



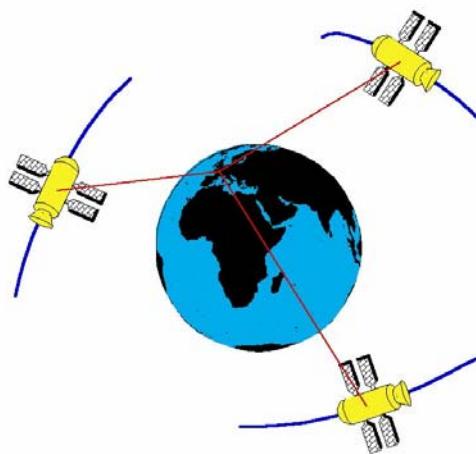
# Les possibilités d'utilisation du matériel GPS en forêt

Mai 2001



# Les possibilités d'utilisation du matériel GPS en forêt

P. Lejeune<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux,  
Unité de Gestion et Economie forestières (Prof. J. Rondeux)  
Passage des Déportés, 2  
B-5030 Gembloux  
lejeune.p@fsagx.ac.be.

## Introduction

Le matériel GPS a fait une percée très remarquée dans de nombreuses applications civiles au cours des cinq dernières années (transports, génie civil, topographie, randonnée, ...).

La gestion forestière, pour laquelle la dimension spatiale joue un rôle important, n'échappe pas à la règle et les possibilités d'application de cette nouvelle technologie y sont multiples.

Le présent document a pour objectif d'expliquer les grands principes de fonctionnement des récepteurs GPS et de présenter les possibilités d'utilisation de ces appareils en forêt. L'accent est mis sur les niveaux de précision à espérer en fonction des conditions d'utilisation.

Le type d'appareil considéré dans ce document est celui des récepteurs de bas de gamme (GPS dits de "randonnée"), dont le prix d'achat varie entre 250 et 500 €. Ce choix délibéré est lié non seulement au coût abordable de cette gamme d'appareils, mais également à sa simplicité de mise en œuvre.

## Le fonctionnement du GPS

### Le dispositif GPS

Le GPS (pour « *Global Positionning System* ») est un système de positionnement capable de localiser en permanence (24 heures sur 24) n'importe quel point à la surface du globe.

Il utilise les signaux émis par une constellation de 24 satellites NAVSTAR du Département américain de la Défense, mis en orbite à environ 20.000 km d'altitude. Ces satellites, qui constituent le *segment spatial* du système, émettent des signaux en continu sur deux fréquences, une étant réservée pour les usages militaires.

Les récepteurs, qui constituent le *segment utilisateur* du système, exploitent les signaux envoyés par les satellites pour calculer une position par triangulation.

Ce calcul est possible dès que le récepteur capte simultanément au moins trois satellites. La position est alors définie par la latitude et la longitude (positionnement en 2 dimensions ou 2-D). La réception d'au moins quatre satellites permet d'estimer en outre l'altitude (positionnement en 3 dimensions ou 3-D).

## Les modes de fonctionnement

Les informations nécessaires au calcul de la position du récepteur concernent la position des différents satellites, ainsi que la distance qui les sépare du récepteur.

La position des satellites ( contenue dans les éphémérides) est transmise dans le code du signal reçu par le récepteur. La distance satellite-récepteur n'est pas directement mesurée, mais dérivée de la mesure du temps mis par les signaux d'un satellite pour parcourir cette distance.

Ce temps peut être calculé de deux manières : en observant la phase de l'onde porteuse ou en mesurant le décalage entre le code du signal émis par le satellite et une réplique de ce code générée par l'horloge interne du récepteur.

La première approche (« mesure de la phase »), beaucoup plus précise, permet d'obtenir un positionnement avec une marge d'erreur de l'ordre du centimètre. Les appareils qui l'utilisent sont les plus coûteux (de l'ordre de 25.000 €).

Cette approche impose cependant une réception continue des signaux. Les difficultés de réception sous couvert forestier (voir plus loin) ne permettent pas, à l'heure actuelle, une utilisation efficiente de ce type de récepteurs en forêt.

La seconde approche (« exploitation du code ») permet d'obtenir, en condition de réception optimale, un positionnement avec une précision de l'ordre de 3 à 5 m<sup>1</sup>.

Les erreurs altérant la précision des mesures proviennent essentiellement d'interférences atmosphériques (troposphère et ionosphère), ainsi que des erreurs d'horloges ou encore d'éphémérides.

Ces erreurs peuvent être en grande partie éliminées en recourant à la *méthode différentielle* (dGPS). Le principe consiste à calculer l'erreur induite par chaque satellite au départ d'un récepteur fixe (appelé station de base) situé sur un point de coordonnées connues.

Les facteurs de correction définis pour les différents satellites peuvent alors être utilisés par le récepteur mobile pour corriger son propre positionnement. Les méthodes différentielles permettent de ramener les erreurs dans une fourchette allant de 1 à 3 m.

<sup>1</sup> Il faut noter que jusqu'au 1<sup>er</sup> mai 2000, une dégradation artificielle de la qualité des signaux (SA pour « Selective Availability ») imposée par les militaires limitait le niveau de précision des récepteurs utilisant le code à une fourchette allant de 30 à 100 m (au lieu de 3 à 5 m actuellement).

Les différentes erreurs variant continuellement, celles-ci doivent être calculées à chaque instant. L'utilisation de cette information par le récepteur mobile peut s'effectuer en temps réel, dès lors qu'un système de communication permet de lui transmettre l'information (transmission radio, GSM, satellite de télécommunication).

Les réseaux hertziens et de téléphonie mobile ne couvrant pas toujours les zones forestières de manière satisfaisante, il peut s'avérer nécessaire d'opter pour une autre solution.

