

Réalisation d'un serveur de corrections GPS accessible par GPRS

Résumé

La localisation GPS différentielle avec mesure de phase en temps réel (GPS-RTK) est quotidiennement utilisée dans les domaines de la mensuration, de la cartographie et des systèmes d'information géographique. Une telle technique repose sur un lien de communication fiable – la plupart du temps, la radio – entre les récepteurs GPS de référence et mobile. GPRS (General Packet Radio Service) constitue un nouveau moyen d'échanger des corrections GPS via Internet. Nous présentons nos investigations sur l'intégration d'un tel lien de communication pour réaliser un échange de corrections RTK à haute fréquence. Contrairement à une solution conventionnelle, notre concept utilise une connexion GPRS bidirectionnelle : un sens pour la diffusion de corrections RTK vers le rover, l'autre pour la collecte des coordonnées du rover par un serveur. Une des applications les plus prometteuses est la trajectographie en temps réel avec une analyse simultanée de la qualité de la localisation.

Hervé Gontran, Marco Lehmann

Contexte

Les applications aux sports dynamiques pour l'analyse précise de trajectoires représentent une nouvelle perspective pour la localisation GPS différentielle avec mesure de phase. Appliqué au ski de compétition, la technique GPS fournit toutes les données quantitatives pour une analyse complète position/vitesse/accélération (PVA), si bien que les trajectoires mesurées ainsi sont comparables sur la totalité de la piste. Elle est donc en mesure d'aider les athlètes à trouver la ligne la plus rapide et d'identifier des fautes techniques. Il en résulte une amélioration de l'efficacité des entraînements et de la préparation, dans le but d'optimiser les performances, aussi bien de l'athlète que de son matériel. Ce type d'analyse exige une localisation décimétrique du skieur à une cadence de 5 à 10 Hz. Afin d'obtenir une telle précision en temps réel, il est nécessaire d'utiliser simultanément deux stations GPS réalisant des mesures de phase sur L1 et L2 et de communiquer les mesures du pivot au mobile. Actuellement, cette communication est assurée par une connexion GSM (Global System for Mobile communications) via laquelle les positions successives du sportif sont transférées vers un ordinateur portable où un algorithme de lissage par splines cubiques définit la trajectoire à tout instant (Skaloud et al., 2004).

