

Positionnement par satellite

Quelle précision en attendre ?

Si un seul système de positionnement par satellite est utilisé en France, le GPS, de nombreuses offres combinant récepteur et signaux de corrections sont disponibles. Pour évaluer leur intérêt, en fonction des objectifs et des conditions d'utilisation, ARVALIS – Institut du végétal a mesuré leur précision dans des conditions variées.

© F. Henault, ARVALIS – Institut du végétal



Au-delà de la précision d'un système de positionnement par satellite, ses contraintes d'utilisation (temps d'initialisation, réception en présence de masques) constituent également un critère de choix.

Le système de positionnement par satellite GPS est de plus en plus utilisé en agriculture. Cependant, la précision du GPS seul est parfois insuffisante pour l'utilisation envisagée. C'est pourquoi des corrections différentielles (dGPS) sont proposées. De nombreux signaux sont disponibles sur le marché français. Le choix d'un signal dépend de l'utilisation que l'on souhaite en faire (carte de rendement, arpentage, guidage, modulation...) et par conséquent de sa précision. Pour mieux apprécier ce que l'on peut attendre du positionnement par satellite, selon les conditions d'utilisation, le type de matériels et de correc-

tion différentielle, des tests de précision ont été mis en place durant l'automne 2006.

La précision dérive au cours du temps

La précision du positionnement par GPS dépend :

- de la qualité du matériel utilisé : un GPS de randonnées sera moins précis qu'un récepteur professionnel. Cela s'explique par la sensibilité du récepteur (horloge...).
- de l'information que l'antenne est capable de recevoir. Le signal GPS est envoyé sur deux longueurs d'onde (L1 et L2). Les récepteurs mono fréquence n'utilisent que l'onde L1. Les récepteurs bi-fréquen-

ce sont capables d'utiliser ces deux données, ce qui rend le positionnement plus stable et plus précis.

▶ Les signaux HP d'Omnistar et SF2 de John Deere sont les plus précis, mais sont difficilement utilisables en présence de masques (bois, bâtiments...) du fait de la perte du signal.

- de la présence d'une correction différentielle. Certaines ne sont accessibles qu'aux récepteurs bi-fréquence.

La précision d'une correction dérive avec le temps : deux positions, acquises avec le même récepteur fixe, espa-

cées de 15 minutes seront plus différentes que deux positions espacées d'une minute. Le calcul de cette dérive permet d'estimer l'erreur commise d'un passage à l'autre, dans le cas d'une utilisation du GPS pour une barre de guidage.

Deux types de tests : statiques et dynamiques

Des mesures en dynamiques ont été réalisées à une vitesse de 8 km/h, en l'absence d'obstacles (plein champ) sur des durées de 45 minutes environ.

D'autres mesures ont été effectuées de manière fixe, sur des durées plus longues (de l'ordre de 1h30) et dans des conditions variées (présence

Caroline Desbourdes
c.desbourdes@arvalisinstitutduvegetal.fr

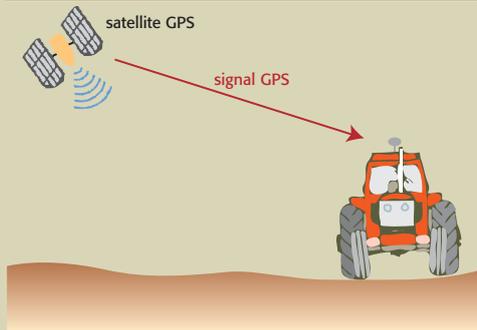
Benoît De Solan
b.desolan@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

