

Utilisation du GPRS pour le RTK

■ Luc CHALAYE

Un Travail de Fin d'Etudes proposé au sein de l'ESGT a été réalisé afin de connaître l'intérêt du GPRS pour le RTK. Ce stage a d'abord nécessité l'installation de composants pour pouvoir utiliser cette technologie avec la station permanente du Mans puisque aucune solution globale n'est commercialisée par les constructeurs de récepteurs GPS en France. Une installation spécifique doit se faire également au niveau du récepteur mobile. Le GPRS a ensuite été comparé au GSM en afin de connaître ses performance pour le RTK, notamment en ce qui concerne la précision du positionnement. Enfin, une étude financière a permis d'aborder l'intérêt économique du GPRS.

■ mots clés

GPS - RTK - GPRS - format RTCM - modems - latence - protocoles TCP/IP - internet

Le RTK (RealTime Kinematic) est une stratégie d'observation GPS qui permet d'obtenir en temps réel des coordonnées avec une précision centimétrique. Pour ce faire, deux récepteurs GPS sont utilisés :

- La référence, située sur un point connu en coordonnées, envoie au deuxième récepteur les observations qu'elle réalise,
- Le récepteur mobile reçoit ces observations à partir desquelles il calcule les corrections à apporter à ses propres observations pour obtenir une précision centimétrique.

Cette technique permet de compenser les erreurs dues à la traversée de la ionosphère, de la troposphère et aux erreurs d'orbite. Ces erreurs dépendent des lieux où l'on se trouve. La station de référence et le récepteur mobile doivent donc se trouver à une distance assez courte (moins de 15 km) pour que les conditions présentes à la station de référence soient quasi-identiques à celles du récepteur mobile afin d'obtenir une précision centimétrique.

Pour pouvoir réaliser des mesures en RTK, les utilisateurs de GPS disposent aujourd'hui de deux modes de transmission pour permettre l'échange de données entre la station de référence et le récepteur mobile (cf. Figure 1) :

- La radio, dont la portée est faible (moins de 10 km) mais qui n'impose pas de coût de communication,
- Le GSM, dont les coûts de communication sont élevés, mais qui n'a pas de limite spatiale, si ce n'est la couverture du réseau et la validité des corrections différentielles entre les deux récepteurs GPS.

L'émergence de nouvelles technologies de type internet mobile telles que le Wifi et le GPRS peut apporter de nouvelles possibilités. Cependant, il paraît déjà clair que la technologie Wifi, dont la portée est encore plus faible que la radio (quelques centaines de mètres), semble peu intéressante. Par contre, le GPRS, disponible dans toute la couverture du réseau GSM, pourrait être une alternative au GSM.

Le GPRS (General Packet Radio Service) est un mode de transmission de données par paquets. Il s'agit d'une extension du réseau GSM nécessitant seulement quelques ajouts au niveau des stations de base GSM. Par conséquent, le GPRS est accessible dans toute la couverture GSM, et ce pour les

trois opérateurs de téléphonie mobile français. Il permet à un utilisateur de se connecter directement à internet. Cela se fait dès la connexion de l'utilisateur au réseau de son opérateur GPRS, qui lui attribue alors une adresse IP dynamique (qui change à chaque connexion), comme le fait un fournisseur d'accès lorsque l'on se connecte à internet à l'aide d'un modem classique. Par GPRS, on récupère les données en se connectant à une adresse IP et non en composant un numéro de téléphone comme pour le GSM.

Le mode de facturation est également différent de celui du GSM. En effet, pour le GPRS, les opérateurs se basent sur la taille de données échangées et non sur le temps de communication. Enfin, un autre avantage du GPRS par rapport au GSM est le débit qu'il propose pour la réception des données. En émission des données, la plupart des mobiles GPRS proposent le même débit que le GSM. Le débit théorique en réception des données est de 171,2 kilobits par seconde (kbps) mais, en réalité, la plupart des mobiles permet un débit en réception des données compris entre 36 et 53,6 kbps, ce qui reste 3 à 5 fois plus rapide que celui du GSM (9,6 kbps).