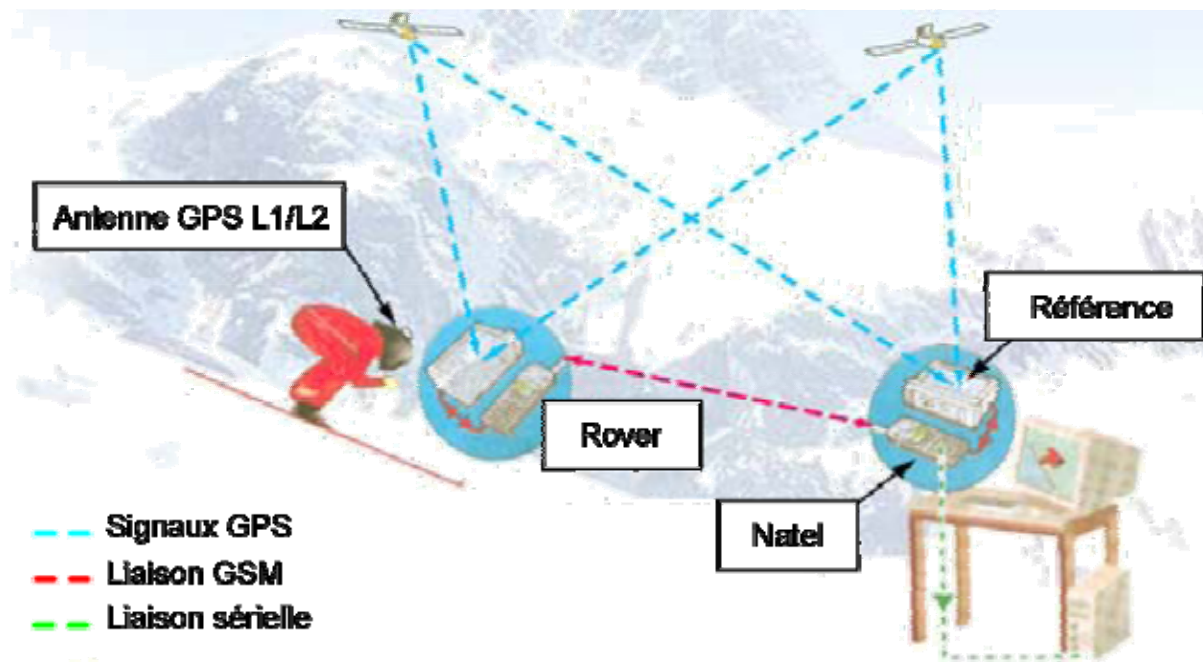


Figure 1 : Application GPS-RTK/GSM pour la trajectographie

Lors d'une manche de la coupe du monde de kilomètre lancé à Leysin (VD), l'utilisation du GPS pour déterminer en temps réel la trajectoire de sportifs s'est avérée un succès. Cette expérience nous a permis de mettre au point une technique non empirique de placement des cellules de chronométrage, mais elle a aussi mis en avant certains inconvénients inhérents à la communication par GSM.

- Un natel qui n'est pas géré par le *firmware* d'un récepteur GPS nécessite une programmation par des commandes Hayes non normalisées !
- L'établissement de la connexion peut prendre quelques minutes alors que la patience des compétiteurs est limitée.
- La facturation est basée sur le temps à cause du lien exclusif entre les deux postes.
- La vitesse de transfert est limitée à 9 600 bps.

L'Internet mobile comme lien de communication performant

En raison de la capacité accrue d'Internet, les radios en ligne, qui débitent des flux continus de paquets IP (Internet Protocol), sont devenus des services bien établis. Or, le transfert de données GPS temps réel requiert une bande passante relativement étroite par rapport à ces applications. Par conséquent, la dissémination de corrections RTK via Internet constitue une alternative intéressante à l'usage des techniques de diffusion mentionnées précédemment. L'Internet mobile, nécessaire pour toute application devant se passer sur le terrain, est intimement lié au GPRS, un service de transmission de données par radio, utilisant la commutation de paquets sur le réseau GSM, tout en atteignant des débits maximaux de 171,2 kbps. Au contraire de GSM pour lequel les ressources allouées pendant l'établissement de la connexion restent réservées pendant toute la durée de l'appel, GPRS ne monopolise aucune ligne pour l'échange de données entre périphériques, puisque les ressources nécessaires à la communication sont dynamiquement allouées sur demande. Dans ce cadre, le natel est identifié par une adresse IP, lors de l'initialisation de la connexion à Internet. Toute information envoyée sur GPRS (et aussi sur l'Internet) est encapsulée dans un paquet IP. Dans

l'en-tête de ce dernier se trouve l'adresse du destinataire qui sert à router le paquet dans le réseau. Ceci permet l'envoi de chaque paquet indépendamment des autres, d'où la non-obligation d'établir une connexion permanente. Un tel concept permet aux prestataires de service de baser la facturation sur le volume d'information échangé au lieu de la durée de la communication (Gontran et al., 2004).

Prototypage d'un serveur de corrections GPS accessible par GPRS

Avec l'avènement de NTRIP (Weber et al., 2003), des serveurs web de corrections GPS sont mis à disposition des professionnels de la géomatique. Des modems GPRS spécifiques embarquent les piles de protocole Internet et convertissent les flux de données TCP/IP en flux sériels. Grâce à de tels périphériques, les récepteurs GPS mobiles se comportent comme s'ils étaient directement connectés au serveur via un câble série. Cependant, tous les appareils compatibles avec GPRS subissent un adressage IP dynamique par une traduction d'adresses de réseau (NAT) que réalise l'opérateur téléphonique. Cette mesure de sécurité protège les appareils cellulaires d'un accès abusif aux données en bloquant toute connexion entrante. Par conséquent, l'établissement d'une liaison directe TCP ou UDP entre deux récepteurs GPS munis de leur modem GPRS est impossible à l'intérieur d'un réseau protégé par NAT.

La solution réside dans l'implémentation d'un serveur relais à l'extérieur du réseau cellulaire, et transmettant les corrections de la station GPS de référence vers le rover. Cette approche comporte plusieurs avantages :

- l'indépendance vis-à-vis de l'opérateur téléphonique,
- la diffusion des corrections GPS vers plusieurs rovers,
- l'implémentation de logiciels complémentaires sur le serveur.

