

performances de la transmission des corrections DGPS par radio FM

F. Peyret - A. Hussain (Nantes)

P. Briquet - S. Vianez - J.L. Vacher (Paris)

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Résumé

À la demande et avec le soutien de la Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques du Ministère des Transports, le LCPC a mené, sur la période juin 1999 – février 2000, deux campagnes d'essais destinées à évaluer les performances de la transmission des corrections DGPS¹ par RDS². Ces campagnes d'essai ont été menées respectivement dans la région de Nantes et en région parisienne, en partenariat avec les sociétés France-GPS et Sogetec et avec le soutien de l'IGN. À partir d'un équipement de base identique en matière de GPS³, les essais ont permis une évaluation quantitative et qualitative de la zone de couverture utile du système et des précisions qu'on peut en attendre, en statique et en dynamique. L'article conclut par un avis sur l'avenir de ce type de transmission de corrections et suggère quelques pistes d'amélioration en matière de navigation précise à base de systèmes satellitaires.

I. Enjeux, contexte et objectif de l'étude

Le GPS en mode "naturel" (ou "absolu") est de plus en plus utilisé dans de nombreux domaines. Dans celui du positionnement temps réel des véhicules, un certain nombre d'applications, aussi bien grand public que professionnelles, y gagneraient de façon significative si la précision de la mesure de base pouvait atteindre l'ordre de grandeur du mètre (systèmes d'aide à la navigation, de transport, d'appels d'urgence, etc.). Pour augmenter la précision du GPS naturel, on fait couramment appel au mode DGPS, qui permet (suivant la qualité des systèmes) d'atteindre la précision métrique en utilisant des corrections sur les pseudo-distances aux satellites, élaborées à partir d'une station de référence. La principale difficulté pour les applications temps réel réside dans le bon choix du mode de transmission.

Une solution, économique car déjà fort répandue dans le grand public, est le RDS (sur porteuse FM), utilisé maintenant par pratiquement tous les autoradios. De nombreux pays disposent déjà d'un service opérationnel de transmission de corrections DGPS par RDS. La France affiche un certain retard sur ce point. Néanmoins, certaines sociétés de service et opérateurs de réseau FM, dont font partie France GPS et Sogetec, partenaires de cette étude, mettent actuellement en place des sites pilotes pour valider la technologie.

Dans cette étude, le LCPC a apporté ses moyens d'essais en hommes et en matériel, les partenaires privés apportant chacun un soutien et un conseil technique dans leur propre domaine de compétence. Sogetec a également fourni la ressource de diffusion nécessaire aux essais de transmission, sur Nantes et sur Paris.

L'objectif principal de l'étude était d'évaluer les performances d'une chaîne complète de transmission de corrections DGPS par station FM et codage RDS, du point de vue de l'utilisateur final, en particulier:

- la limite de portée de la transmission RDS, dans différents types d'environnements,
- la précision et la dégradation des performances en fonction de la portée.

2. Rappels technologiques

2.1 Le DGPS

La précision de la mesure GPS dépend de facteurs divers que l'on peut attribuer aux différents segments qui composent le système: spatial, de contrôle et utilisateur [1]. Le tableau 1 (page suivante) récapitule ces sources d'erreur et indique leur contribution en termes de dispersion sur la distance récepteur-satellite (2^e colonne pour le GPS naturel).

L'erreur utilisateur sur une dimension (par exemple sur l'altitude) ou sur une combinaison de dimensions (erreur plane par exemple) sera estimée en multipliant σ_{USER} ⁴ par un facteur géométrique dépendant de la configuration des satellites au moment de la mesure ($k\text{DOP}$ ⁵).

Le mode différentiel du GPS (DGPS) s'impose pour un positionnement plus précis que celui du mode absolu. Ce concept est basé sur l'utilisation de deux récepteurs, l'un placé sur un point de référence ("base"), dont les coordonnées sont connues précisément, l'autre sur un point inconnu ("mobile") dont on souhaite déterminer les coordonnées.

Le récepteur de base élabore, pour chaque satellite en vue, des "corrections", en effectuant la différence entre les pseudo-distances supposées exactes (calculées à partir des coordon-

1 - DGPS: Differential Global Positioning System: mode d'utilisation différentiel du système GPS.

2 - RDS: Radio Data System: norme européenne définissant un principe et des formats de transmission de données numériques par le canal des émissions radio en modulation de fréquence.