Celle-ci consiste à intégrer les corrections *a posteriori* lorsque les données du récepteur mobile sont rapatriées sur un ordinateur (traitement en « *post-processing* »).

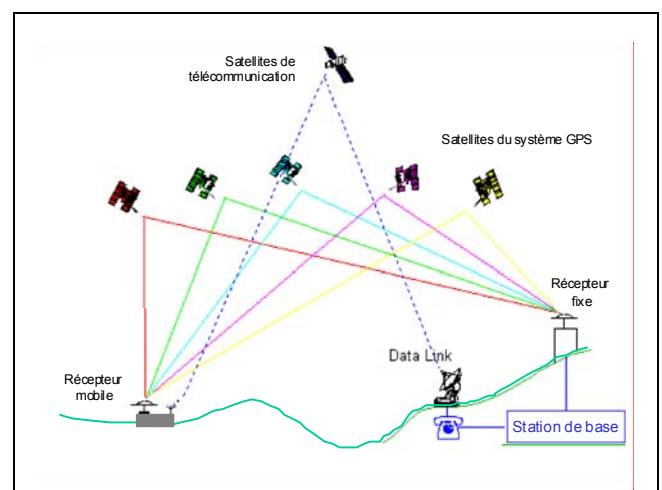


Illustration du principe de fonctionnement de la méthode différentielle (dGPS).

Il est intéressant de noter que la précision du positionnement n'est pas affectée de manière significative par les conditions météorologiques rencontrées à proximité du récepteur (pluie, neige, brouillard, ...).

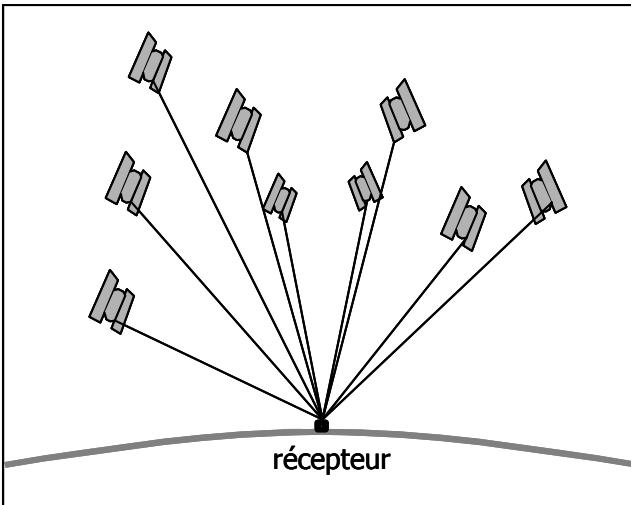
Le tableau ci-dessous présente de manière synthétique le coût (ordre de grandeur), les performances (en conditions optimales), ainsi que le niveau de complexité des trois principaux types de récepteurs GPS.

Type de récepteur	Coût (€)	Précision (m)	Niveau de complexité
GPS (phase)	25.000	1 cm	****
dGPS (Code)	2.500	1 - 3 m	***
GPS (Code)	250	3 - 5 m	*

Comparaison des trois principaux types de récepteurs GPS (précision en conditions optimales d'utilisation).

## Le GPS sous couvert forestier

Lorsque l'utilisateur se situe en condition idéale de réception, il est placé au cœur d'une constellation de 6 à 12 satellites bien répartis (angles entre les directions satellites-récepteur suffisamment ouverts). La redondance d'information reçue permet alors de calculer la position la plus probable avec un niveau de précision de l'ordre de 3 à 5 m.



Réception optimale des signaux en l'absence d'obstacles.

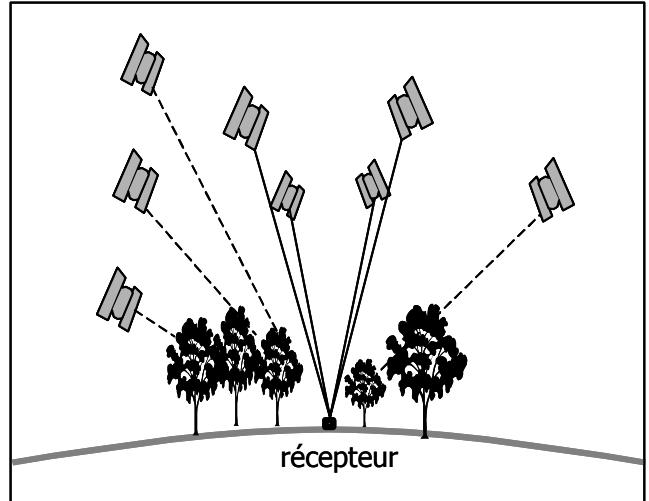
Dans la réalité, des obstacles peuvent entraver la réception correcte des signaux émis par les satellites présents dans le ciel au-dessus de l'observateur.

Deux phénomènes se conjuguent alors pour réduire la précision du positionnement : une diminution du nombre de satellites « visibles », accompagnée le plus souvent par une moins bonne disposition de ces satellites (angles entre les directions satellites-récepteur plus petits).

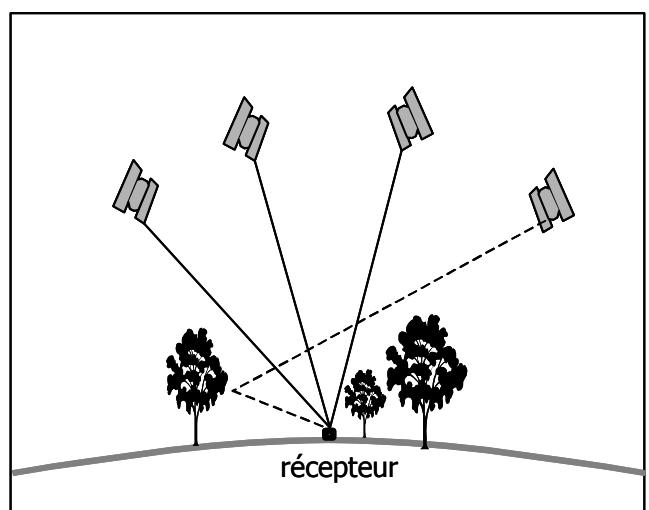
Ce double phénomène est quantifié par le paramètre de *dilution de précision* (« dilution of precision ») caractérisant chaque mesure effectuée par le récepteur.

