

FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**

COMPARAISON DE DIFFÉRENTS MODÈLES DE GPS POUR UNE UTILISATION EN MILIEU BOISÉ

COZMIN LUCAU

Unité des Eaux et Forêts, UCL



© FW

À la demande de la Division de la Nature et des Forêts de la Région wallonne une étude comparative sur les différents modèles de GPS disponibles sur le marché a été réalisée. Cette étude devait permettre à cette administration de porter son choix de manière objective sur l'un ou l'autre modèle.

Pour se faire, une série de critères d'analyse ont été déterminés et des coefficients attribués à chacun d'entre eux pour aboutir à un classement et à la possibilité de réaliser un choix de manière objective.

Les préoccupations de la DNF n'étant pas celles d'un autre gestionnaire, il eut été sans intérêt de présenter ici les « meilleurs appareils » sans détailler les scores obtenus par chacun d'entre eux pour les différents critères analysés. C'est pourquoi nous proposons dans cet article l'ensemble des valeurs brutes obtenues pour chacun des appareils testés ; chacun jugera des cri-

ères les plus importants à considérer pour établir son propre classement et, finalement, orienter son choix.

LES CRITÈRES D'ANALYSE

Les principaux critères pris en considération lors de l'analyse des différents modèles de GPS sont les suivants :

- ◆ **La réception du signal GPS sous couvert forestier.** Cela constitue évidemment la préoccupation première de l'utilisateur qui compte utiliser son GPS en forêt. Les caractéristiques qui vont influencer ce critère sont principalement la qualité de l'antenne et la possibilité de réaliser des mesures sur le code.
- ◆ **La précision des mesures.** Nous l'avons signalé dans l'article introductif, le travail sous couvert forestier induit des imprécisions supplémentaires (trajets multiples, etc.). Les récepteurs ne réagissent pas tous de la même manière. Certains construc-

teurs ont été les premiers surpris du manque de performance sous couvert forestier de leurs appareils par ailleurs très performants en terrain découvert.

La précision attendue sera dépendante des travaux que l'on entend réaliser. Ainsi la mesure de surface nécessite moins de précision étant donné que les erreurs de positionnement des différents points se compensent.

- ◆ **La fiabilité de l'équipement (informations, mémoire disponible, possibilité de faire des mesures sur le code et la phase, conditions d'utilisation, autonomie).** Ce critère exprime les potentialités d'utilisation de l'appareil, son évolutivité. Pour un usage forestier, une certaine robustesse est requise ainsi qu'une bonne résistance à l'eau. La mémoire peut jouer lorsque l'on doit prendre de nombreuses mesures avant de pouvoir les transférer dans l'ordinateur. Pour de nombreux modèles, la mémoire est extensible.

- ◆ **La rapidité d'initialisation de l'appareil et d'exécution des navigations.** La rapidité d'initialisation est le laps de temps mis par le GPS pour se connecter aux satellites. Si celle-ci n'a que peu d'importance en mesure statique, elle peut accélérer nettement les mesures cynématiques. En se déplaçant sous le couvert forestier, il n'est en effet pas rare que le récepteur « perde » à plusieurs reprises les satellites et qu'il soit à chaque fois obligé de se réinitialiser.

- ◆ **La facilité d'usage de l'appareil tant du point de vue de son ergonomie, que de la convivialité de sa paramétrisation (poids, ergonomie, projection Lambert, dictionnaire, documentation en français, fond d'écran IGN).** Quelques petits « plus » peuvent augmenter le confort de travail général ou répondre à des attentes de tâches bien précises : ainsi, certains récepteurs possèdent un clavier alphanumérique plus étendu ou permettent d'afficher sur écran la carte IGN. L'opérateur suit ainsi son évolution sur celle-ci. Enfin, pour une utilisation du GPS pour l'orientation et la randonnée, il faudra s'assurer que

celui-ci travaille bien en coordonnées Lambert, système utilisé en Belgique.

◆ **La performance et l'intégration des solutions envisagées pour positionner les points non mesurables directement.** Pour mesurer la position de points que l'on ne peut atteindre ou qui sont situés sous couvert limitant la réception des signaux, il est possible d'ajouter des périphériques de mesurage laser. L'opérateur vise le point en question et le récepteur fait automatiquement les corrections sur le positionnement.

◆ **L'intégration opérationnelle du système de positionnement avec les outils géomatiques utilisés actuellement par la DNF (STAR).** Il était nécessaire dans le cadre de cette étude, réservée à la DNF, que le matériel sélectionné soit compatible avec les logiciels de cartographie utilisés par cette administration.

◆ **La compatibilité avec les infrastructures existantes au niveau régional (stations de base de l'ORB, UCL, MET).** Pour la réalisation de correction *a posteriori*, il est nécessaire que l'émetteur soit compatible avec les sources d'informations présentes sur le territoire.