3 - GPS: Global Positioning System: système global de navigation par satellites américain.

4 - σ_{USER} (User Equivalent Range Error): mesure qui exprime la résultante de toutes les erreurs GPS en distance, égale à la moyenne quadratique des écarts types des différents postes d'erreur.

5 - DOP: Dilution Of Precision.

Tableau 1 : budget d'erreurs du GPS naturel comparé à celui du DGPS

Sources d'erreur	GPS naturel Erreur (1 σ) en m	DGPS Erreur (1 σ) en m
1. Segment spatial:		
– Erreur d'horloge satellitaire	3,0	# 0
– Perturbations satellitaires	1,0	# 0
– <i>Selective Availability</i> * (SA)	32,3	# 0
– Divers (radiation thermique, etc.)	0,5	# 0
2. Segment de contrôle:		
– Incertitudes sur les éphémérides	4,2	# 0
– Divers (moteur satellitaire, etc.)	0,9	# 0
3. Segment utilisateur:		
– Délai ionosphérique	5,0	# 0
– Délai troposphérique	1,5	# 0
– Bruit électronique du récepteur	1,5	1,5
– Multi-trajets	2,5	2,5
– Divers	0,5	0,5
σ_{UERE} (moyenne quadratique des erreurs)	33,3	3

* *Selective Availability*: dégradation volontaire sur le signal satellite apportée par les militaires américains.

nées du point de référence et des coordonnées du satellite) et les pseudo-distances mesurées. Les corrections ainsi calculées sont alors transmises au mobile, qui les utilise dans le calcul de sa propre position [1]. Le mobile utilise les corrections différentielles correspondantes aux satellites communs entre les deux récepteurs et corrige ainsi les mesures de ses pseudo-distances correspondantes (quasi-suppression des erreurs provenant des secteurs spatiaux et de contrôle ainsi que des délais atmosphériques).

De cette façon, le budget d'erreurs du DGPS est considérablement réduit (voir 3^e colonne du tableau I). De plus, les chiffres indiqués par la littérature sont anciens et généralement pessimistes. En réalité, avec du matériel moderne de bonne qualité et dans un environnement peu affecté de multi-trajets, le σ_{UERE} observé en DGPS est systématiquement inférieur à 1 m.

Dans la pratique s'ajoute un autre problème qui est celui de la synchronisation des mesures entre elles. Les corrections de pseudo-distances sont en effet valables et doivent être utilisées à l'instant exact où elles ont été calculées. En réalité, la transmission nécessite un certain temps et la correction qui arrive est déjà "vieille" d'un certain âge, donc non optimale.

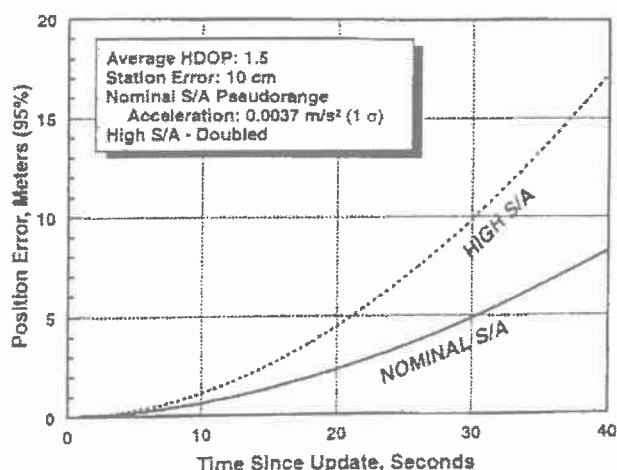


Figure 1 : Erreur différentielle en fonction de l'âge des corrections

La Figure 1 ci-dessous [5] illustre la précision typique que l'on est en droit d'attendre d'un système DGPS en fonction de l'âge des corrections et suivant deux hypothèses de niveau de *Selective Availability*: SA "nominale" (pointillés) et SA "élevée" (courbe continue).

2.2 La norme "RTCM SC-104"

La norme "Radio Technical Commission For Maritime service, special committe n° 104" définit 33 types différents de messages, chacun dédié à une application spécifique. Le message que nous avons utilisé est le message de type 1 : *Differential GPS corrections*.

