

## Les réseaux temps réel

# Un maillage de stations qui améliore la précision

**Pour améliorer l'usage des satellites dans le domaine agricole, les systèmes GPS et dGPS sont aujourd'hui complétés par des « réseaux temps réels ». S'appuyant sur un réseau de balises fixes, ils augmentent significativement la précision de la localisation.**

**L**es satellites sont de plus en plus utilisés dans le domaine agricole : jalonnage, arpentage, guidage, modulation des apports. Cependant, la précision du GPS seul (Global Positioning System, système américain qui comprend 24 satellites) n'est pas suffisante pour la plupart de ces applications.

C'est pourquoi des solutions de corrections différentielles (dGPS) sont proposées (*Perspectives Agricoles* n°332, mars 2007). Elles peuvent être gratuites (EGNOS, John Deere StarFire I...) ou payantes (OmniSTAR VBS/XP/HP, John Deere StarFire II...). Les corrections EGNOS, OmniSTAR VBS ou John Deere StarFire I sont conseillées pour de l'aide au guidage : épandage en grande largeur. La précision de ces corrections différentielles est de 20 à 40 cm entre 2 passages de tracteur espacés de 15 minutes. Les corrections John Deere StarFire II ou OmniSTAR XP/HP sont préférentiellement utilisées sur des systèmes d'autogui-

dage : semis, récolte grande largeur. Leur précision est de 10 cm dans 95 % du temps. Jusqu'alors, pour atteindre une précision centimétrique, l'utilisation d'une base fixe (base RTK) à proximité du chantier était le seul moyen.

▶ Les corrections dGPS sont utilisables pour de l'aide au guidage.

Une nouvelle solution existe aujourd'hui sur le marché : les réseaux GPS temps réel. Deux réseaux sont présents en France : S@t-Info et Orphéon (*encadré 2*). Ils s'appuient sur des stations permanentes (récepteurs fixes) de grande précision et sont en partie ou en totalité compatibles GPS et GLONASS (constellation russe). L'objectif de cette compatibilité est d'augmenter le nombre de satellites disponibles et donc d'améliorer la précision du positionnement. Espacées de 60 à 70 km, les stations fixes sont disposées pour assurer une couverture optimale. Elles sont reliées à un serveur central qui calcule

une correction différentielle en temps réel en fonction de l'ensemble des paramètres d'état du système déterminés à partir des observations réalisées sur les satellites observés par les balises. L'intégrité et la qualité des données de chaque station sont contrôlées. Les corrections sont envoyées au récepteur mobile (sur le trac-

teur par exemple) par GPRS (réseau téléphonique mobile) ou par Internet, puis relayées à l'aide d'une radio. Le récepteur mobile fonctionne alors en mode NRTK (Network Real Time Kinematic ou cinématique temps réel en réseau).

La précision de ces deux réseaux temps réel a été évaluée sur la station ARVALIS-Institut



Caroline Desbourdes  
c.desbourdes@arvalisinstitutduvegetal.fr  
ARVALIS – Institut du végétal

Dispositif mis en place pour évaluer les réseaux temps réel. ▶

du végétal de Boigneville (91) entre octobre et décembre 2007. Les récepteurs mobiles ont été positionnés à l'avant d'un quad, qui a réalisé des allers-retours de 350 m à une vitesse de 10 km/h sur une durée d'une heure en plein champ (absence de masques). Treize répétitions ont été effectuées.

### Une qualité de correction au centimètre

Les deux réseaux temps réel testés en mode RTK permettent d'atteindre une précision moyenne de 2 à 3 cm lorsque le signal de correction est reçu (figure 1). L'erreur maximale enregistrée est de 5 cm dans 95 % du temps. Cette précision est comparable à celle obtenue avec un système RTK traditionnel, nécessitant l'implantation d'une base fixe sur l'exploitation. Cette précision est stable au cours du temps, contrairement aux corrections différentielles traditionnelles basées sur le traitement du code des signaux GPS, pour lesquelles l'erreur de positionnement relatif augmente avec



© GEODATA DIFFUSION

▲ **Station fixe du réseau Orphéon. L'avantage des réseaux est leur précision quel que soit le temps passé dans la parcelle.**

le temps. La précision est en réalité meilleure car la mesure intègre les erreurs de conduites estimées à 2 cm.