Afin d'étudier cette nouvelle technologie, l'ESGT a proposé un Travail de Fin d'Etudes sur le sujet. Celui-ci se décompose en trois parties distinctes :

- Installer les composants permettant d'utiliser le GPRS pour le RTK sur la station permanente du Mans (intégrée au RGP),
 - Evaluer les performances du GPRS en réalisant des tests portant sur divers paramètres (effets de la latence, de la distance),
 - Evaluer l'intérêt économique du GPRS par rapport au GSM.
- Avant de décrire l'installation sur la station du Mans, intéressons-nous à cette technologie.

Installation du GPRS pour le RTK

Pour pouvoir utiliser le GPRS pour le RTK, il faut mettre en place deux composantes différentes :

- Une composante "serveur", au niveau de la station de référence, qui met les messages RTCM à disposition sur internet,
- Une composante "client", au niveau du récepteur GPS mobile, qui reçoit ces données, les transmet au récepteur mobile et lui permet de les traiter.

■ ■ ■

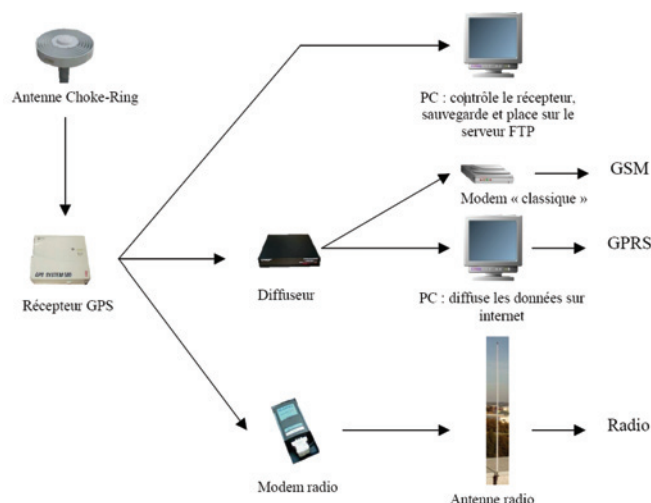


Figure 1 : La diffusion des données par la station permanente du Mans

■ La station de référence

La configuration de la station permanente du Mans est décrite dans la Figure 1.

Pour le GPRS, le récepteur GPS utilisé comme station de référence réalise des observations et les transmet à un ordinateur au format RTCM. La station permanente du Mans envoie plus particulièrement les messages de type 3, 22 qui contiennent les coordonnées submillimétriques de la station de référence et les messages de type 18, 19 qui contiennent les observations brutes de la station respectivement sur la phase et le code. Ces messages sont réceptionnés sur un port série de l'ordinateur qui va agir comme serveur (cf. Figure 1). Il faut ensuite installer un logiciel pour récupérer les données arrivant sur le port série et les transmettre sur internet. Nous avons utilisé le logiciel Comfoolery qui utilise le protocole TCP et qui est disponible gratuitement sur internet. Un logiciel utilisant le protocole UDP pourrait être également utilisé, mais nous n'avons trouvé aucun logiciel gratuit sur internet pour ce protocole. Les protocoles TCP et UDP font partie de la couche "transport" de la famille de protocoles TCP/IP. Le protocole TCP permet d'établir une véritable négociation entre le serveur et le client. En effet, le serveur envoie des messages et attend d'avoir la confirmation de la bonne réception de ces messages de la part du client avant d'envoyer la suite des données. Ainsi, avec ce protocole, toutes les données envoyées sont reçues, et ce dans le bon ordre. Avec le protocole UDP, les données sont envoyées sans aucune garantie de réception de la part du client si bien qu'il peut y avoir des pertes et des messages qui n'arrivent pas dans le bon ordre. Toutefois, puisque aucune attente n'est nécessaire, le transfert des données grâce à ce protocole se fait plus rapidement qu'avec le protocole TCP. Le plus intéressant pour le RTK est de disposer des données le plus rapidement possible, même si elles risquent d'être perdues (à condition que le taux de pertes reste acceptable). Le protocole UDP semble être le mieux adapté aux besoins du RTK et il est donc dommage de ne disposer que d'un logiciel utilisant le protocole TCP.