Il est composé d'un ensemble de trames, elles-mêmes décomposées en sous-trames de 30 bits. Le message utile par satellite, contenant entre autre la correction différentielle et le taux de variation de cette correction, est de 40 bits. La longueur totale d'un message RTCM type 1 est donc variable, de l'ordre de 600 à 800 bits suivant le nombre de satellites en vue.

2.3 Le RDS

Le *Radio Data System* (RDS) est un service de diffusion de données numériques modulées en sous porteuse FM (57 kHz), transmises simultanément avec le signal audio FM dans la bande 87,5 – 108,0 MHz. Le système a été développé par l'European Broadcasting Union (EBU) dans les années 1980 et mis en place dans la plupart de pays européens depuis 1987.

Depuis 1990, le système a été adopté par l'EBU comme un standard nommé CENELEC EN 50067 [3]. Le RDS a connu un succès énorme dans le marché européen : plus de 70% des stations radio européennes en ont actuellement équipé, plus de 50 différentes entreprises fabriquent des autoradios équipés du RDS [4].

Le débit nominal de transmission est de 1187,5 bits/s, soit environ 11 trames RDS par seconde, correspondant à un débit utile de l'ordre de 350 bits/s.

La ressource RDS qui a été utilisée au cours de l'étude, fournie par notre partenaire Sogetec, n'était pas égale à ce débit utile maximal, mais de l'ordre de 100 bits/s. De ce fait, la trame RTCM type 1 (longueur > 600 bits) ne pouvait être transmise en moins de 6 s.

3. L'étude nantaise

3.1 La méthodologie et les équipements utilisés

L'étude nantaise s'est appuyée principalement sur des résultats obtenus en dynamique, sur une série de trajets, autour et dans la ville, mettant en jeu de ce fait un environnement varié de type interurbain et urbain avec végétation, traversées d'agglomérations, échangeurs, ponts, petits immeubles divers, etc., sans bâtiments de grande hauteur ni de forte densité. À cet effet, un véhicule (Peugeot 205) a été instrumenté en conséquence et a parcouru 6 circuits différents répartis autour de Nantes, jusqu'à une distance maximale de 40 km de la station FM d'émission et de 35 km de la station de base GPS, un de ces circuits pénétrant dans l'agglomération nantaise. Les infor-

mations de sortie du récepteur DGPS embarqué ont permis de déterminer à la fois la portée et la précision du système.

La réception RDS était conventionnellement considérée comme existante quand l'âge de la correction reçue était inférieur ou égal à 60 s (âge maximal des corrections prises en compte en standard par les récepteurs DGPS utilisés). Au delà, la réception était considérée comme inexistante et le récepteur calculait son point en GPS naturel. La précision a été évaluée en calculant l'écart entre le point DGPS obtenu par la chaîne complète et le point, supposé exact, calculé en cinématique à partir d'un système GPS bi fréquence de référence embarqué dans le véhicule de mesure. Elle a été analysée en fonction de la tranche d'âge des corrections utilisées.

Le tableau II ci-dessous décrit les équipements (matériels et logiciels) utilisés et leur emplacement.

Tableau II: Équipements utilisés dans l'étude nantaise

	Équipement	Emplacement	Marque/type
1	Station de base GPS	Sogetec/NRJ, Rezé	NovAtel GPSCard RT2 + PC
2	Codeur RDS	Sogetec/NRJ, Rezé	Audemat RDS 3
3	Émetteur FM	Vertou	Antenne Thomson-LGT
4	Récepteur RDS	véhicule de mesure	Info Télécom FM 30
5	Logiciel de décodage RDS \pm RTCM	véhicule de mesure	"Passerelle" sur PC écrit par Sogetec
6	Récepteur DGPS	véhicule de mesure	Javad Legacy et Garmin GPS II
7	Récepteurs GPS de référence	base: LCPC, Bouguenais mobile: véhicule	Trimble 7400 Msi + carnets de terrain + GPSurvey

La carte NovAtel avait été programmée par le logiciel de contrôle du constructeur pour générer un message RTCM de type 1 toutes les 10 s.

3.2 Les résultats

– Portée/couverture

À titre d'exemple, le graphique ci-dessous illustre les résultats obtenus le long d'un des 6 chemins parcourus en matière de couverture RDS. Les portions fines (points) correspondent à une réception correcte DGPS (âge < 60 s), les portions épaisses (croix) correspondent à une mauvaise réception (points GPS naturel ou âge > 60 s). Les ronds représentent respectivement le LCPC, la station de base GPS de Rezé et l'émetteur FM de Vertou. (Figure 2 page suivante).