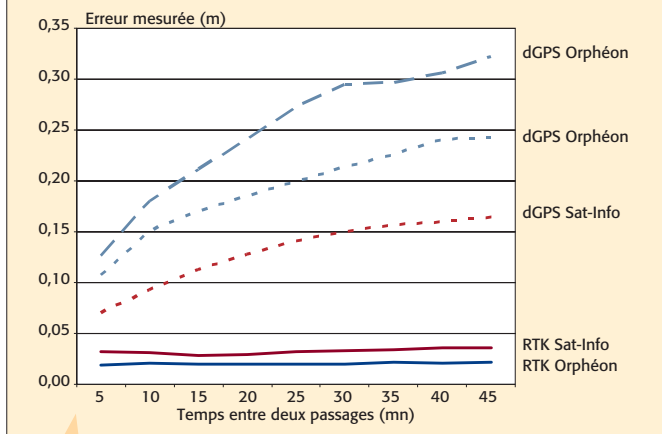
L'avantage des réseaux de stations permanentes est de pouvoir travailler en mode RTK sans limite de distance par rapport à une station fixe. Par contre, de nombreux transferts d'information sont nécessaires entre le serveur central et le récepteur mobile. Ceux-ci doivent être rapides pour limiter l'erreur sur le ter-



© ARVALIS-Institut du végétal



**Evolution de l'erreur moyenne mesurée au cours du temps avec les corrections des réseaux temps réel (fig. 1)**



**E**n bonnes conditions (terrain dégagé, nombre de satellites optimum...), les réseaux temps réel en mode RTK permettent une précision moyenne de 2 à 3 cm quel que soit le temps de travail dans la parcelle. Les deux courbes pour le dGPS Orphéon proviennent de l'utilisation de deux récepteurs différents : RX370 de TeeJet (20 cm en moyenne) et PRO XRS de Trimble (17 cm en moyenne).

rain. Lors des tests, les données étaient transmises par GPRS (téléphonie mobile) : SFR ou Orange. Les deux réseaux sont compatibles avec la majeure partie des opérateurs téléphoniques. Les corrections RTK sont reçues lors de nos tests dans de bonnes conditions (délai < 10 s) dans 90 % du temps avec SFR et dans 96 % du temps avec Orange. Une perte de signal, même de quelques secondes, induit des erreurs mesurées de plusieurs mètres (figure 2). Ces erreurs importantes traduisent les pertes de signal dues à la transmission GPRS, mais pas la qualité de la correction. Elles dépendent de la couverture du réseau télé-

phonique et de son encombrement. Malgré la présence d'un relais téléphonique à proximité de la zone d'essai (inférieur au kilomètre), des pertes sont observées.

**▶ Les réseaux de stations permanentes permettent de travailler en mode RTK sans limite de distance par rapport à une station fixe.**

Les temps de transfert des corrections par GPRS constituent la principale limite des réseaux temps réel actuellement. Les transferts s'effectuent selon la norme RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Service). L'utilisation du RTCM 3.0,

moins gourmande en bande passante, sous condition que le récepteur GPS soit suffisamment récent pour l'accepter, devrait améliorer le délai de transmission des informations, tout comme la généralisation de la 3G/3G+.

La seconde possibilité pour transférer les corrections est d'utiliser Internet, puis une radio. Ce mode de transmission pourrait peut-être être plus performant que le GPRS, à condition de disposer d'une connexion Internet d'une latence suffisante. Mais l'utilisation d'une radio limite la distance de travail par rapport à la source d'émission du signal, comme avec une base fixe traditionnelle : environ 10 km, mais très variable selon la topographie.