Un troisième phénomène apparaît très souvent en forêt. Il est constitué des *multi-trajets* (« multipathing ») qui se manifestent lorsque le signal émis par un satellite arrive au récepteur après réflexion sur un obstacle : murs, surfaces vitrées ou métalliques en zone urbaine, troncs d'arbres, branches et feuillage en forêt.

Ces multi-trajets entraînent une surévaluation des distances entre les satellites et le récepteur et donc une dérive des positions. Ce phénomène est d'autant plus important que le nombre de satellites « visibles » est petit.



Réception des signaux en présence d'un couvert forestier : diminution du nombre de satellites visibles et moins bonne répartition de ceux-ci (angles entre les directions satellites-récepteur plus petits).



Réception des signaux en présence d'un couvert forestier : phénomène de multi-trajets (certains signaux arrivent au récepteur après réflexion sur un obstacle).

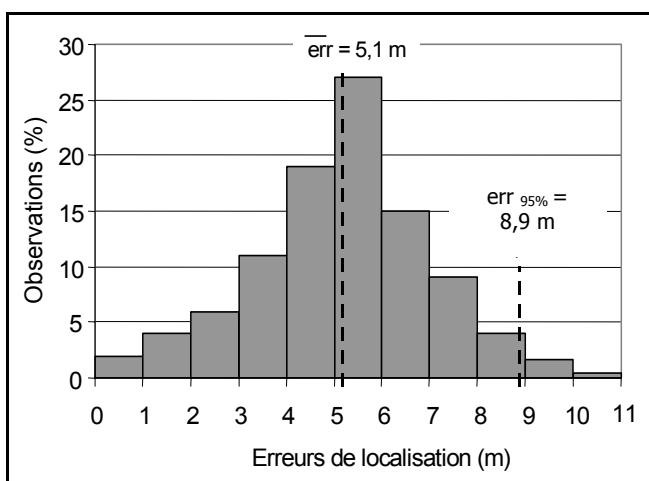
La solution à ce problème se présente généralement sous la forme d'algorithme spécifiques qui filtrent dans une certaine mesure les signaux affectés de multi-trajets. Ces algorithmes ne sont cependant disponibles que sur les récepteurs GPS de milieu et de haut de gamme (prix de l'ordre de 2.500 €).

## La notion de précision

La précision d'un récepteur fait référence à l'écart existant entre la position estimée par ce récepteur, entachée de certaines erreurs et sa position réelle.

Les erreurs variant de manière continue, en fonction principalement des conditions de réception et de la configuration des satellites visibles, la notion de précision doit être considérée sur un plan statistique.

L'erreur moyenne ne présente pas de réel intérêt. Elle mérite d'être remplacée par l'*erreur à craindre* pour un niveau de confiance x donné. Ce niveau d'erreur est censé ne pas être dépassé dans x % des cas (x est généralement fixé à 95 %).



L'*erreur à craindre* (pour un niveau de confiance de 95 %) n'est dépassée que dans 5 % des cas. Cette erreur est supérieure à l'*erreur moyenne*.

L'encadré présenté ci-dessous fait la synthèse d'essais de précision réalisés à l'aide d'un GPS de marque GARMIN modèle 12XL (récepteur « bas de gamme ») utilisé en mode standard (sans correction différentielle).

On note qu'en présence d'un couvert forestier, l'*erreur à craindre* peut atteindre 75 m, alors qu'elle n'est que de 3 à 15 m en l'absence de ce couvert (mises à blanc ou jeunes plantations), pour autant que le récepteur soit suffisamment éloigné d'une lisière (25 à 30 m).

### L'évolution du nombre de satellites au cours de la journée

Lorsqu'un récepteur doit être utilisé en présence d'un couvert forestier, il peut être intéressant de choisir le moment de la journée où le nombre de satellites « visibles » est maximum, augmentant ainsi les chances d'obtenir un positionnement aussi précis que possible.

## Quelle précision espérer d'un GPS utilisé en mode standard sous couvert forestier ?

Des essais, réalisés sous différents types de couverts forestiers (mises à blanc, jeunes plantations, pessières de différents âges, hêtraies, taillis sous futaie) ont permis d'évaluer l'influence de ce couvert sur la précision du positionnement et de la navigation réalisés à l'aide d'un GPS de type GARMIN 12XL utilisé en mode simple (sans correction différentielle).

Les niveaux d'erreurs qui sont cités dans ces résultats correspondent à des erreurs à craindre pour un niveau de confiance de 95 %.

