts are presented.*

## La réalisation d'observations GNSS de qualité

Levers cinématiques				Levers statiques		
Calcul des positions en temps réel		Calcul des positions en temps différé		Calcul des positions en temps réel	Calcul des positions en temps différé	
NRTK	RTK "Pivot libre"	NPPK	PPK "Pivot libre" (physique ou virtuel)	Filtrage et moyenne de positions obtenues en NRTK	Statique et statique rapide "multi-stations"	Méthodes "indirectes" du "pivot central" ou de la "station virtuelle"

**Tableau 1.** Structure du document. Les différentes techniques de positionnement GNSS en réseau apparaissent sur la dernière ligne du tableau, la méta-fiche relative à la réalisation d'observations de qualité étant quant à elle représentée sur la première ligne du tableau.