L'utilisation du GSM data serait peut-être une autre solution permettant de disposer de plus de bande passante et d'une meilleure disponibilité.

La précision mesurée permet d'utiliser ces réseaux en mode RTK sur un autoguidage. Par contre, ce dernier va se désengager s'il y a des problèmes de transmission des données par GPRS, ce qui peut rendre son utilisation difficile. Au niveau du matériel, il faut un récepteur GPS bifréquence qui accepte le mode RTK : environ 8 000 € selon les constructeurs. Pour recevoir les données provenant du serveur central, un boîtier contenant une carte SIM est nécessaire : appelée SmallTrip pour le réseau Orphéon et RTK-m@x pour le réseau S@t-Info, pour un coût d'environ 2 000 €. Ce matériel doit être complété par un abonnement annuel ou horaire selon les besoins. Ces investissements sont importants, mais sont à comparer au coût d'un système RTK classique, de l'ordre de 30 000 €.

**▶ À gauche de l'image : téléphone durci du réseau S@T-INFO utilisé pour recevoir les corrections du serveur.**

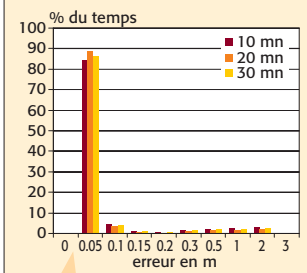


**▶ L'autoguidage (ici un semis de blé) est permis avec la précision obtenue avec les réseaux en mode RTK.**

## Les dGPS moins précis

Contrairement au mode RTK, la précision dGPS est présente sur l'ensemble de la France. Deux récepteurs GPS ont été utilisés avec Orphéon (Pro XRS de Trimble et RX370 de TeeJet). Le Pro XRS est également utilisé sur le réseau dGPS de S@t-Info. Entre deux passages de tracteur espacés de 15 mn, la précision moyenne varie de 10 à 20 cm (figure 1). L'erreur

**Répartition des erreurs mesurées sur le terrain en précision RTK pour des passages distincts de 10, 20 ou 30 minutes (fig. 2)**



**L**es pertes de corrections dues à la communication GPRS provoquent des erreurs de précision de plusieurs mètres dans 5 à 10 % du temps.





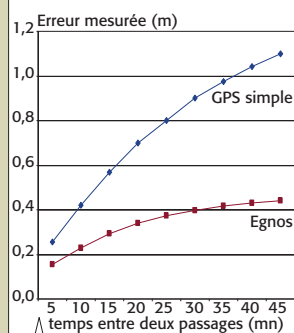
### Qu'en est-il d'Egnos ? (enc. 1)

maximale mesurée est de 30 à 50 cm dans 95 % du temps. Elle évolue en fonction du temps : plus le temps passé dans la parcelle est important – plus la ligne de référence en guidage est ancienne – plus l'erreur augmente, sur la durée étudiée. Pour un système donné, l'erreur moyenne est doublée en une heure. La différence entre les deux réseaux, à récepteur équivalent, provient de son mode de fonctionnement : S@t-Info utilise son réseau de stations alors que Orphéon utilise la station la plus proche. Ce dernier prévoit le développement d'un algorithme de calcul pour travailler en réseau en mode dGPS afin d'améliorer la précision courant 2008.

La précision moyenne est obtenue lorsque la correction provenant du serveur atteint le récepteur GPS avec un délai inférieur à 60 secondes : environ 95 % du temps pour le réseau GPRS d'Orange et 97 % pour SFR. L'erreur maximale varie de 30 à 50 cm pour deux passages espacés de 15 mn dans 95 % du temps. En l'absence de correction, l'erreur atteint plusieurs mètres. Comme pour le mode RTK, cette limite provient des opérateurs téléphoniques et non pas des réseaux de stations.