Les portées maximales observées sur les 6 circuits sont comprises entre 27 et 35 km pour le récepteur Javad et entre 20 et 30 km pour le Garmin.

– Précision en dynamique en fonction de l'âge

Le tableau III indique, pour toutes les zones traitées et par tranche d'âge des corrections, le pourcentage de points DGPS dans la tranche (parmi tous les points DGPS) ainsi que le 2drms⁶ de la population correspondante. La dernière ligne indique le pourcentage de points en GPS naturel parmi toute la population traitée et le 2drms correspondant.

La précision obtenue en DGPS est très bonne quand l'âge est inférieur à 10 s (2drms de l'ordre de 2 à 3 m) c'est-à-dire aussi bonne que celle qu'on peut observer en statique dans de bonnes conditions de réception de la correction.

Le 2drms croît avec la classe d'âge, comme le prévoit la théorie. Pour une plus grande clarté, nous avons tracé les

Tableau III: précision des points DGPS en dynamique suivant l'âge des corrections

Âge	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4		Zone 5	
	%	2drms	%	2drms	%	2drms	%	2drms	%	2drms
DGPS										
8 – 10	4.8	5	5.2	1.8	4.4	2	10.2	1.8	5.5	2.8
11 – 20	71	6.2	67.1	2.6	53.8	13.4	59.6	2.6	69.1	5.4
21 – 30	11.3	8.2	13	5.2	19.3	21.2	13.7	4.2	9.7	6.2
31 – 40	6.2	16	6.6	13.2	10.3	8.6	7.9	6.8	5.5	10.2
41 – 50	3.8	17.8	3.9	23.8	6.7	29	5.4	51.2	5.7	17.4
51 – 60	2.7	28.6	3.9	38.6	5.5	46.4	3	14.6	4.2	26
GPS	35.4	75.4	44.2	97.8	48	79.2	16.6	85.6	19.6	108.8

6 - 2drms = $2 \cdot [E(dR_2)]^{1/2}$, où dR est l'erreur en distance: indicateur de précision couramment employé, représentant le rayon du cercle à l'intérieur duquel la probabilité de trouver le point est comprise entre 0.95 et 0.98. On démontre que 2drms = $2 \cdot HDOP \cdot \sigma_{UEERE}$.

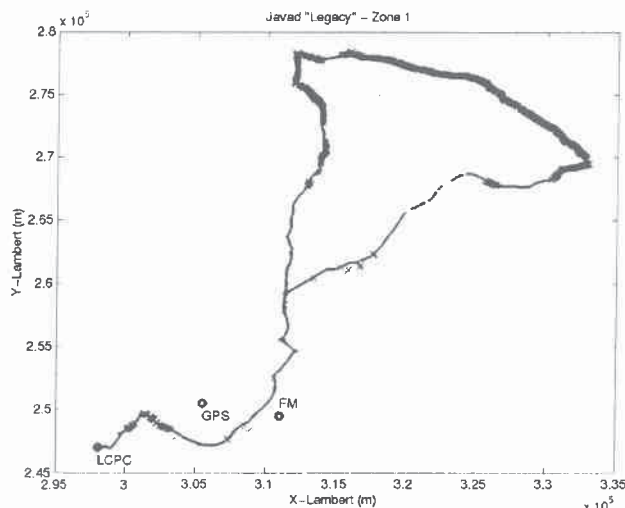


Figure 2 : portée des corrections RDS sur un des 6 circuits parcourus

modèles de régression de degré 2 entre les écarts et les âges pour tous les points DGPS de chaque zone. Ces modèles sont représentés sur la Figure 3. On peut constater qu'ils sont parfaitement en accord avec la Figure 1 présentée plus haut, ce qui confirme la validité des mesures et des traitements.

4. L'étude parisienne

4.1 La méthodologie et les équipements utilisés

Pour des raisons qui tiennent essentiellement à la configuration propre au milieu urbain (masques, multi-trajets...), nous avons écarté toute solution basée sur des mesures satellitaires pour l'élaboration des trajectoires de référence, comme cela avait été fait à Nantes. Nous avons donc été amenés à développer une méthode originale et un dispositif spécifique, dont la précision est indépendante du site, afin de reconstituer les trajectoires de référence. Ce dispositif est basé sur l'utilisation conjointe de codes barres collés sur la chaussée sur des points géo-référencés qui sont lus au passage du véhicule et d'un odomètre embarqué.