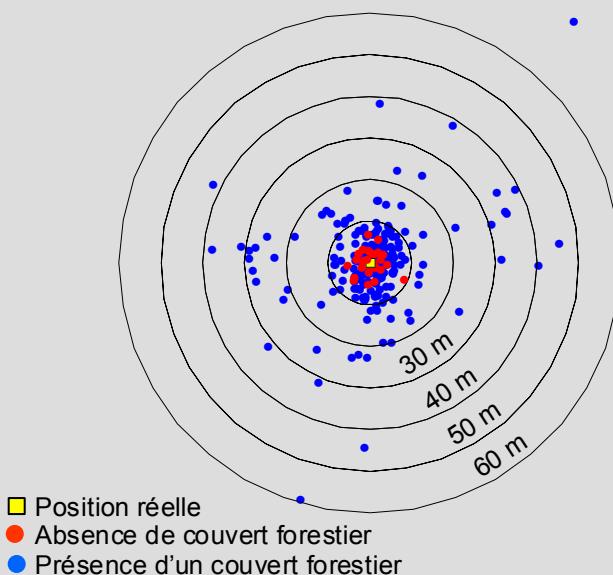
### Precision du positionnement

Les erreurs de positionnement varient de 3 à 15 m en terrain découvert, pour autant que l'on soit suffisamment éloigné d'une lisière (de 20 à 30 m).

Les erreurs observées en bordure de trouées ou sous le couvert des peuplements varient de 5 à 20 m lorsque la disposition et le nombre des satellites sont optimaux. Ces erreurs peuvent atteindre 75 m sous couvert forestier lorsque les satellites potentiellement visibles sont moins nombreux et leur disposition moins favorable.

### Precision de la navigation

La fonction de navigation du récepteur GPS permet de s'approcher de la cible avec une marge d'erreur de l'ordre de 10 à 15 m en l'absence de couvert forestier. Les erreurs de navigation peuvent atteindre 35 à 50 m en présence d'un couvert forestier.

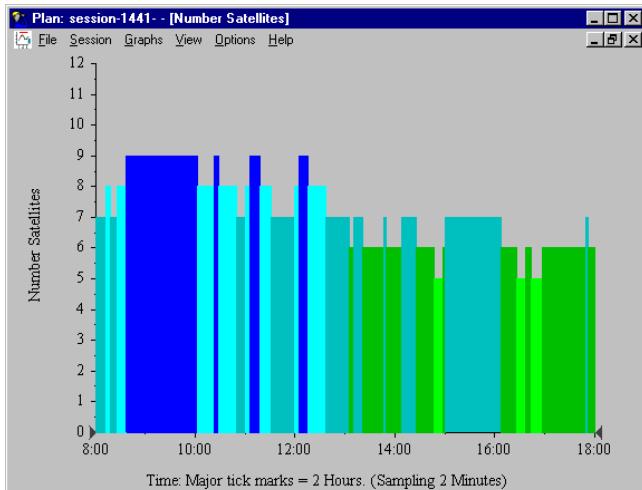


Influence du couvert forestier sur l'importance des erreurs observées lors d'un positionnement (conditions de réception favorables).

La position des satellites peut être connue à l'avance en exploitant les épéhmérides décrivant la trajectoire des satellites.

Il est donc possible de définir, pour un endroit et une date donnés, le nombre et la disposition des satellites qui seront « visibles » depuis cet endroit, en faisant l'hypothèse d'un stationnement en zone dégagée.

Cette information peut être précisée en fonction de l'heure et donne ainsi la possibilité de planifier les campagnes de mesures aux moments les plus opportuns.



Evolution du nombre de satellites visibles entre 8h00 et 16h00 pour une date et un endroit donnés (graphique produit par le logiciel Quickplan.exe<sup>2</sup> ).

## Le matériel GPS

### Le récepteur GARMIN 12XL

Le récepteur GPS considéré dans ce document est le modèle 12XL de la marque GARMIN. Il est constitué d'un boîtier étanche d'environ 15 cm x 5 cm x 3,5 cm pour un poids de 270 g dans lequel est incorporée l'antenne de réception.

Ce type de récepteur exploite l'information contenue dans le code du signal. Il est capable de recevoir simultanément les signaux provenant de 12 satellites.

Contrairement à d'autres récepteurs, le GARMIN 12XL ne permet pas le paramétrage de certaines caractéristiques du récepteur, concernant notamment le filtrage des signaux. De même, le traitement

différentiel des positions en « postprocessing » n'est pas possible avec ce type de récepteur.

Par contre, il peut fonctionner selon le mode différentiel (dGPS) en temps réel, moyennant la connexion à un périphérique capable de recevoir le signal contenant ces corrections.



Le récepteur GARMIN 12XL.

L'alimentation électrique est assurée par 4 piles 1,5 V de type AA, garantissant une durée de fonctionnement d'environ 12 heures. Des batteries rechargeables peuvent également être utilisées, l'autonomie de ces dernières étant nettement moindre (3 à 4 heures).

Le récepteur est équipé d'une sortie permettant de le raccorder à une antenne extérieure. Celle-ci peut être montée sur un mât télescopique ou placée sur le toit d'un véhicule, ce qui permet d'accroître la qualité de réception et donc de diminuer la dilution de précision.

Une autre sortie permet de raccorder soit un câble de transfert de données entre le GPS et un ordinateur soit un câble d'alimentation électrique (12 volts en courant continu).

### La manipulation du GARMIN 12XL

Le GARMIN 12XL est doté d'un écran à cristaux liquides et d'un clavier constitué de 10 touches.

Dès la mise sous tension de l'appareil (bouton ), les boutons et permettent d'accéder de manière séquentielle aux cinq pages principales utilisées par le Garmin 12XL.