La précision du GPS simple est en moyenne de 60 cm entre deux passages espacés de 15 mn (figure 3). L'erreur maximale enregistrée est de 2,5 m dans 95 % du temps. Les mesures réalisées sur le signal Egnos sont similaires à celles des tests précédents de novembre 2006 : 30 cm en moyenne entre deux passages et une erreur maximale de 80 cm dans 95 % du temps. Si les coupures du signal Egnos apparaissent moins fréquentes que l'an passé, la précision n'a pas évolué.

#### Précision moyenne du GPS et de la correction différentielle Egnos au cours du temps avec deux récepteurs différents (fig. 3)



L'utilisation de la correction différentielle gratuite Egnos permet d'améliorer la précision par 2 relativement à du GPS simple, mais reste entre 3 et presque 10 fois moins précis que les corrections réseau dGPS et RTK.



# Les deux réseaux temps réel (enc. 2)

## Le réseau S@t-Info

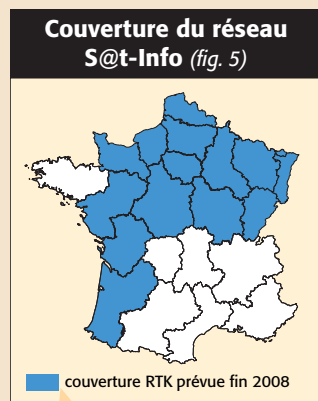
Le réseau S@t-Info est composé de stations permanentes Trimble (figures 4 et 5). Il fonctionne selon le concept VRS (Virtual Reference Station). Les données des stations permanentes sont transmises vers le serveur central. Pour modéliser les erreurs correspondant à sa zone de travail, le récepteur mobile utilise une référence virtuelle à proximité du chantier : la station virtuelle. Sa position est envoyée au serveur lors de la mise sous tension du récepteur mobile et le serveur va la générer de manière unique pour chaque utilisateur et la calculer à partir des données mesurées sur les stations permanentes. Elle fournit un jeu de corrections « locales » similaire à celles qui pourraient venir d'une station locale traditionnelle. La mise à disposition du signal se fait par l'achat d'un volume d'heures de corrections utilisables dans les 12 mois suivant l'achat (tarif dégressif à chaque heure). Le volume de données à transférer est faible, et compatible avec la majeure partie des GPS.

## Le réseau Orphéon

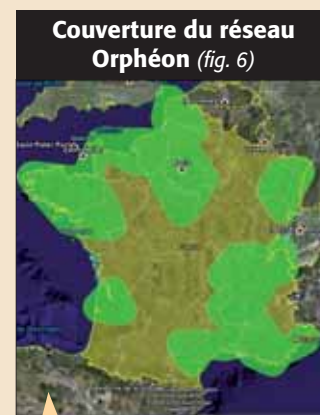
Le réseau Orphéon est géré par la société Geodata Diffusion et commercialisé par la société Satplan à travers le produit Sat3+. Il est actuellement composé de 70 stations permanentes Leica Geosystems réparties en 5 zones pour la précision RTK (figure 6). Il utilise le concept MAC (Master Auxiliary Concept) conçu par le comité RTCM (consortium de tous les industriels du secteur). Il consiste à envoyer au récepteur

GPS les données d'observation de la station la plus proche, la station maîtresse, ainsi que les corrections de différences de phase des stations voisines, les stations auxiliaires (différences d'observations de chaque station auxiliaire relativement à la station maîtresse) (figure 7). Le récepteur GPS génère sa propre solution de positionnement en réseau à partir de l'ensemble des paramètres d'état du système (nombre et localisation des satellites). Pour pouvoir utiliser ces informations réseau, le récepteur GPS doit être récent. La norme qui gère cet échange (RTCM 3.1) n'a environ qu'un an. Pour les récepteurs plus anciens, l'ensemble des calculs est réalisé sur le serveur et la correction est envoyée au récepteur qui l'utilise directement. C'est ce second mode qui a été testé. En ce qui concerne le mode dGPS, la correction est calculée à partir de la station maîtresse. Selon M. Legros, directeur de la société Geodata, le concept MAC est la manière la plus adéquate et la plus ouverte de diffuser des corrections en réseau, d'où la