Le PC jouant le rôle de serveur doit avoir un accès permanent à internet et son adresse IP doit être fixe et connue. Le port TCP

Figure 2 : Interactions entre utilisateur, récepteur GPS et modem GPRS

sur lequel sont distribuées les données doit également être situé au-delà d'un éventuel pare-feu qui interdirait l'accès à ce port depuis l'extérieur.

■ Le récepteur GPS mobile

Afin de pouvoir recevoir les données émises par le serveur sur internet, il faut disposer d'un modem GPRS dans lequel on insérera au préalable une carte SIM permettant l'emploi du GPRS. Il faut ensuite configurer ce modem en commençant par entrer l'APN (Acces Point Name) de l'opérateur. Il s'agit du point d'accès auquel le modem doit se connecter pour pouvoir accéder à internet. En l'occurrence, il doit passer par le portail que lui fournit l'opérateur. Ensuite, il faut indiquer l'adresse IP et le port TCP du serveur. Le modem est donc prêt à récupérer les données.

Cependant, les modems GPRS n'étant pas encore prévus par les constructeurs de matériels GPS, il n'existe pas de câble permettant de lier le modem au récepteur GPS. Il faut donc fabriquer les câbles adéquats. De même, les modems GPRS ne sont pas prévus dans les configurations des récepteurs GPS. Comme le montre la Figure 2, il faut donc tout d'abord créer un jeu de configuration contenant les paramètres de connexion du modem, ainsi que les différentes commandes nécessaires pour que le récepteur puisse initialiser le modem et enfin se connecter à la station permanente. Ensuite, sur le terrain, il faut utiliser le récepteur GPS pour donner au modem GPRS les commandes d'attachement au réseau puis de connexion à internet et enfin de connexion à l'ordinateur de la station de référence dont l'adresse IP a au préalable été renseignée. On peut alors utiliser le GPRS pour le RTK.

Evaluation des performances

L'objectif est de connaître les performances du GPRS pour le RTK par rapport au mode de transmission par GSM. Il ne s'agit donc en aucun cas d'étudier l'intérêt du RTK par rapport à une autre stratégie d'observation GPS ou même à un autre moyen de mesure. Avant de réaliser des tests pour comparer les deux moyens de transmission, il faut étudier en détail leurs différences. Nous allons tout d'abord voir ce qu'est la latence, comment elle est prise en compte puis l'effet de la distance sur le temps d'initialisation et le positionnement.

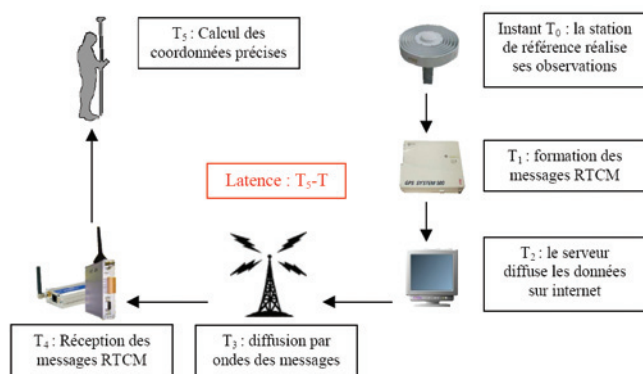


Figure 3 : Les différentes Étapes responsables de la latence en mode GPRS

■ La différence entre GSM et GPRS : la latence

Comme le montre la Figure 3, la latence est le temps compris entre l'instant T_0 où la station de référence réalise des observations et l'instant T_5 où les coordonnées du récepteur GPS mobile sont calculées à l'aide de ces observations.