Les équipements utilisés en matière de GPS et de RDS étaient identiques à ceux de l'étude nantaise, à la différence près que la station de base GPS était cette fois un Ashtech Z-12 prêté par l'IGN et élaborant ses corrections différentielles à la cadence de 0.6 s.

4.2 Les résultats

– Couverture des corrections DGPS par RDS en dynamique dans Paris

Les essais ont eu lieu en dynamique, dans Paris intra-muros, sur 4 trajets découpés en 4 ou 5 tronçons, assez courts pour être considérés comme homogènes. Chaque essai était répété 4 fois. Le nombre de trames RTCM reçues était comparé à une estimation du nombre de trames émises.

La Figure 4 ci-contre présente 3 tranches de taux de trames RTCM prises en compte par rapport aux trames émises. Il apparaît que ce taux de bonne couverture est supérieur à 75 % pour des distances à l'émetteur FM (Tour Eiffel) inférieures à 5 km (trais très épais), même en milieu urbain très dense (centre de Paris). Il est moyen (de 50 à 75 %) lorsque cette distance augmente, en plaine, de 5 à 7 km (trais épais). Il est

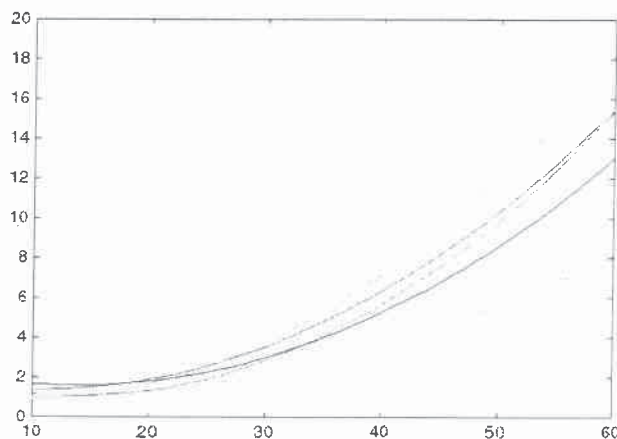


Figure 3 : Modèles de régression de l'écart (en m) en fonction de l'âge (en s) pour les 5 zones (de bas en haut : zone 4, 5, 3, 1, 2)

médiocre (de 15 à 50 %), soit lorsque la distance à l'émetteur est très courte⁷ (inférieure à 1 km, trajet 3) ou supérieure à 7 km environ, soit à proximité d'un émetteur HF puissant (Est, trajet 2), soit à cause du relief (colline).

– Essais de précision de la localisation statique

Le but était de déterminer la précision des positions obtenues en des points fixes, répartis dans Paris, et situés en jalonnement des trajets de couverture RDS. Les essais ont eu lieu en immobilisant le véhicule, l'antenne GPS étant à l'aplomb de points de référence préalablement implantés avec une précision millimétrique. La durée d'observation était de 15 minutes par point. Un logiciel permettait le recueil des trames GGA.

On remarque immédiatement que les résultats en site urbain sont sensiblement moins bons que ceux observés à Nantes mais néanmoins satisfaisants.

On observe également que le 2drms augmente avec la distance à l'émetteur, avec un écart de 3 m entre le calcul obtenu pour le point le plus proche et le point le plus éloigné de celui-ci. C'est assez révélateur de l'impact de la configuration urbaine sur la transmission des corrections RDS, et cela confirme les conclusions que l'on peut tirer des résultats obtenus ci-dessus pour la couverture.

– Influence des perturbations électromagnétiques

Le cas des Buttes Chaumont* est particulièrement intéressant. La dispersion des positions DGPS observées est nettement supérieure à l'ensemble des autres points. C'est un lieu particulièrement perturbé sur le plan électromagnétique par la présence proche d'un émetteur puissant. La dégradation de la précision observée est probablement imputable à un bruitage local des signaux FM.

– Essais de précision de la localisation dynamique

Le but était de déterminer la précision de la localisation par rapport à des trajectoires de référence situées en circuit fermé autour du LCPC. La trajectoire de référence était élaborée grâce à une méthode originale basée sur un dispositif de lecture de codes barres. Les calculs de précision ont été effectués sur chaque tronçon répété 30 fois.