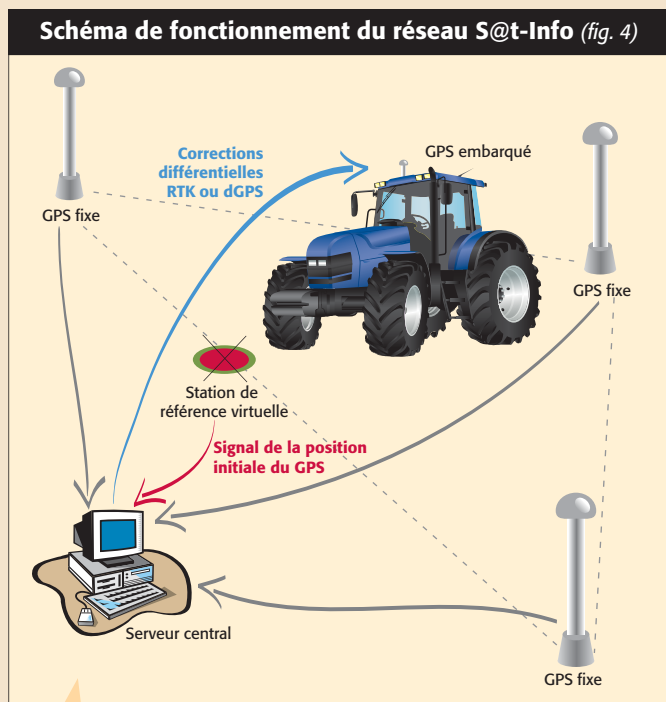
normalisation du procédé. En effet, le récepteur mobile a directement accès aux mesures réalisées par les stations permanentes du réseau sans que celles-ci ne soient traitées par de l'algorithmie propriétaire : le récepteur sait exactement ce qu'il traite sans être leurré. Des abonnements départementaux, régionaux et nationaux de différentes volumétries sont proposés.



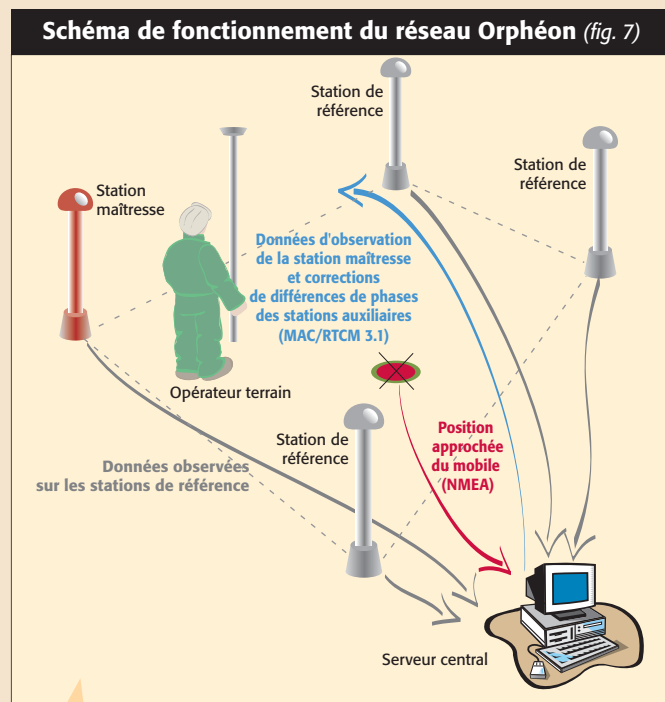
Le réseau en précision RTK couvre les zones en bleu.



Les zones vertes correspondent aux zones déjà opérationnelles tandis que la couverture sera nationale d'ici juin 2008, en GPS comme en Glonass.



Le positionnement se fait par rapport à une station de référence dite « virtuelle », propre à chaque chantier.



Le positionnement se fait par rapport à un ensemble de stations localisées autour du récepteur GPS.