



#### ■ OBSTACLES

Un toit, un bois, un hangar peuvent empêcher la bonne réception des signaux GPS (p 35).

#### ■ TEMPS D'ATTENTE

Certaines corrections ne sont disponibles qu'après un temps de chauffe du récepteur (p 41).

#### ■ AUTOGUIDAGE

Cet équipement est indispensable pour bien exploiter les corrections centimétriques et RTK (p 49).

## GÉOPOSITIONNEMENT



Les données d'au minimum quatre satellites sont nécessaires pour obtenir un géo-positionnement fiable.

### APPLICATIONS AGRICOLES

# CALCUL DE POSITION PAR GPS : complexe et corrigeable

**Parce qu'utiliser un positionnement GPS en agriculture n'a de sens que s'il est suffisamment précis, il est nécessaire de corriger la position calculée par les satellites et de connaître ses limites. Explications.**

# 6

c'est le nombre moyen de satellites disponibles avec lequel la constellation américaine GPS permet de travailler... En théorie.

**Q**ui ne recoure pas désormais pour ses déplacements à la technologie GPS ou Global Positioning System ? De moins en moins de gens. Ce système américain s'appuie sur un réseau de 24 satellites en orbite à 20 000 km d'altitude. Développé dans un but militaire à partir de 1978, il est déclaré opérationnel en 1994. Sa précision est alors d'une centaine de mètres. En 2000, Bill Clinton autorise son utilisation à des fins civiles et supprime le brouillage volontaire. Le GPS permet à ses utilisateurs d'obtenir une localisation, une vitesse et l'heure à n'importe quel endroit du globe, 24 h/24 à partir d'un récepteur. Ce qui en fait un outil très utile pour le contrôle des déplacements dans une parcelle agricole.

#### Au moins 4 satellites par mesure

La position du récepteur est calculée à partir des mesures de distances (1) entre le récepteur et les satellites. Connaissant l'heure de départ de l'onde du satellite et son heure d'arrivée au récepteur, il est possible d'en déduire le temps nécessaire pour parcourir la distance. Le signal se propageant à la vitesse de la lumière, il est ensuite aisé de calculer la distance entre le satellite et le récepteur. Celle-ci définit le rayon d'une sphère dont le centre est le satellite. Le récepteur (dans le tracteur) se situe quant à lui sur le périmètre de la sphère. Mais une seule mesure ne suffit pas à définir la position de ce récepteur : trois distances, donc trois satellites, sont nécessaires pour se localiser en trois dimen-

« **La position du récepteur** est calculée à partir des mesures de distances entre le récepteur et les satellites. »

sions (latitude, longitude, et hauteur ellipsoïdale). C'est une trilatération. L'intersection des trois sphères crée deux points dont l'un, sur Terre, représente le récepteur tandis que l'autre situé dans l'espace n'est pas pris en compte. Cependant une imprécision est introduite dans le calcul des distances car les horloges des récepteurs embarqués dans les tracteurs sont moins précises que celles disponibles sur les satellites. Le point défini est donc en réalité un triangle dans lequel se trouve le récepteur. De fait, pour améliorer la localisation du récepteur, quatre satellites sont nécessaires. En théorie, la constellation américaine GPS permet de travailler avec au minimum six satellites.

### Des obstacles à la transmission

Lorsque le récepteur s'approche d'un obstacle (bâtiments, arbres...), une partie des signaux provenant des satellites rebondit sur celui-ci (figure 1). Ce phénomène est appelé multi-trajets. Problème : la distance alors calculée est plus longue que lorsque le signal arrive directement au récepteur. Cette erreur influence donc directement la précision de la position du récepteur dans la parcelle. De plus certains signaux peuvent être complètement masqués par l'obstacle : dans ce cas, le nombre de satellites en vue se réduit et peut être divisé par deux. Un toit de hangar peut par exemple bloquer les signaux de trois satellites sur six et introduire des erreurs sur le trajet de certains signaux (figure 1). Seuls trois satellites servent alors à calculer la position, ce qui est insuffisant. Pour réduire la probabilité de manquer de satellites, d'autres constellations peuvent compléter le GPS (encadré ci-contre).