<sup>2</sup> Le logiciel Quickplan.exe est un produit freeware de la firme Trimble qui peut être téléchargé au départ de l'adresse : <http://www.trimble.com/support/files/qp.htm>

### La page « satellites »

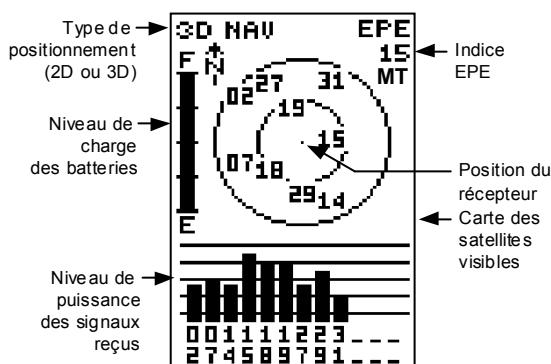
La page « satellites » montre la position des satellites « captables » par le récepteur, chacun de ceux-ci étant représenté par son numéro d'identification. Deux cercles centrés sur un point représentant la position du récepteur renseignent sur l'élevation des satellites dans le ciel par rapport à cette position : 45° pour le cercle intérieur, 15° pour le cercle extérieur. Un ensemble de bâtonnets précise le niveau de puissance des signaux reçus de chaque satellite.

Sur cette page sont également affichés le type de positionnement possible (2-D ou 3-D), un indice reflétant l'importance de la dilution de précision (indice EPE, pour *Erreur de Position Estimée*), ainsi que le niveau de charge des batteries.

L'indice EPE, exprimé en m, donne une idée de l'importance de l'erreur globale qui pèse sur la position estimée par le récepteur.

Cette valeur combine à la fois la géométrie de position des satellites (DOP) et la qualité de réception des signaux. On peut considérer qu'elle correspond à une erreur à craindre pour un niveau de confiance de 60 %.

Une estimation grossière de l'erreur à craindre pour un niveau de confiance de 95% est obtenue en multipliant l'indice EPE par un facteur 2.



Page "satellites" du récepteur GARMIN 12XL.

### La page « position »

La page « position » indique la position du récepteur exprimée en coordonnées géographiques (latitude et longitude) complétées éventuellement de l'altitude.

Le récepteur actualise sa position toutes les secondes.

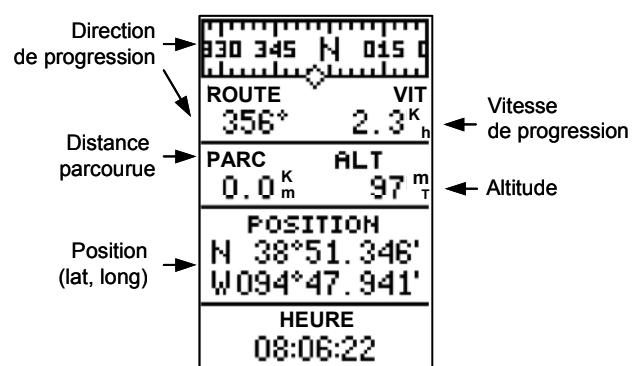
L'heure, ainsi que la direction et la vitesse de déplacement sont également présentes sur cette

page. Ces deux dernières informations n'ont de sens que lorsque le récepteur est en mouvement.

La page « position » est affichée quand le GPS a terminé sa *phase d'acquisition*, initiée lors de la mise sous tension de l'appareil. Pendant celle-ci sont effectués les tests et calculs préalables au positionnement proprement dit.

La durée de la phase d'acquisition est d'autant plus longue que les conditions de réception sont mauvaises et que le récepteur n'a plus été utilisé depuis un temps important.

Il est toujours préférable de réaliser la phase d'acquisition en zone découverte.

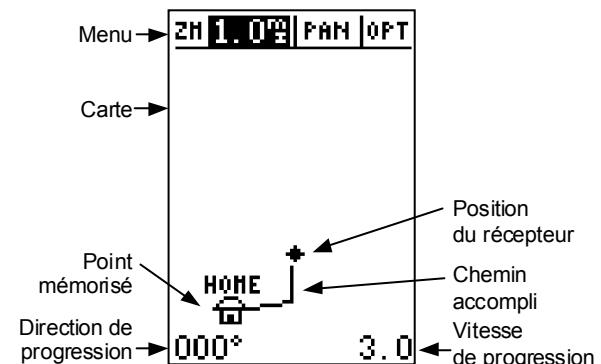


Page "position" du récepteur GARMIN 12XL.

### La page "carte"

Elle permet de visualiser de manière graphique à la fois la position du récepteur et la trace correspondante au déplacement accompli. Les positions mises en mémoire (« waypoints ») apparaissent également sur cette carte.

Différentes options graphiques (zoom, pan, ...) sont accessibles via un menu situé en haut de la page.



Page "carte" du récepteur GARMIN 12XL.

## **La page « navigation »**

La page « navigation » a pour fonction d'orienter l'utilisateur vers un point dont la position a été préalablement mise en mémoire (« waypoint »).

L'utilisation de cette page est expliquée dans le paragraphe consacré aux fonctionnalités du GPS (fonction de navigation).

## **La page « menu »**

La page « menu » donne accès aux options de réglage du récepteur (unités de mesures, langage, affichage, transfert,...), ainsi qu'aux fonctions de gestion de mémorisation de points de stationnement (« waypoints »).

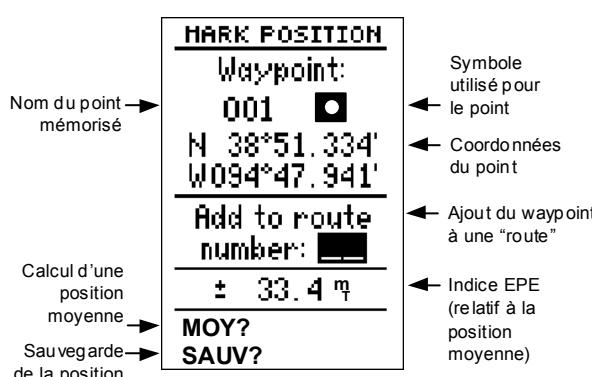
## **Les fonctionnalités du GARMIN 12XL**

Outre le positionnement qui est opéré automatiquement et en continu dès que la phase d'acquisition est terminée, deux fonctionnalités principales sont à considérer au niveau du GARMIN 12XL : la mise en mémoire de positions particulières (« waypoints ») et la navigation vers ces mêmes « waypoints ».