Pour connaître l'écart qu'il y a entre les différents moyens de transmission au niveau de la latence, l'idéal serait de pouvoir mesurer celle-ci. Malheureusement, la mesure de cette latence est difficile à réaliser directement. Cependant, on peut remarquer que, pour la transmission par GSM, le schéma serait le même qu'à la Figure 3 de T_0 à T_2 (en remplaçant l'ordinateur par un modem classique), puis de T_4 à T_5 . Seule la partie concernant internet et le GPRS change (de T_2 à T_4). En calculant seulement la partie de la latence entre T_2 et T_4 , on peut donc effectuer des comparaisons entre les moyens de communication au niveau de la latence avant d'en constater les effets. Il n'est donc pas nécessaire de calculer les autres parties de la latence, puisque ce qui nous intéresse est une comparaison par rapport à l'existant, et non une détermination absolue. De plus, la durée de la latence induite par la transmission des données est largement supérieure à celle induite par les autres étapes.

En utilisant un logiciel permettant de donner l'instant de réception des données, il est possible de faire une estimation du temps compris entre l'émission des données par la station permanente (T_2) et la réception de ces données par les modems (T_4). Cette estimation est peu précise mais permet de donner un ordre de grandeur et surtout de savoir lequel des deux moyens a une latence plus importante. Ainsi, on estime que le GSM a une latence visiblement plus faible (200 à 300 ms) que le GPRS (900 ms en moyenne). De plus, la latence du GPRS varie entre 300 et 1400 ms. Cela est certainement dû, d'une part au réseau internet qui connaît parfois des ralentissements, et d'autre part au réseau de téléphonie mobile puisque le GSM est considéré comme prioritaire dans les stations de base. Le GPRS souffre donc plus des éventuels encombrements du réseau.

■ La prise en compte de la latence

Bien que l'on ait à présent une idée des ordres de grandeur de la latence par GSM et par GPRS, la manière dont cette latence est gérée par les récepteurs peut également influencer sur le résultat final. Cette latence peut être traitée de façon diffé-

rentes par les récepteurs GPS. Les deux modes les plus répandus ont :

- Le mode synchronisé,
- Le mode extrapolé.

En mode synchronisé, à un instant T_A , la station de référence réalise des observations alors que le mobile se trouve sur un point A. La référence convertit ces observations en messages RTCM. Ceux-ci sont alors transmis (par le biais du mode de transmission utilisé) puis réceptionnés par le mobile à l'instant T_B qui est alors situé sur un point B. À l'aide des observations de la référence à l'instant T_A , le mobile calcule alors ses coordonnées de l'instant T_A . Ainsi, les coordonnées ne sont pas affectées par la latence et sont les plus précises possibles. Cependant, elles arrivent avec le retard impliqué par la latence. Ainsi, le mobile obtient les coordonnées du point A alors qu'il se trouve sur le point B. Ce mode est donc gênant pour les utilisations en mouvement.

Pour le mode extrapolé, le temps que les messages RTCM soient fabriqués puis acheminés et enfin calculés ($T_5 - T_0$), les conditions présentes lors des observations à T_0 (traversée de la troposphère, de la ionosphère et erreurs d'orbite) ont changé. Les observations prises en compte à T_5 ne sont pas exactement les bonnes. En effet, le récepteur mobile va recevoir les observations correspondant aux conditions présentes à l'instant T_0 alors qu'il est en présence des conditions à l'instant T_5 . La précision de la position du mobile est dégradée par la différence des conditions entre ces deux instants. Pour combler cela, les observations de la référence sont extrapolées en fonction de celles des instants précédents. Cependant, cela ne permet pas d'avoir exactement les observations réelles.

Nous ne savons pas quel mode est utilisé dans les récepteurs que nous avons utilisés, cependant il est certain que la latence a une influence néfaste. Une connaissance plus approfondie du traitement des messages RTCM par le récepteur mobile permettrait de savoir comment la latence est gérée. Cependant, par manque de temps et d'information sur les récepteurs, nous nous sommes uniquement consacrés à observer les effets de cette latence. On peut toutefois penser que, si la distance entre la station de référence et le récepteur mobile augmente, alors la latence sera également plus importante, c'est pourquoi nous avons décidé de mesurer les effets de la distance.

■ Mesurer l'effet de la distance

Un des facteurs essentiels que l'on a essayé de tester est l'influence de la distance par rapport à la station de référence. Les conditions impliquant la création de messages RTCM (traversée de la ionosphère, de la troposphère, erreur d'orbite) varient selon l'endroit où l'on se trouve. Par conséquent, les conditions ne sont pas les mêmes à l'endroit où est située la station de référence et à celui où se trouve le récepteur GPS mobile. On dit donc que la distance entraîne une décorrélation spatiale.