### Des satellites bien positionnés

Avoir le bon nombre de satellites n'est pas suffisant. Pour une détermination optimale de la position du récepteur, ceux-ci doivent être répartis de façon homogène dans le ciel. Or, à certaines heures, plusieurs d'entre eux peuvent se trouver côte à côte. Dès lors, les informations qu'ils envoient se confondent et équivalent à une seule information. Le calcul de position est impossible. En agriculture, c'est l'indicateur « HDOP » (précision sur l'axe horizontal) qui est utilisé pour évaluer le nombre et l'organisation des satellites utilisés. Pour être satisfaisant, il doit être proche de 1 ou inférieur. Au-dessus de 3, la plupart des autoguidages ne fonctionnent pas car ils manquent de précision. Certains logiciels (2) ou sites Internet (3) permettent de visualiser un calendrier prévisionnel informant du nombre de satellites disponibles au cours d'une journée choisie.

### OBSTACLES : des pertes de signaux

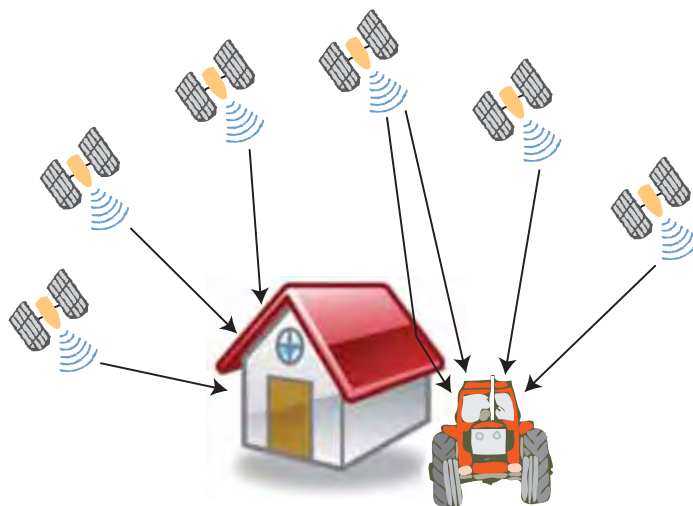


Figure 1 : Un obstacle peut réduire de moitié le nombre de satellites visibles et réfléchir les signaux des satellites.

### ↑ D'autres constellations en complément

Trois autres constellations de satellite de positionnement existent. Deux sont en cours de développement : Bèidou, la constellation chinoise et Galiléo, la constellation européenne. Pour l'instant, seuls les satellites russes (Glonass) sont utilisables. Ils permettent de compléter le GPS en passant d'une moyenne de 6-8 satellites (GPS seul) à 12 satellites (GPS + Glonass). L'utilisation de ces satellites permet un gain de précision et une continuité de fonctionnement dans les zones limitantes, là où le nombre de satellites GPS est insuffisant. Par contre, en pleine parcelle et en l'absence d'obstacle, l'utilisation de Glonass n'apporte pas de gain de précision sauf si la constellation GPS est défavorable : mauvaise organisation des satellites. Cette situation est rare mais elle s'est produite plusieurs fois en 2013. Pour utiliser les satellites Glonass dans le calcul de position, il faut nécessairement recevoir 4 satellites GPS. Sans cette condition, le récepteur ne peut pas calculer sa position. En quelques mots : le système GPS reste la constellation de référence, Glonass vient uniquement compléter celle-ci.

**Le GPS permet de se positionner n'importe quand, 24 h/24.**





Le GPS permet de positionner un tracteur dans une parcelle et de limiter les manques ou recouvrements.