### **Mémorisation de «waypoints»**

Le GARMIN 12XL permet de mémoriser jusqu'à 500 « waypoints ».

La page de mémorisation des «waypoints» est accessible à l'aide de la touche **MARK** du clavier.



Page de mise en mémoire d'un «waypoint».

La position des «waypoints» peut être définie de deux manières : instantanément ou en calculant une moyenne sur une période donnée.

### **1<sup>o</sup> Position instantanée**

Lors de l'affichage de la page « Mark Position », l'option « SAUV? » est mise automatiquement en surbrillance, permettant de sauvegarder la position avec la touche **ENTER**. La position mémorisée est celle calculée par le récepteur au moment où la touche **ENTER** est pressée.

### **2<sup>o</sup> Position moyenne**

En déplaçant la surbrillance sur l'option « MOY ? » (à l'aide de la touche **▼**), puis en activant cette option avec la touche **ENTER**, le récepteur va calculer une position moyenne.

Celle moyenne porte sur l'ensemble des positions instantanées calculées durant la période de stationnement (une position par seconde).

Le calcul de la position moyenne prend fin en appuyant une nouvelle fois sur la touche **ENTER**. La position est alors mémorisée.

Cette option permet d'augmenter quelque peu la précision de la position du « waypoint », dans la mesure où les erreurs commises sur chaque position instantanée tendent à se compenser.

Parallèlement à la définition de la position d'un «waypoint», l'utilisateur a la possibilité de préciser le nom du «waypoint», ainsi qu'un symbole de représentation. Par défaut le système baptise les «waypoints» avec des numéros qui s'incrémentent automatiquement. Les symboles sont choisis parmi une liste prédéfinie.

Les « waypoints » peuvent être affichés sur la page « carte » en utilisant leur symbole et/ou leur nom.

Lorsque le GPS est utilisé pour la randonnée, des points mémorisés peuvent être regroupés pour former une « route ». Une rubrique est prévue dans la page de création de «waypoint» permettant de rattacher un nouveau point à une « route » existante.

### **Navigation vers un «waypoint»**

La navigation est, avec le positionnement, la fonction principale d'un GPS. Celle-ci consiste à renseigner l'utilisateur sur la direction à suivre pour atteindre un endroit donné.

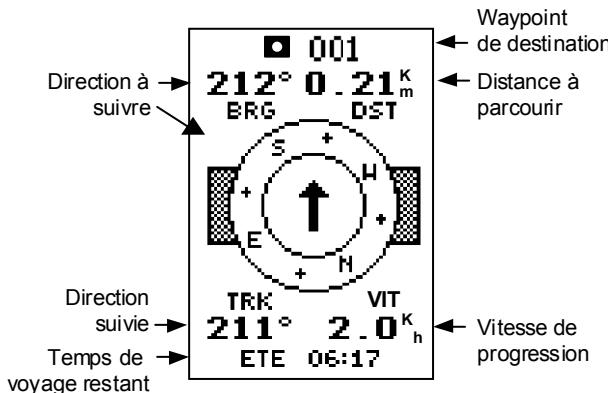
L'accès à la fonction de navigation s'effectue à l'aide de la touche **GOTO** du clavier.

La première étape consiste à identifier parmi la liste des «waypoints», celui vers lequel doit être réalisée la

navigation. Cette opération s'effectue avec les touches **▼** et **▲**. Le « waypoint » sélectionné est alors validé avec la touche **ENTER** et la navigation proprement dite peut commencer.

Celle-ci consiste essentiellement à indiquer la direction à suivre pour atteindre la destination souhaitée. La page de navigation contient une flèche directionnelle orientée vers le point recherché.

D'autres informations complètent cette indication de la direction à suivre : la distance restant à parcourir, la vitesse de progression, le temps de voyage restant, ainsi que la direction à suivre et la direction effectivement suivie.



Page de navigation du récepteur GARMIN 12XL.

La fonction de navigation ne fonctionne de manière correcte que lorsque le récepteur est en mouvement. La détermination de la direction suivie découle en effet de la comparaison de positions successives. Si le récepteur reste immobile, la direction à suivre ne peut plus être calculée de manière pertinente.

Lorsque la distance restante devient très faible (quelques dizaines de mètres), la direction à suivre peut varier de manière anormale. Cela s'explique par le fait que la distance restant à parcourir est, à ce moment, du même ordre de grandeur que les erreurs de positionnement du récepteur.

Dans tous les cas, il faut interpréter le comportement de la flèche figurant sur cette page avec discernement. Celle-ci réagit en effet avec une certaine inertie.

Lors d'un déplacement utilisant la fonction de navigation, on évitera de modifier la trajectoire suivie dès que la direction indiquée par cette flèche change. Il est préférable de poursuivre son déplacement de manière rectiligne, en attendant une dérive de la flèche plus prononcée. En outre, le navigateur

exploitera prioritairement l'information relative à la distance restant à parcourir.