La distance peut avoir un effet sur les deux étapes du RTK :

- Le temps d'initialisation, correspondant au temps mis par le mobile pour effectuer le calcul de résolution des ambiguïtés entières. Plus les conditions entre référence et mobile sont différentes, plus ce calcul est long, et donc la distance et la latence influent sur cette étape.

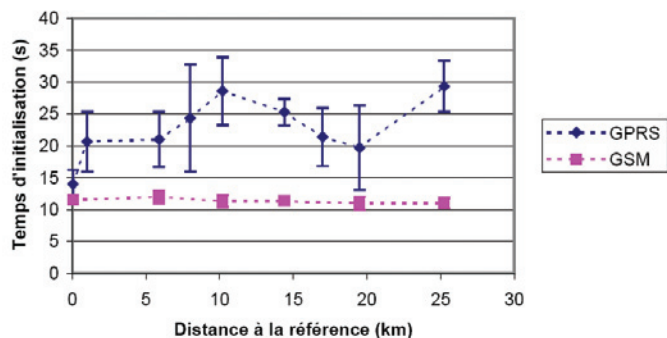


Figure 4 : Temps d'initialisation en fonction de la distance par rapport à la référence

■ La position. Une fois les ambiguïtés entières fixées, la distance et la latence impliquent toujours des conditions différentes entre référence et mobile. Les corrections apportées seront donc affectées par ces influences négatives.

Le but des premiers tests est donc de mesurer les effets de la distance et de la latence sur ces deux étapes. Pour ce faire, des lieux de tests ont été choisis à différentes distances de la station de référence : moins de 100m, 1 km, 3 km, 6 km, 10 km, 20 km et 25 km.

■ Effets de la distance sur le temps d'initialisation

Pour chacune des distances précédentes, plusieurs mesures des temps d'initialisation ont été faites avec le GSM et le GPRS. Ces mesures correspondent au temps compris entre le moment où les messages RTCM sont transmis au récepteur mobile et le moment où les ambiguïtés entières sont fixées. Des moyennes de ces mesures ont été faites à chacune des distances et on obtient la Figure 4.

On voit clairement que les temps d'initialisation avec le GSM restent presque constants. De plus les barres d'erreur sont petites (moins d'une seconde), donc les mesures sont cohérentes entre elles. On en déduit donc que, jusqu'à 25 km, il n'y a pas d'influence de la distance sur le temps d'initialisation avec le GSM. Avec le GPRS, on constate que le temps d'initialisation est variable selon la distance sans qu'on remarque de lien direct entre la distance et le temps d'initialisation et que les barres d'erreur sont beaucoup plus grandes (jusqu'à 16 s) que par GSM. Cela montre que le GPRS n'a pas de latence constante, même à une distance donnée et que cette latence est plus importante qu'avec le GSM. De plus, la distance n'a pas d'influence directe sur le temps d'initialisation puisque les valeurs de celui-ci n'augmentent pas directement avec la distance. Ces différences sont certainement dues à des problèmes de réseaux : le réseau internet connaît parfois des ralentissements, et le réseau GSM est prioritaire par rapport au GPRS. Par conséquent les encombrements des réseaux de téléphonie se ressentent plus en GPRS.

■ Effets de la distance sur la position

A chaque distance, un trépied avec une antenne reliée à deux récepteurs par l'intermédiaire d'un doubleur (ou Dcblock) était installé. L'un des récepteurs recevait les données de la station de référence par le biais du GSM, l'autre par le biais du GPRS. Pour chaque distance on obtient donc :