Le trajet comportait une grande partie des différentes configurations que l'on peut trouver en milieu urbain : avenue large, arbres, rue étroite, rue moyenne, immeubles élevés, immeubles

7 - On observe ici un effet de saturation du récepteur RDS lorsque l'on se trouve trop près de l'émetteur FM.

Tableau IV: précision en statique suivant la position, à l'intérieur de Paris

Points	2drms/âges faibles ^a	2drms global	d'émetteur
Trocadéro	3.1	4.9	d ≤ 4 km
Catalogne	1.6	4.3	
Wagram	2.0	4.1	
Châtelet	3.0	5.5	
Clichy	2.4	4.6	
République	3.8	7.6	4 km < d ≤ 6 km
Italie	3.4	6.4	
Bastille	4.6	6.3	
Buttes*	9.0	12.1	6 km < d ≤ 8 km
Nation	4.5	7.8	

de hauteur moyenne, etc. Le trajet a été découpé en plusieurs tronçons comportant chacun des caractéristiques spécifiques. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau V ci-dessous.

- Influence de la typologie de voie

On observe nettement que la précision obtenue est bien meilleure lorsque la configuration urbaine environnante est favorable et dans ce cas, lorsque l'âge des corrections reçues est faible, la précision de la localisation peut descendre en dessous du mètre.

Le tronçon HI est clairement l'illustration de l'impact des multi-trajets sur la précision de la localisation. Malgré la réception de corrections "récentes", la précision est médiocre (>30 m).

- Impact de l'ouverture des rues sur le ciel et de l'heure

On peut globalement constater que l'absence d'un nombre suffisant de satellites en vue du véhicule a un effet prépondérant. En effet, malgré la réception de corrections RDS, le pourcentage du temps pour lequel le matériel GPS était dans l'incapacité, faute de satellites, de fournir une position, est très important.

De plus, nous avons constaté des variations importantes en fonction de l'heure (le nombre de satellites pouvant passer de plus de 5 à 0 en l'espace de quelques heures).

5. Conclusion générale de l'étude

5.1 Couverture

Le RDS constitue un moyen efficace de transmettre les corrections DGPS jusqu'à une distance maximale de l'émetteur FM de l'ordre de **20 à 35 km** en milieu interurbain et de l'ordre de **5 km** à l'intérieur de Paris. Les écarts sont bien entendus dus aux conditions particulièrement difficiles de propagation des ondes radio en site urbain.

Même à l'intérieur de ces limites, il subsiste encore un pourcentage de 10 à 20 % de mesures qui ne peuvent être exploitées en mode différentiel, du fait d'une correction trop âgée provenant de défauts de transmissions.

Ces problèmes sont clairement corrélés au **faible débit de la liaison RDS** qui nécessitait, dans notre cas, une durée de 8 s au minimum pour la transmission d'une trame complète de corrections RTCM-104 de type I. Le contrôle de la composition des trames RDS nous obligeait en effet à rejeter, en cas d'erreur partielle de transmission, toutes les trames RDS (entre 16 et 20) contenant les corrections et à attendre une nouvelle série pour reconstituer les corrections.

5.2 Précision

Parmi les points effectivement traités en mode différentiel (âge < 60 s), les résultats en termes de précision se sont

Tableau V: précision en dynamique sur les différents tronçons parisiens

Âge(s)	DE		FG		HI		JK		LM		AB	
	%	2drms	%	2drms	%	2drms	%	2drms	%	2drms	%	2drms
≤	3,2	3.3	2,5	4.7	4,3	31.6	3,1	8.6	4,2	6.5	0,0	N.S.
10 - 20	21,1	3.8	19,8	5.6	15,3	48.1	23,7	10.0	28,4	4.2	1,1	N.S.
20 - 30	13,5	5.2	6,5	7.3	1,9	N.S.	18,0	12.0	12,5	9.0	0,4	N.S.
30 - 40	15,0	7.9	3,0	3.7	1,1	N.S.	8,3	17.9	5,5	16.7	0,7	N.S.
40 - 50	8,5	10.9	4,4	16.7	0,0	N.S.	4,8	30.6	5,9	N.S.	0,4	N.S.
50 - 60	2,3	9.5	5,3	16.8	0,3	N.S.	1,5	N.S.	0,0	N.S.	0,0	N.S.
GPS brut	6,6	89.8	6,7	87.4	2,6	N.S.	3,7	N.S.	2,4	N.S.	0,0	N.S.
Pas de GPS	29,8		51,9		74,5		37,0		41,2		97,4	

(N.S. = Non Significatif, pour cause de nombre de points insuffisant)

8 - Inférieur à 10 ou 20 secondes selon les cas.

avérés parfaitement conformes aux attentes, au sens où nous avons confirmé la **dégradation parabolique de la précision** en fonction de l'âge des corrections, due à l'évolution aléatoire de la SA.