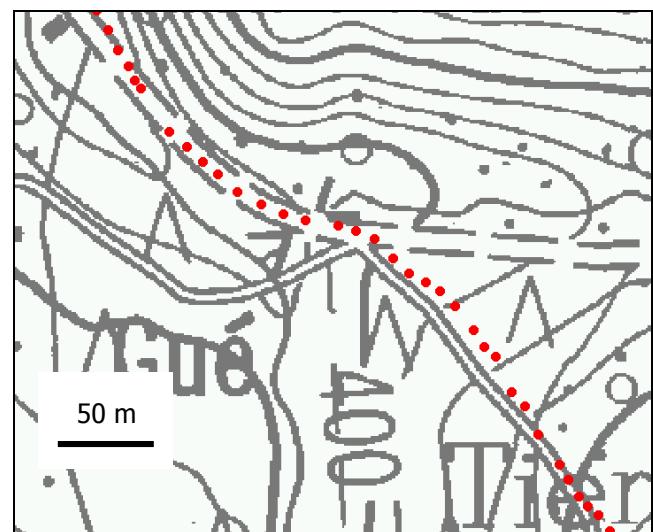
### Mode « trace »

Il est possible, au départ de la page « carte », de mémoriser la position du récepteur de manière continue, en considérant un intervalle de temps constant entre chaque point mémorisé (par exemple toute les 5 secondes). Il s'agit du mode « trace ».

Cette fonction peut être utilisée, par exemple, pour enregistrer le tracé de chemins, le récepteur étant embarqué dans un véhicule.

Le GARMIN 12XL peut mémoriser jusqu'à 1024 points en mode trace.

La figure ci-dessous montre l'exemple d'une carte où est retranscrite une trace enregistrée en parcourant un chemin forestier.



Transcription d'une "trace" sur un fond cartographique : les points rouges représentent des localisations mémorisées toutes les 5 secondes le long du chemin représenté sur la carte (extrait de la planchette IGN 59-4).

### Transfert GPS - PC

Le transfert de données entre le récepteur GPS et un ordinateur de type PC s'effectue à l'aide d'un câble et d'un logiciel de pilotage. Ce transfert concerne le plus souvent le déchargement de « waypoints » ou de « traces » depuis le GPS vers le PC.

Cependant, dans certains cas, il peut être intéressant de charger des points dans le récepteur, afin de les utiliser avec la fonction de navigation. La gestion de ces points s'effectue généralement à l'aide d'un logiciel de cartographie.

Le logiciel Garfile.exe<sup>3</sup> permet de piloter les transferts entre les récepteurs GPS de marque GARMIN et un PC. Il utilise le format d'échange de données *MIF* du logiciel MapInfo.

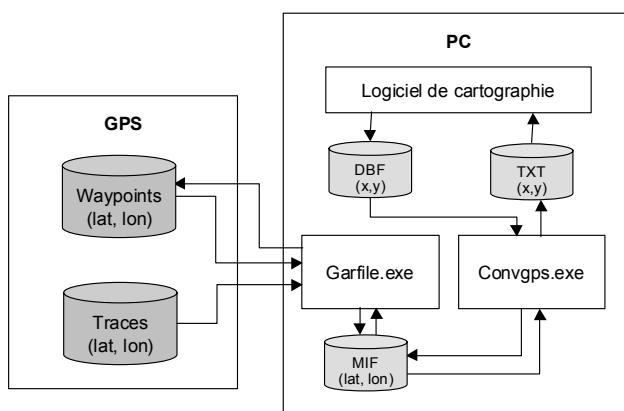
### Systèmes de coordonnées

Par défaut, les positions affichées ou mémorisées par le récepteur GPS sont exprimées sous forme de coordonnées géographiques (latitude, longitude) en utilisant le référentiel universel WGS84 (« *World Geodetic System 1984* »).

Le GARMIN 12XL offre la possibilité de traduire ces coordonnées géographiques selon une liste très complète de systèmes de projection utilisés dans le monde entier. Malheureusement le système de projection Lambert 72 développé par l'Institut Géographique National de Belgique (IGN) n'est pas disponible dans cette liste.

Pour pouvoir exploiter les informations collectées à l'aide du GPS dans un logiciel de cartographie, il est souhaitable de convertir les coordonnées géographiques produites par le GPS en coordonnées Lambert 72.

Le programme Convgps.exe<sup>4</sup> permet de réaliser cette conversion au départ des fichiers de données transférés depuis le GPS à l'aide du programme Garfile.exe (voir paragraphe précédent). Le cheminement inverse est également possible, dans la mesure où le programme Convgps.exe peut produire un fichier *MIF* (transférable dans le GPS à l'aide de Garfile.exe) au départ d'une table de données présente dans un fichier *DBF* (format *dBase*).



*Modalités de transfert des données entre le GPS et un logiciel de cartographie installé sur PC (types de coordonnées : (lat, lon) = géographiques, (x,y) = rectangulaires; format des fichiers : DBF = dBase, TXT = texte, MIF = MapInfo).*

## Conclusions

Il existe plusieurs types de récepteurs GPS, offrant des niveaux de précision très différents (marge d'erreur allant de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres), mais dont le prix (de 250 € à plus de 25.000 €) et la complexité de manipulation sont généralement en rapport avec cette précision.

La gamme de récepteurs visée dans cette présentation est celle des GPS « bas de gamme » (GPS de « de randonnée »), dont le prix d'achat est de l'ordre de 250 à 500 €.

Ces récepteurs sont le plus souvent utilisés en mode standard (sans correction différentielle) et offrent des niveaux de précision variant de 3 à 15 m en terrain découvert, jusque 20 m en présence d'un couvert forestier, pour autant que la configuration des satellites visibles soit favorable. Dans le cas contraire, l'erreur peut atteindre 75 m.

	Conditions de réception	
	Favorables (EPE ≤ 5)	Défavorables (EPE > 5)
Zones ouvertes	3 - 5 m	5 - 15 m
Zones sous couvert	5 - 20 m	20 - 75 m

*Erreur à craindre (niveau de confiance de 95 %) sur le positionnement (horizontal) à l'aide d'un récepteur GARMIN 12XL, en fonction de la présence d'un couvert forestier et de la qualité des signaux reçus (exprimée au travers de l'indice EPE).*

La précision obtenue conditionne largement les possibilités d'utilisation de tels récepteurs.