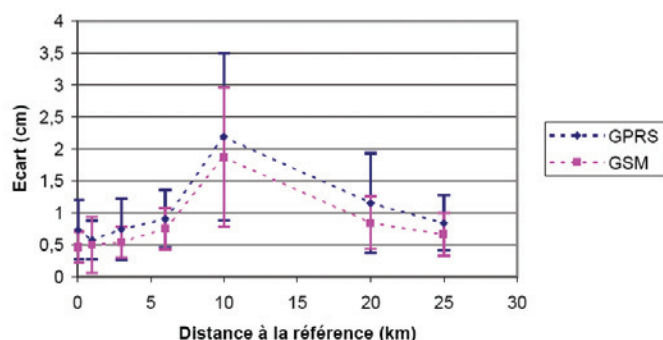


Figure 5 : Ecart planimétrique en fonction de la distance à la référence

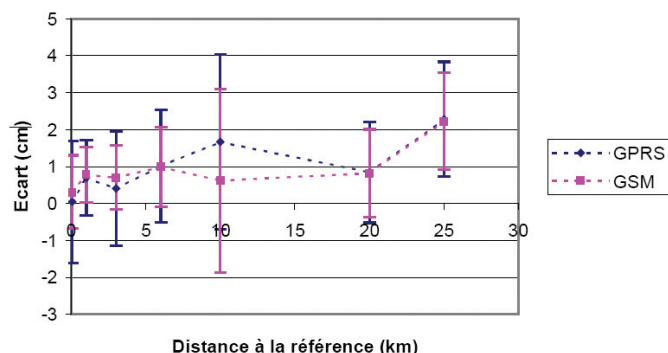


Figure 6 : Ecart altimétrique en fonction de la distance à la référence

- La position calculée en temps réel par le récepteur grâce aux données transmises par GSM,
- La position calculée en temps réel par le récepteur grâce aux données transmises par GPRS,
- La position calculée par un logiciel de post-traitement à partir des observations enregistrées par la station permanente et le récepteur mobile. Cette position n'est donc pas affectée par la latence.

Les écarts entre positions calculées en RTK et celles post-traitées ont été calculés pour chaque moyen de transmission. Par la suite, des moyennes et des écarts types de ces valeurs ont été réalisés pour chaque distance et on obtient les Figures 5 et 6. Il ressort de ces graphiques que le GPRS implique toujours une moins bonne détermination de la position que le GSM. De plus, les barres d'erreur sont plus grandes en GPRS qu'en GSM ce qui signifie que l'on a plus de chances d'avoir des valeurs différentes pour deux mesures successives. Toutefois, on constate que l'écart entre les positionnements avec les deux modes de transmission n'est pas très grand : 3 mm maximum sauf en un point en altimétrie où il est de 1 cm. On peut donc dire que le GPRS est légèrement moins précis que le GSM pour le RTK.

On voit également que la détermination altimétrique est moins précise que la détermination planimétrique, que ce soit avec le GSM ou le GPRS. En effet, les barres d'erreur sont beaucoup plus grandes en altimétrie qu'en planimétrie. Enfin, on voit que toutes les courbes ne sont pas constantes mais n'augmentent pas en fonction de la distance. On peut donc dire que la distance n'a pas d'influence directe sur la latence et donc sur le positionnement au vu des tests qui ont été réalisés.

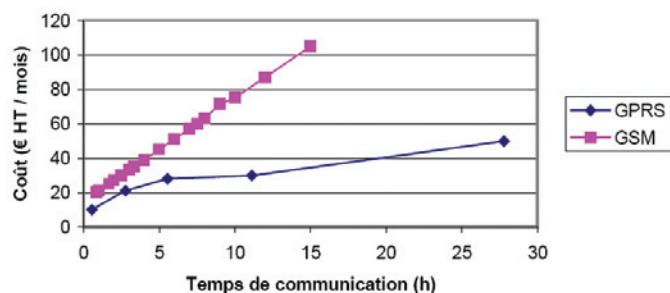


Figure 7 : Coût en fonction du temps de communication

Intérêt économique du GPRS pour le RTK

Les transmissions de données GPRS sont facturées à la quantité de données échangées. Le GSM est lui facturé au temps de communication. Pour comparer les deux, il faut d'abord pouvoir passer d'une unité à l'autre. Pour ce faire, nous avons mesuré la taille des messages RTCM envoyés par la station permanente pendant une heure. Nous avons alors estimé que le débit de transmission des données était de 1,8 Mo par heure. En utilisant cette estimation, on peut alors convertir les forfaits GPRS proposés par les opérateurs et les comparer aux forfaits GSM. On obtient alors la Figure 7.