Avec un récepteur haut de gamme tel le JAVAD, capable de tirer le meilleur des mesures GPS et pour des corrections âgées de moins de 10 s, les précisions, en dynamique comme en statique, sont excellentes. Elles sont de l'ordre de **2 m** (2drms) en rase campagne et **3 m** en ville. En fonction de l'âge, l'erreur 2drms augmente ensuite jusqu'à des valeurs de l'ordre de 15 à 30 m suivant les zones. Ceci nous amène à des valeurs moyennes de **2drms entre 5 et 10 m, tous points DGPS confondus**, ce qui apporte une nette amélioration par rapport au GPS naturel (2drms = 100 m) mais reste encore éloigné de l'objectif final du mètre.

5.3 Perspectives

Malgré les résultats globalement satisfaisants du RDS, il est évident qu'une **transmission à plus haut débit** (de type DARC⁹ ou DAB¹⁰) améliorerait significativement les performances finales et devrait permettre de reconstruire des corrections fraîches sur toute la zone de couverture commerciale de la station FM, donnant ainsi l'accès effectif à la précision métrique recherchée.

D'autre part, en milieu urbain, on constate également que le facteur le plus défavorable à une localisation précise et permanente n'est pas le RDS mais le **nombre insuffisant de satellites disponibles** en condition de circulation classique. En conséquence, même avec un excellent medium de transmis-

sion, l'avenir de la localisation précise par satellites en zone fortement urbanisée passe par le développement d'aides externes de type fusion avec capteurs inertiels, avec ou sans techniques de "map-matching", et/ou par l'utilisation des données de plusieurs systèmes satellitaires (GPS + GALILEO + GLONASS...).

6. Références

- [1] Elliott D. Kaplan, *Understanding GPS: Principles and Applications*, Artech House Publishers, 1996.
- [2] Norme RTCM SC-104, version 2.2, RTCM paper 11-98/SC104-STD, janvier 1998.
- [3] CENELEC EN 50067, *Specification of the Radio Data System (RDS) for VHF/FM sound broadcasting in the frequency range from 87.5 to 108,0 MHz*, 1998.
- [4] European Broadcasting Union/RDS Forum – The Association of RDS Users, *RDS Universal Encoder Communication Protocol UECF Version 5.1*, SPB 490 (5th Revision), Geneva, août 1997.
- [5] Akio Yasuda, Naoto Tanaka et Hiromune Namie, *DGPS Correction Data Dissemination in Japan and Evaluation of the Positioning Accuracy*, VII-P-02, pages 1-6, GNSS 98, Toulouse, 20-23 octobre 1998.

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées - Centre de Nantes
Route de Bouaye - BP 4129 - 44341 - Bouguenais CEDEX
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées - Centre de Paris
58 Bd Lefebvre - 75732 - Paris CEDEX 15

9 - DARC: Data Radio Channel: évolution haut débit du RDS, à 10 kbauds.

10 - DAB: Digital Radio Broadcasting: nouvelle norme de radio numérique, à 1.5 Mbauds.

19^e édition de l'Ecole d'Astronomie de Toulouse

Stage du 29 juillet au 5 août 2000 - dans les locaux de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace.

Il s'adresse aux astronomes amateurs (14 à 77 ans). 60 heures de cours en modules différents selon le niveau et les centres d'intérêt. Soirées d'observation sur site en campagne et travail en petits groupes de 4 personnes.

Une vingtaine de télescopes, dont 6 de diamètre supérieur à 330 mm.

Observations au télescope de 82 cm de l'association Adagio.

Conférenciers de renom et visites scientifiques, visite guidée de l'observatoire au Pic du Midi.

Demandez le dossier complet "Ecole d'Eté 2000" à l'association ADAGIO
10, rue Alphonse-Daudet - 31200 Toulouse.