◆ **Le rapport prix/performances.**

LE CHOIX DU SITE

Le site choisi pour les tests est situé dans la région de Vecmont. Le choix s'est porté sur cette zone afin d'être dans des conditions équivalentes à celles du travail des forestiers de la DNF ; on y retrouve des conditions représentatives de divers types de peuplement, de topographie et d'accessibilité.

Les mesures sont réalisées dans trois situations différentes :

- ✗ une parcelle de hêtre d'environ 120 ans sans effet de pente : conditions « favorables » pour des mesures GPS en forêt ;
- ✗ une parcelle d'épicéa en pente forte : conditions difficiles du point de vue couverture et topographie ;
- ✗ une parcelle dense de hêtre dans un fond de vallée : conditions très difficiles.

TYPES DE MESURES ET MODÈLES TESTÉS

Mesures testées

4 types de mesures ont été testées. Pour chacune d'elles, le récepteur a été calibré sur une fréquence d'enregistrement de 1 mesure/sec. :

- ✗ **Navigation** : la position de 3 objets différents a été mesurée à l'avance (une borne pédologique, un arbre et une souche). Le temps maximum prévu pour la navigation est de 10 minutes (en sachant que la distance de départ est d'environ 50 mètres).
- ✗ **Mesures statiques sur des points en forêt** : 2 points par station distants de 10 mètres au sol. Les conditions de mesure sont les suivantes : maximum 5 minutes de stationnement (initialisation incluse) et 3 répétitions de 5 minutes. Le point situé dans le fond de vallée doit permettre de tester la réception du signal.
- ✗ **Mesures cinématiques en forêt** entre deux points distants de 50 mètres : les mesures sont effectuées pendant le trajet effectué sans pause de la part de l'opérateur.
- ✗ **Mesures statiques sur une borne géodésique** située hors forêt afin de tester la précision absolue en conditions normales : 1 minute de stationnement.

La méthode de travail est laissée au libre choix de chaque représentant des sociétés concernées (GPS en absolu, dGPS temps réel ou post-traitement).

Modèles testés

Onze sociétés ont été invitées à participer au test et 5 réponses ont été reçues

(tableau 1). Le choix de la période de la journée a permis d'offrir à chaque société les mêmes conditions de test que les autres : nombre identique de satellites et positions équivalentes de ceux-ci par rapport à l'horizon.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les tests, organisés pour étudier la possibilité de levés cartographiques en milieu forestier, ont bénéficié d'une participation très large des marques de système GPS. L'évaluation des différents modes de travail a été possible.

La position des points de référence en forêt a été établie d'avance avec un système dGPS. Pour chaque point une moyenne issue de 30 minutes d'enregistrements a été calculée.

Les systèmes GPS « géodésiques » n'ont pas été testés sur la borne géodésique pour 2 raisons :

- ◆ une station de base propre a été installée sur la borne ;
- ◆ la précision « centimétrique » annoncée est largement suffisante pour le barème établi (< 1 mètre).

Les résultats se trouvent dans le tableau 2

Mode de travail

Les résultats obtenus confirment que le mode de travail le mieux adapté pour des mesures en forêt est le dGPS en post-traitement, du triple point de vue de la précision, du temps de prise de mesures et du coût de mise en œuvre. Le dGPS en temps réel pose deux problèmes :

TABLEAU 1 – MARQUES ET MODÈLES DES RÉCEPTEURS GPS TESTÉS

Marques	Sociétés	Modèles
GARMIN	FORMAR ELECTRONICS N.V. S.A. (Belgique)	• E-MAP • 12 MAP (GARMIN) • III+
TRIMBLE	GEOMETIUS (Hollande)	• GEOEXPLORER 3 • PROXR (TRIMBLE)
LEICA	VAN HOPPLYNUS INSTRUMENTS S.A. (Belgique)	• SR 530 • GS 50* (LEICA)
SCORPIO	DSNP NEDERLAND B.V. [ASICON bvba (Belgique)]	• 6002 SK/MK DSNP (SCORPIO)
TOPCON-JAVAD	TOPCON Belgium	• LEGANCY E (TOPCON – JAVAD, GPS + GLONASS)