Bruno Carrez
ESITPA

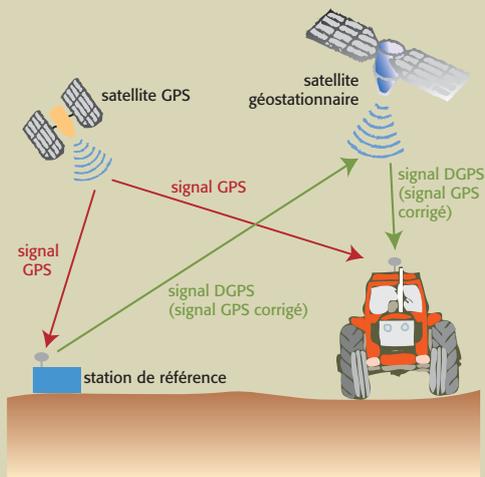
Qu'est-ce qu'une correction différentielle ? (enc. 1)

Le signal GPS



GPS (Global Positioning System) : système de positionnement s'appuyant sur un réseau de 24 satellites mis en place par le département de la Défense des Etats-Unis à partir de 1978 et opérationnel depuis 1994. Il permet à ses utilisateurs de connaître leur position, leur vitesse et l'heure, à n'importe quel endroit du globe, 24 heures sur 24.

Le signal dGPS via un satellite géostationnaire



dGPS (Differential Global Positioning System ou correction différentielle) : cette technique de correction cherche à minimiser les sources d'erreurs qui interviennent dans la transmission du signal GPS (position des satellites, propagation du signal dans l'atmosphère, l'ionosphère...). Le positionnement différentiel s'appuie sur un réseau de récepteurs fixes (stations de références) dont la position exacte est connue. À tout moment, la différence entre les coordonnées absolues du récepteur fixe et ses coordonnées mesurées est connue. Cette différence permet de calculer la correction à appliquer aux coordonnées mesurées sur un récepteur mobile (utilisateur) au même instant. La transmission des corrections au récepteur mobile peut se faire en passant par un satellite géostationnaire de télécommunication. C'est le cas des signaux Egnos, Omnistar VBS/HP/XP (Fugro) et Star Fire 1/2 (John Deere).

Six signaux au banc d'essai (enc. 2)

Le signal gratuit Egnos (European geostationary Navigation Overlay Service) est développé par l'Agence Spatiale Européenne. Conçu pour évaluer la qualité du positionnement du futur système Galileo, il peut aussi être utilisé comme correction différentielle du GPS. Diffusé actuellement par trois satellites géostationnaires, il est toujours en période de test, ce qui se traduit par des pertes fréquentes ou une absence de signal pendant des périodes de durées variables (quelques minutes à plusieurs heures). Les signaux de Fugro fonctionnent sous abonnement.

Omnistar VBS (Virtual Base Station) utilise une antenne mono fréquence et n'a pas besoin de temps d'initialisation. Omnistar HP (High Performance) utilise, quant à lui, une antenne bi fréquence. Il nécessite un temps d'initialisation, nécessaire à l'obtention d'une précision optimale variant de 10 minutes en statique à 45 mn en déplacement. Ce signal peut être perdu à proximité d'un masque (bois, bâtiment...) s'il n'est plus capté pendant 30 secondes et nécessitera une nouvelle initialisation. De son côté, John Deere

propose deux signaux (Starfire 1 et Starfire 2) dédiés à l'antenne bi fréquence de ce nom. Starfire 1 ou SF1 est gratuit et correspond au signal Starfire 2 dégradé. Starfire 2 ou SF2 est soumis à abonnement. Pour atteindre leur précision maximale, un temps d'initialisation de 30 à 45 minutes est nécessaire pour ces deux signaux. Le système est opérationnel dès sa mise sous tension, mais sa précision est alors moindre. De même que pour le signal HP d'Omnistar le passage à proximité d'un masque provoquera la perte du signal.

d'un bois, de bâtiments à proximité et en plein champ).

Le GPS seul présente une erreur de 75 cm entre deux passages espacés de 15 minutes dans 95 % du temps (figure 1). À l'exception du Garmin

76, dont la précision est supérieure à 2 mètres, l'utilisation d'une correction différentielle améliore la précision.

Le signal Egnos améliore la précision obtenue par le GPS (de l'ordre de 50 cm).

Cependant, les résultats d'Egnos sont très variables (de 10 cm à plus de 20 m). Ils traduisent le fait qu'il soit encore en phase de test. Il sera à nouveau étudié lorsque son émission sera stabilisée.