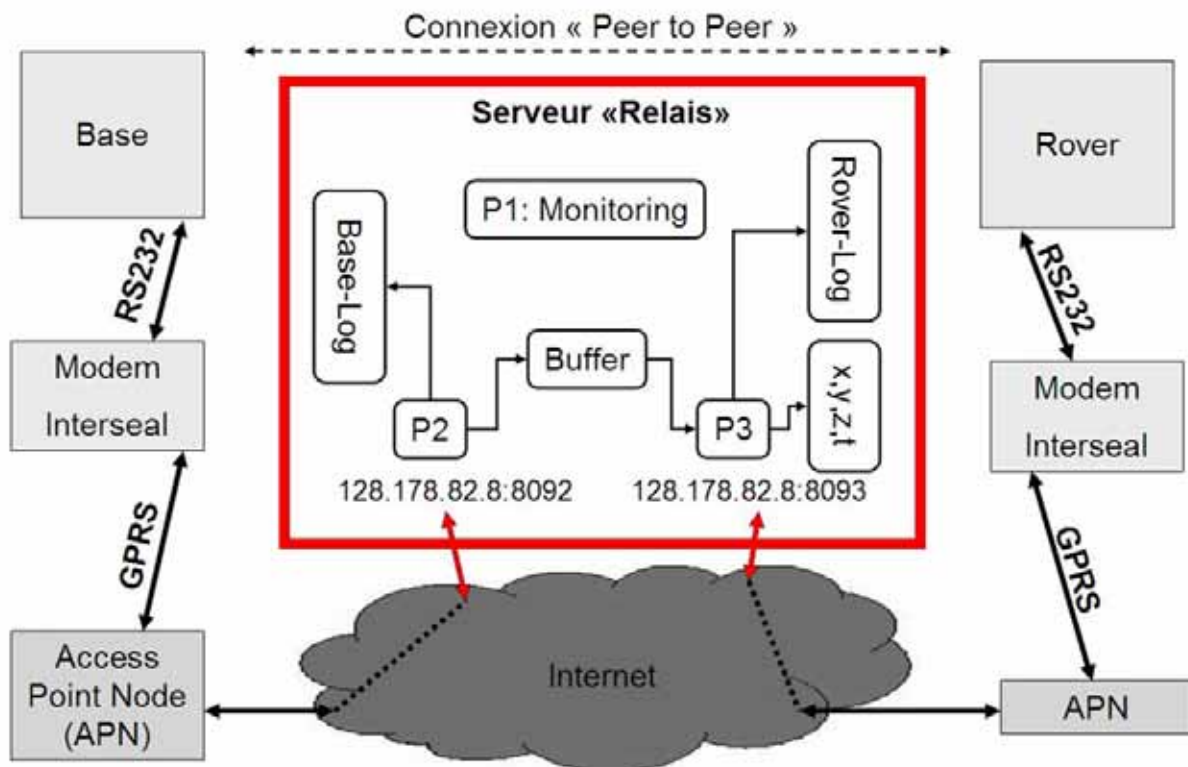


Figure 2. Serveur relais de corrections GPS

Notre concept spécifie des services minimaux, parmi lesquels la réception des corrections GPS depuis une station de base, la multidiffusion des dites corrections vers des rovers GPS authentifiés ainsi que l'enregistrement des solutions RTK et de la date de leur calcul. La figure 2 décrit l'implémentation du serveur prototype. Les entités P1 à P3 se réfèrent à des processus qui accomplissent les tâches suivantes :

- P1 : le contrôleur qui initialise le serveur et surveille son fonctionnement,
- P2 : le producteur qui lit les données de la station GPS de référence et les envoie vers un tampon,
- P3 : le consommateur qui lit les données du tampon et les envoie vers un rover.