© ARVALIS-Institut du végétal

### Un signal brut non utilisable en agriculture

Une fois la position calculée, une autre difficulté doit être surmontée : l'utilisation des informations des satellites (GPS naturel) ne permet de positionner un récepteur qu'avec une précision de 5 à 10 mètres, ce qui est insuffisant pour une application agricole. Il faut donc appliquer une correction à la position. Exploiter le positionnement par satellite en agriculture exige donc de réunir dans l'ordre les conditions sui-

« L'utilisation des informations des satellites ne permet de positionner un récepteur qu'avec une précision de 5 à 10 mètres. »

vantes : disposer de quatre satellites GPS en vue dégagée (sans multi-trajets) puis s'assurer que ces derniers soient bien répartis dans le ciel (HDOP proche de 1) et enfin, recevoir une correction améliorant la précision.

### Une correction nécessaire...

Plusieurs types de corrections existent. Elles fonctionnent selon deux principes : la correction différentielle ou le réseau PPP (encadrés ci-contre). Elles se distinguent également par leur coût, leur précision relative et leur capacité à revenir au même endroit. Les corrections décimétriques ont une précision de l'ordre de la dizaine de centimètres et sont souvent peu chères. Elles sont représentées par Egnos de l'ESA, le SF1 de John Deere et le RTK Range Point de Trimble. Les corrections centimétriques sont plus précises et souvent plus coûteuses. Elles se sous-divisent en deux groupes : d'un côté celles qui ne permettent pas de revenir au même endroit telles HP et G2 d'OmniSTAR, SF2 de John Deere et RTX-Center Point de Trimble, et celles qui ont cette capacité, les corrections RTK.

[1] Il s'agit techniquement de pseudo-distances, qui consistent en une mesure indirecte de distance par le repérage de l'instant de réception d'un signal daté à l'émission, lorsque les horloges de l'émetteur et du récepteur ne sont pas synchronisées.

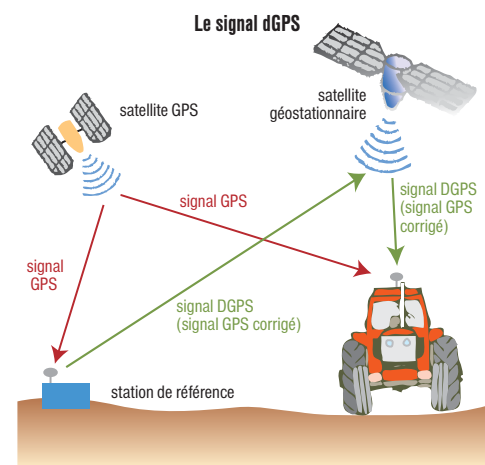
[2] Planning de Trimble

[3] <http://satpredictor.navcomtech.com/>, <http://www.spectraprecision.com/support/gnss-planning/gnss-planning-17876.kjsp...>

Caroline Desbourdes - c.desbourdes@arvalisinstitutduvegetal.fr  
Sylvain Bureau - s.bureau@arvalisinstitutduvegetal.fr  
ARVALIS - Institut du végétal

### Correction dGPS : une comparaison avec des bases RTK

Les corrections dGPS s'appuient sur des stations de référence (bases RTK) placées au sol et dont la position est connue. La différence entre les coordonnées réelles de la station de référence et celles calculées par les satellites est mesurée en permanence. Cela permet de générer la correction à appliquer à l'utilisateur au même instant. Les bases RTK appartiennent à des réseaux mondiaux comme John Deere ou OmniSTAR. La distance entre ces bases et le tracteur peut donc mesurer plusieurs milliers de km.



### Réseau PPP : des informations précises calculées par les bases RTK

Le PPP (Precise point position) est un service de positionnement. Les informations nécessaires au calcul de la position telles que les orbites des satellites et les horloges en temps réel sont connues précisément grâce à un réseau de stations RTK mondial. Ce qui permet de calculer précisément les coordonnées du récepteur.