© C. Desbordes, ARVALIS-Institut du végétal



Pour évaluer chacune des corrections différentielles proposées sur le marché français, elles ont été testées simultanément sur la station de Boigneville (Essonne).

© C. Desbordes, ARVALIS-Institut du végétal



Mesurer la précision des systèmes en statique permet de voir leur stabilité au fil du temps.

On trouve ensuite les signaux VBS et Egnos enregistré par l'antenne RX370 de Tee Jet - LH Agro : erreur de 30 cm dans 95 % du temps. Le signal SF1 présente une évolution différente. Il est plus précis pour des passages espacés de 5 mn, mais il atteint une erreur de 60 cm dans 95 % du temps pour des passages espacés de 15 mn.

Les signaux HP d'Omnistar et SF2 de John Deere sont les plus précis et présentent des évolutions similaires : erreur de 14 cm dans 95 % du temps entre deux passages distants de 15 mn.

En statique, les signaux devraient présenter une moins bonne précision que les tests dynamiques car le GPS ne dispose plus de l'information du cap et du fait de la variété des conditions de mesures et notamment celles réalisées en présence d'obstacles (figure 2 et tableau 1).

Impact de la dérive sur le travail au champ

La vitesse d'avancement du tracteur dépend du travail effectué : elle est plus élevée lors d'un traitement que lors d'un semis. Par conséquent, pour une parcelle donnée, le temps nécessaire pour faire un aller-retour sera plus court dans le cas d'un traitement. S'il faut moins de temps pour réaliser un aller-retour, l'erreur maximale sera plus faible, et inversement. Autrement dit, pour réaliser un semis, la correction différentielle doit être plus précise et plus stable dans le temps que pour un traitement.

De bonnes conditions d'utilisation, un premier gage de précision

Le choix d'un signal dépend en premier lieu des utilisations envisagées. Les signaux de haute précision (HP d'Omnistar et SF2 de John Deere) semblent essentiels pour un semis alors qu'un signal sub-métrique tel que SF1 de John Deere ou VBS d'Omnistar peut suffire pour un épandage en grande largeur.

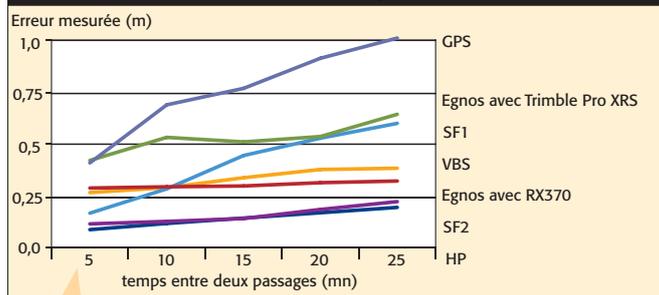
Ensuite, il est conditionné par les caractéristiques de l'exploitation : si les parcelles sont entourées de masques potentiels (bois, haies, bâtiments...), cela ne sert à rien d'investir dans un système très précis tel que HP d'Omnistar ou SF2 de John Deere car il sera difficilement utilisable du fait de la perte du signal et du temps nécessaire pour réinitialiser le système.

Quel que soit le système, ses conditions d'utilisation sont déterminantes sur sa précision. Même avec un système très précis, on peut avoir des erreurs de plusieurs mètres si la constellation de satellites est mauvaise et l'initialisation imparfaite.