De tels processus établissent une liaison pair-à-pair entre le pivot et les rovers. Plus spécifiquement, dès que le serveur est lancé, des interfaces de connexion (*sockets*) sont créées pour une liaison ultérieure avec les récepteurs GPS de référence et mobiles. Lorsque ces derniers envoient un message Hello¹, le serveur peut récupérer les adresses IP externes de chaque récepteur GPS. L'obtention d'adresses Internet pleinement fonctionnelles autorise une connexion directe entre tous les récepteurs. Néanmoins, le serveur ne livre des corrections RTK qu'à des rovers authentifiés.

```

root@topopc5:/programming/c/networking/relais
[ root@topopc5 relais ]#
[ root@topopc5 relais ]# ./fwdtest
Server: creating socket for rover
Server: binding my local socket
Server: creating socket for reference
Server: binding my local socket
Server: starting blocking message read
listens for reference hello: ...
ref message length: 1
ref ip: 193.247.250.1 , port: 25104
ref: message is: a
listens for rover hello ...
rov message length: 1
rov ip: 193.247.250.1 , port: 59664
rov message is: b
listens for reference data: ...

reference - HyperTerminal
OK
at#open udp:8092;ip=128.178.82.8
Connecting to 'udp:8092;ip=128.178.82.8'
OK
NIPCP (Info): IP: 10.122.16.98
NIP (Info): UP
CONNECT
a

rover - HyperTerminal
at
OK
at#sktset=1,8093,"128.178.82.8"
OK
at#sktsav
OK
at#sktlop
NIPCP (Info): IP: 10.122.16.107
NIP (Info): UP
CONNECT
hello
  
```

Figure 3. Apprentissage de l'adresse IP des modules GPRS.

Serveur déployé de corrections GPS

Le prototype susmentionné sert à identifier le composant le plus faible d'une plateforme GPRS pour la localisation GPS différentielle en temps réel, à savoir les modems. En plus de leur interface de configuration très peu conviviale, les modems limitent le flux de corrections RTK à un rythme de 1 Hz. Par conséquent, nous avons décidé de déployer le serveur relais

¹ Paquet multiplexé utilisé par un retour pour la découverte et l'établissement de connexion avec son voisinage réseau. Un tel paquet indique aussi qu'un client est toujours fonctionnel et prêt à agir.

sans implémenter de logique sur ces périphériques. Ceux-ci sont directement configurés à l'aide d'un client Java qui automatise l'envoi de chaînes d'initialisation. Une telle solution permet la diffusion de corrections GPS-RTK sur Internet avec :

- un libre choix du format,
- un libre choix du débit,
- la possibilité de développer des algorithmes de station de référence virtuelle sur le serveur.

Puisque nous avons accès à la totalité de l'infrastructure sous-jacente, la bidirectionnalité de la liaison GPRS est exploitable de façon optimale. Les premières expériences impliquent la récupération des coordonnées du mobile en temps réel, ce qui permet une trajectographie en temps réel d'objets mobiles et une analyse PVA complète et sans délai.

Pour démontrer le bien-fondé du concept, nous avons développé un logiciel Java qui implémente les fonctionnalités suivantes :

- établissement d'une connexion TCP (Transmission Control Protocol) avec le serveur de corrections GPS,
- établissement d'une connexion JDBC² avec un serveur de bases de données MySQL,
- lecture continue des messages NMEA à partir du serveur de corrections GPS,
- analyse syntaxique des messages NMEA et enregistrement de ceux-ci dans une base de données MySQL,
- Affichage texte des coordonnées et d'indicateur de la qualité de la position.