Sur ce graphique, on voit que le GPRS est moins cher que le GSM pour notre application. On voit également que les forfaits GSM augmentent linéairement avec le temps de communication alors que les forfaits GPRS augmentent de façon dégressive. Cela implique que, plus on souhaite faire du RTK, plus le GPRS s'avère intéressant. Sur ce graphique nous n'avons pas représenté les forfaits GPRS qui permettent plus de temps de communication pour ne pas rendre le graphique illisible mais il existe un forfait GPRS de 300 Mo pour 80 € HT par mois, ce qui permet 166 heures de RTK ! Le GPRS permet, pour un prix donné, de réaliser du RTK pendant 2,5 à 15 fois plus de temps. Le GPRS apparaît donc beaucoup plus intéressant financièrement que le GSM pour le RTK.

Conclusion

Actuellement, l'utilisation du GPRS pour le RTK n'est pas simple puisque aucune solution globale n'est actuellement commercialisée par les constructeurs de GPS en France. Si ceux-ci décidaient de fournir une telle solution, il serait alors aussi simple d'utiliser le GPRS que le GSM ou la radio. Au niveau des performances, nous avons vu que le GPRS avait une plus grande latence que le GSM. Toutefois, nous avons vu que l'écart entre les deux moyens de transmission est faible et en deçà de 3 mm. De plus, il faut bien rappeler que nous avons utilisé le protocole TCP, alors que le protocole UDP permettrait peut-être une latence plus petite et donc une dégradation de précision moins importante.

Enfin, nous avons également vu que le GPRS était beaucoup plus avantageux financièrement pour le RTK que le GSM. Nous pouvons dire que les économies réalisées en utilisant le GPRS plutôt que le GSM sont plus importantes que les quelques millimètres perdus en précision. Nous pouvons donc conclure que le GPRS n'est pas une révolution pour le RTK mais apporte un avantage financier appréciable. Dans le

cadre de l'élaboration d'un réseau de stations permanentes, cette technologie est donc à considérer sérieusement. ●

Remerciements

Ce Travail de Fin d'Etudes n'aurait pu être réalisé sans l'aide du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées qui a prêté à l'ESGT le matériel nécessaire à cette étude.

Contact

Luc CHALAYE

Ingénieur ESGT promotion 2004

E-mail : luc_chalaye@yahoo.fr

Références

Botton Serge, Duquenne Françoise, Egels Yves, Even Michel, Willis Pascal, 1997, GPS, localisation et navigation, 159 pages, Editions Hermes

Chalaye Luc, 2004, Evaluation du GPRS pour les applications RTK - Mémoire de Travail de Fin d'Etudes ESGT

Radio Technical Commission For Maritime Services, 1998, RTCM Recommended Standards For Differential GNSS Service Version 2.2

Souvignet Damien, 1998, Mise en place d'une station permanente GPS à l'ESGT - Mémoire de Travail de Fin d'Etudes ESGT

Lien internet www.brianpoe.com/comfoolery/ : Logiciel Comfoolery

Curriculum Vitae

Luc CHALAYE

A partir d'août 2004 : Stagiaire dans un cabinet de Géomètre-Expert

Février à Juillet 2004 : TFE à l'ESGT "Evaluation du GPRS pour les applications RTK"

Septembre 2003 à Janvier 2004 : 3^e année à l'ESGT, filière géomatique

Septembre 2001 à Août 2003 : 1^{ère} et 2^e année ESGT

ABSTRACT

An engineer final project performed at the ESGT has been achieved in order to evaluate the interest of the GPRS for RTK. This training required first the installation of components to be able to use this technology on the permanent station of Le Mans as no global solution is commercialized by the GPS manufacturers in France. This installation must be done in two steps: on the permanent station and on the mobile receiver. Then the GPRS has been compared to the GSM thanks to different tests to know the performances of GPRS for the RTK, and more precisely on positioning accuracy. Finally, a financial study permitted to analyze the economic interest to GPRS.