En matière de cartographie de peuplements forestiers, il est conseillé de limiter leur emploi pour le positionnement de points de référence en zone ouverte, à une distance suffisante de la lisière la plus proche (25 à 30 m).

La localisation d'autres objets (arbres remarquables, lots de bois, miradors, points de nourrissage, sentiers, ...), pouvant s'accommoder d'une marge d'erreur plus importante, est réalisable très facilement à l'aide d'un GPS « bas de gamme », même en présence d'un couvert forestier.

Cette mesure suppose cependant que le nombre de satellites « visibles » soit suffisant et que la disposition de ces satellites soit favorable.

A ce sujet, le choix du moment de la journée le plus propice est un facteur important de réussite d'une mission de collecte de données par GPS.

<sup>3</sup> Le logiciel Garfile.exe est un freeware disponible à l'adresse internet : [www.icsinger.de/freeware.htm](http://www.icsinger.de/freeware.htm).

<sup>4</sup> Le programme Convgps.exe est disponible gratuitement sur simple demande à l'adresse e-mail [lejeune.p@fsagx.ac.be](mailto:lejeune.p@fsagx.ac.be).

Il existe des logiciels simples à utiliser qui aident à réaliser cette planification.

L'intégration du récepteur GPS dans une filière informatique, aboutissant à un logiciel de cartographie suppose de transférer les données sur un ordinateur et de convertir les coordonnées géographiques fournies par le GPS en coordonnées rectangulaires (système de projection Lambert 72 de l'IGN belge).

Cette manipulation des données peut être prise en charge par des logiciels utilitaires dont deux exemples sont présentés (Garfile.exe et Convgps.exe).

## Références utiles

### Sites internet

[sic.epfl.ch//SA/publications/FI98/fi-5-98/5-98-page1.html](http://sic.epfl.ch//SA/publications/FI98/fi-5-98/5-98-page1.html)

[www.garmin.com](http://www.garmin.com)

[www.mercat.com/](http://www.mercat.com/)

### Livres, publications

BOTTON S., DUQUENNE F., EGELES Y., EVEN M., WILLIS P. [1998]. *GPS, localisation et navigation*. Paris : Edition Hermès, 159 p.

CORREIA P. [1999]. *Guide pratique du GPS*. Paris : Editions Eyrolles , 200 p.

DARCHE MH., FORGUES I. [1998]. *Modes de positionnement par GPS : introduction et application en foresterie. Fiche technique FT-277*. Institut Canadien de Recherche en Génie forestier (FERIC), 12p.

## Lexique

**Coordonnées géographiques** : Localisation d'un point à la surface du globe terrestre exprimée sous la forme d'une latitude et d'une longitude.

**Coordonnées rectangulaires** : Localisation d'un point dans un plan exprimée sous la forme d'une abscisse et d'une ordonnée. Les logiciels de cartographie utilisent le plus souvent un système de coordonnées rectangulaires pour positionner les objets.

**dGPS (GPS différentiel)** : Variante du système de positionnement par GPS utilisant deux récepteurs. Un récepteur fixe (station de base) placé à un endroit dont la position est connue avec précision et un récepteur mobile. Le récepteur fixe permet de calculer les erreurs de positionnement qui sont transmises au récepteur mobile.

**Dilution de précision (DOP)** : Dans le système GPS, coefficient lié à la qualité du positionnement

géométrique des satellites reçus et par voie de conséquence à la qualité du positionnement. Une DOP faible correspond à un bon positionnement.

**Ephémérides** : Informations permettant de calculer la position des satellites constituant le segment spatial du système GPS.

**Erreur estimée de positionnement (EPE)** : Indice utilisé dans les récepteurs GPS de type GARMIN pour exprimer la qualité globale du positionnement. Il intègre la dilution de précision ainsi que le niveau de réception des signaux.

**GPS (Global Positionning System)** : Système universel de positionnement et de navigation fonctionnant au départ d'un segment spatial composé de 24 satellites et d'un segment utilisateur constitué de récepteurs qui sont placés sur les points à localiser.

**Lambert 72** : Système de projection utilisé par L'Institut Géographique National belge, pour la définition des coordonnées cartésiennes des cartes géographiques utilisées en Belgique. Il s'agit d'un système de type conique conforme, c'est-à-dire qu'il conserve les formes et altère légèrement les longueurs et les angles.

**Localisation** : Définition de la position d'un objet par rapport à la surface du globe. Celle-ci peut être exprimée en coordonnées géographiques (latitude, longitude) ou en coordonnées rectangulaires après projection selon un système prédéterminé.

**SA (Selective Availability)** : Dégradation volontaire du code émis par les satellites GPS entraînant une limitation de la précision du positionnement d'un récepteur. Cette dégradation est suspendue depuis le 1<sup>er</sup> mai 2000.

**SPS (Standard positionning system)** : Positionnement par GPS utilisant la mesure sur le code à l'aide d'un seul récepteur (par opposition à la méthode différentielle dGPS).

**Trace** : Mode de fonctionnement d'un récepteur GPS consistant à mémoriser la position du récepteur de manière continue, en considérant un intervalle de temps constant entre chaque point mémorisé.

**Waypoint** : Point dont la position est mise en mémoire dans un récepteur GPS.

**WGS84 (World Geodetic System 1984)** : Référentiel géographique universel utilisé pour exprimer la position d'un récepteur GPS.

## Remerciements

Nous tenons à remercier les personnes qui, par leur conseils et suggestions, ont permis d'améliorer le contenu et la présentation de ce document : M.L. BOURGEOIS, N. BOURLAND, M. CUVELIER, M. EVRARD, B. LAMBERT, D. PAUWELS et J. RONDEUX.