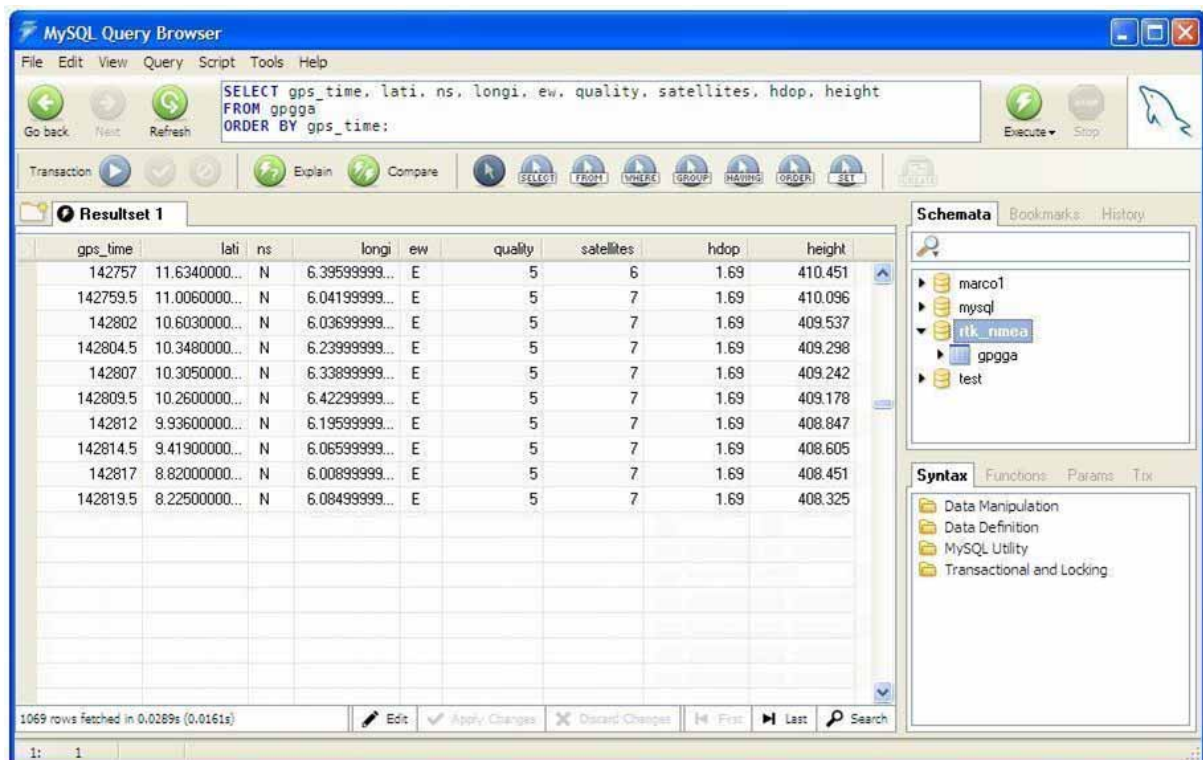


Figure 4. Stockage des coordonnées dans une base de données MySQL.

² Java Database Connectivity est une interface de programmation qui donne accès à des bases de données

Application

L'accessibilité par GPRS de notre serveur de corrections GPS personnalisé a subi des tests pour évaluer la qualité du lien de communication et la résolution des ambiguïtés sur de longues périodes. A cette occasion, des récepteurs GPS bi-fréquence Javad Legacy GD furent utilisés pendant une session de 3 heures avec un échange de données à 1 Hz, en raison des limitations inhérentes au modem. La longueur de la ligne de base est de 20 m.