Trois critères entrent en jeu pour optimiser l'utilisation d'un système :

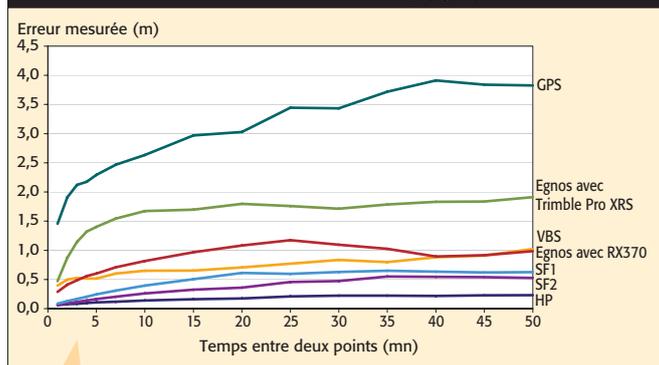
- la constellation des satellites (nombre, répartition...) : capter quatre satellites est nécessaire

Evolution de l'erreur entre deux passages pour un aller - retour réalisé en 5 mn (600 m parcours à 8 km/h dans les meilleures conditions possibles) (fig. 1)



En bonnes conditions (terrain dégagé, nombre de satellites optimum...), les corrections différentielles améliorent la précision du GPS. Les signaux les plus performants ont une précision inférieure à 20 cm dans 95 % du temps.

Evolution de l'erreur maximale enregistrée en laissant fonctionner le système au même endroit pendant 3 heures (moyenne d'essais en plein champ, en lisière de bois, à côté d'un bâtiment) (fig. 2)



En conditions plus limitantes (présences d'obstacles), les précisions mesurées pour chaque correction différentielle sont moins bonnes que celles obtenues en plein champ (figure 1).

Précisions des signaux au bout de 15 minutes de fonctionnement (tab. 1)

Signaux	Erreur maximale observée dans 95 % du temps	Erreur de surface (en %)	
		Outil de 28 m (ex. : épandeur)	Outil de 4 m (ex. : semoir)
GPS seul	3 m	8	60
Egnos	1,70 m	5	35
Egnos avec l'antenne RX370	1 m	3	17
VBS d'Omnistar	65 cm	2	15
SF1 de John Deere	50 cm	1	8
HP d'Omnistar	16 cm	0,4	3
SF2 de John Deere	30 cm	0,7	5

Le signal HP d'Omnistar a par exemple une précision de 16 cm au bout de 15 minutes de fonctionnement (dans 95 % du temps). Cette précision se traduit par un pourcentage de surface dans la parcelle « non correcte » de 0,4 % s'il s'agit d'un épandage en 28 m et 3 % s'il s'agit d'un semis en 4 m.

pour obtenir une position par GPS. À partir de sept satellites, la précision sera meilleure.

- la présence d'obstacles pouvant masquer des satellites GPS ou causer la perte du signal dGPS.

- les conditions climatiques (brouillard, pluie...) peuvent dégrader la qualité du signal.

La précision en absolu est moindre

Ces résultats représentent des précisions en relatif, c'est-à-dire par rapport à une référence virtuelle fixée au démarrage du système. Si l'on raisonne en absolu, le niveau de précision s'affaiblit car, dans ce cas, il s'agit de retrouver les coordonnées géographiques réelles d'un point ou d'un tracé réalisé auparavant.

Si l'on ne regarde que les plus précis, en moyenne, le signal HP d'Omnistar a une précision de 45 cm et le signal SF2 de John Deere une précision de l'ordre du mètre. Avec ces valeurs, il n'est pas envisageable de chercher à retrouver précisément un point. C'est-à-dire qu'il n'est pas possible d'épandre un engrais pendant l'automne en localisé et de vouloir revenir précisément sur ces mêmes lignes pour semer. Dans ce cas, la précision demandée est de l'ordre du centimètre ! Seul un système RTK peut assurer cette précision. ■

Avec trois récepteurs différents pour Egnos (enc. 3)

Les mesures ont été réalisées avec :

- Ag332 de Trimble (récepteur bi fréquence) pour les signaux Egnos et Omnistar HP/XP,
- Trimble PRO XRS (récepteur mono fréquence) pour le GPS simple et Omnistar VBS,
- les signaux SF1 et SF2 ont été enregistrés à partir d'antennes John Deere,
- le signal Egnos, très utilisé du fait de sa gratuité, a été enregistré avec deux autres récepteurs : un Garmin 76 (GPS de randonnée) et l'antenne RX 370 de chez Tee Jet - LH Agro.