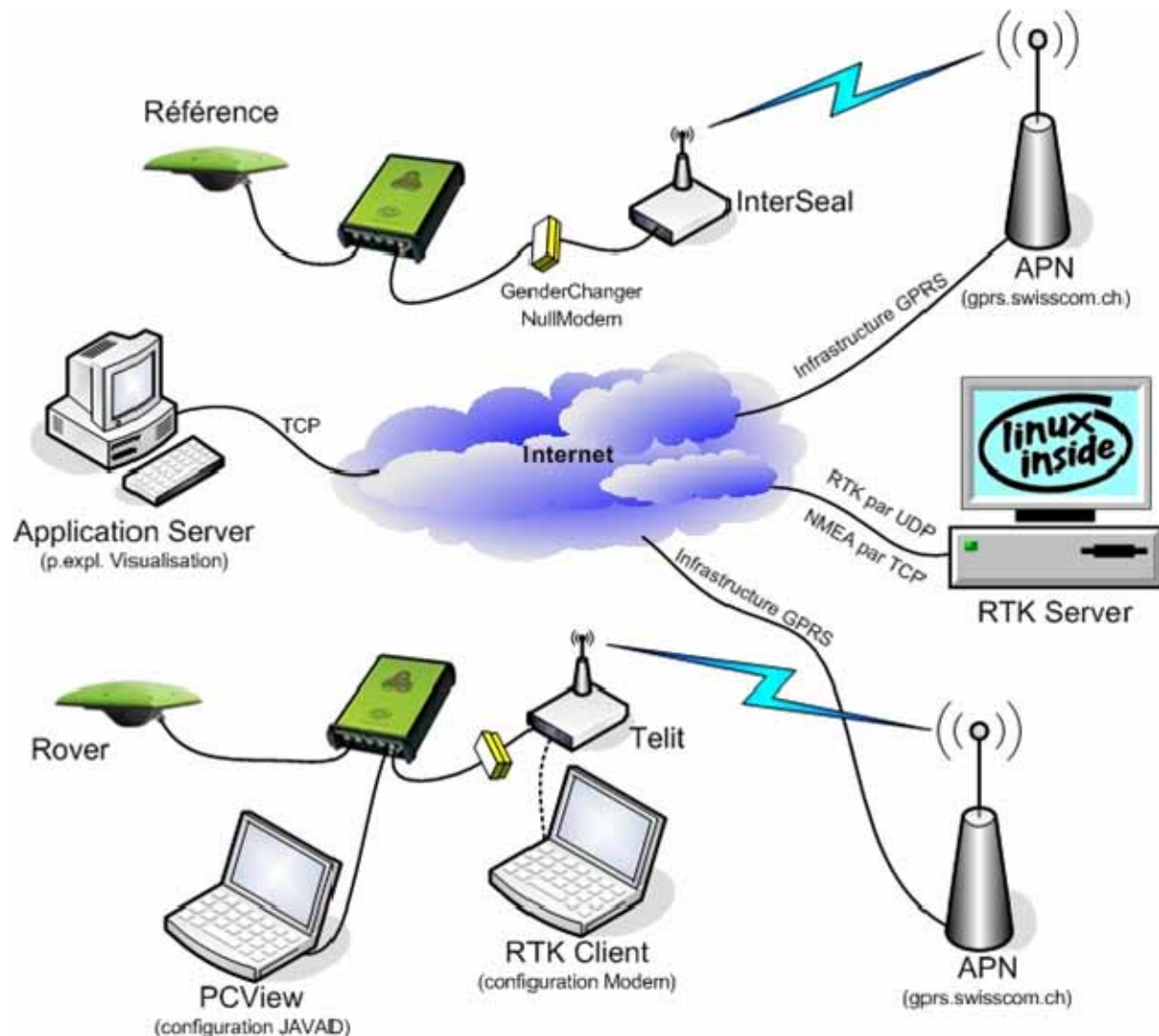


Figure 5. Configuration testée.

L'unité de contrôle d'affichage PCview sert à l'évaluation du comportement correct du serveur via l'indicateur LQ (Link Quality), à savoir le nombre de secondes écoulé depuis le dernier message, la quantité totale de messages corrects et des informations non reconnues.

- 98% des paquets reçus furent corrects,
- des solutions « RTK float » furent disponibles en 15 secondes,
- des solutions « RTK fixed » furent obtenues après 40 secondes de flux continu de corrections,
- la précision de la localisation inhérente aux solutions « RTK fixed » tolèrent des pertes de paquets sporadiques.

Le tableau 1 décrit la performance du serveur lors de cette session test. Le rover, placé statiquement sur un point connu, diffuse sa position et un indice de qualité sur la précision de la localisation (« RTK fixed », « RTK float » et autonome). Les résultats montrent que la précision de la localisation obtenue est similaire à celle du RTK classique, alors que 90% des indices de qualité sont dans la catégorie RTK « fixed » ou « float ».

Indice qualité	Nombre d'observations	Δx [mm]	Δy [mm]	σ_x [mm]	σ_y [mm]	σ_z [mm]
RTK fixed	5818	+1.4	-2.0	76	90	249
RTK float	3909	-65	+285	153	192	386
autonome	1073	-387	+576	357	619	842

Tableau 1. Précision de la localisation obtenue avec notre serveur de corrections.

Perspectives et conclusion

La diffusion de corrections GPS via le réseau GPRS est désormais une technologie mature qui est totalement implémentée dans NTRIP. L'intérêt de développer un serveur original réside dans la possibilité de personnaliser le format et la cadence des corrections GPS. Un avantage crucial est la collecte des coordonnées du rover en temps réel, laquelle devrait mener au développement d'applications prometteuses. Notre architecture permet également l'intégration d'un concept amélioré de station virtuelle de référence (VRS). Les implémentations actuelles de VRS simulent une station de référence statique, de sorte que lorsque le rover s'en éloigne, les corrections diffusées deviennent inutilisables voire même non valables. Comme le serveur connaît en permanence la position du rover, il est possible d'adapter la position de la station virtuelle pour un lever RTK sur un long trajet.

Bibliographie

Skaloud, J., Gontran, H., Merminod, B. 2004. *GSM-Distributed RTK for Precise Analysis of Speed Skiing*, Proceedings of the 8th European Navigation Conference GNSS 2004, 17-19 May, Rotterdam, The Netherlands.

Gontran, H., Skaloud, J. 2004. *Techniques GPS-RTK appliquées à la trajectographie*, XYZ n°99, 2^e semestre.

Weber, G., Dettmering, D., Gebhard, H., 2003, Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, *International Union of Geophysics and Geodesy General Assembly*, 30 June-11 July, Sapporo, Japan.