TABLEAU 2 – RÉSULTATS DES TESTS

Critères		Récepteurs GPS							
		GARMIN		TRIMBLE		TOPCON-JAVAD	DSNP	LEICA	
		E-MAP	12 MAP	GEO EXPLORER III	PROXR	LEGANCY E	SCORPIO	SR 530	GS50
Mode différentiel sur code	en temps réel	RDS*	RDS	AM	AM	FM*, RDS*, GSM*	FM, RDS*, GSM	FM, RDS*, GSM	RDS
	en post traitement	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Mode différentiel sur phase	en temps réel	non	non	non	non	oui*	oui*	oui*	non
	en post traitement	non	non	oui*	oui*	oui	oui*	oui*	non
Réception du signal (%)	conditions « favorables »	> 80 %	> 80 %	> 80 %	> 80 %	50-80 %	> 80 %	> 80 %	> 80 %
	conditions moyennes	> 80 %	50-80 %	> 80 %	> 80 %	50-80 %	50-80 %	> 80 %	50-80 %
	conditions difficiles	> 80 %	50-80 %	> 80 %	> 80 %	50-80 %	50-80 %	> 80 %	50-80 %
Précision de mesures en forêt (2D) (en mètres)		2,5	4,9	9,4	2,1	9,1	6,9	1,6	3,9
Précision de mesures sur la borne géodésique (2D) (en mètres) ¹		3,3	0,3	1,0	0,7	-	-	-	-
Qualité et accessibilité des informations sur le terminal ²		1	1	2	2	2	2	2	2
Possibilité de prévision de la configuration des satellites		oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Espace disponible pour le stockage des données sur le terminal (en kb) ³		200-500	200-500	1 000	2 000	> 1 000	> 1 000	> 1 000	> 1 000
Conditions d'utilisation ⁴ (température, humidité, chocs)		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Rapidité d'initialisation (en secondes)		< 30	> 30	< 30	< 30	> 30	> 30	< 30	> 30
Durée de navigation (en minutes)		6,5	6,2	3	2,5	-	7,5	9	-
Poids (batteries comprises) (en kilos)		< 0,5	< 0,5	0,6	1-3	2-5	2-5	2-5	1-3
Ergonomie et richesse fonctionnelle ⁵		1	1	1	2	2	1	2	2
Documentation en français		oui	oui	non	non	non	non	oui	oui
Système de coordonnées Lambert 72 sur le terminal		non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Possibilité de dictionnaire spécifique pour les besoins de cartographie forestière		oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Possibilité d'avoir une couche raster ou vectorielle sur le terminal		oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Possibilité d'utilisation d'un système complémentaire de mesure (distomètre laser)		non	non	oui	oui	oui	non	oui	oui
Intégration opérationnelle du système avec les outils géomatiques utilisés actuellement par la DNF ⁶		1	1	1	1	1	1	2	2
Compatibilité avec les infrastructures existantes au niveau régional		non	non	oui	oui	non	non	oui	oui
Prix du système (logiciel inclus) (en €) ⁷		< 500	< 1 000	< 5 000	< 12 000	> 15 000	> 15 000	> 15 000	< 12 000

* Non testé dans cette étude.

¹ Les récepteurs géodésiques et le GS50 n'ont pas été testés sur une borne géodésique (la précision annoncée pour les récepteurs géodésiques est largement inférieure à 50 cm et le GS 50 a été testé ultérieurement avec de résultats de 1,5 mètres).

² Informations facilement accessibles et complètes : 2 ; informations moyennement accessibles et incomplètes : 1.

³ La capacité de stockage peut être augmentée pour certains types de récepteurs.

⁴ Ok : Température entre - 20 et + 40°C, humidité > 80 % et chute de 1 à 2 mètres.

⁵ Bonne ergonomie et interface conviviale : 2 ; moyenne ergonomie et interface conviviale : 1.

⁶ Exportation directe (2) ou indirecte (1) vers le logiciel de cartographie de la DNF.

⁷ Les prix sont mentionnés à titre indicatif.

Le Leica GS50 testé est un système dGPS temps réel via RACAL (géostationnaire télécom).

◆ *la réception du signal* (radio ou GSM) de correction n'est pas toujours possible en forêt. Il faut souligner néanmoins l'utilisation des ondes AM par les systèmes TRIMBLE, ondes beaucoup plus stables et ayant une meilleure pénétration en forêt que les ondes FM.

◆ *la précision des mesures* est diminuée à cause de « l'âge différentiel » (différence de temps nécessaire pour que le signal porteur de corrections soit enregistré, traité, envoyé par une station de base et reçu par le récepteur

mobile par rapport à la mesure instantanée du point d'intérêt).

L'acquisition de l'équipement de réception de corrections en temps réel peut être envisagée indépendamment de celle des GPS si des applications spécifiques le justifiaient.

Mesure sur la phase

Les mesures sur la phase en forêt ne sont pas encore au point. En effet,

elles nécessitent que le récepteur reste en contact ininterrompu pendant plus d'une minute avec le satellite qui, bien souvent, est rapidement caché par l'un ou l'autre arbre.

Le système LEGANCY E (TOPCON – JAVAD) a permis d'avoir des résultats très précis mais dont l'obtention reste aléatoire. L'utilisation en parallèle des systèmes GPS et GLONASS (Global Navigation System – russe) augmente le nombre de satellites « visibles » et donc la précision des résultats. Les

mesures sur la phase peuvent être utilisées en dehors de la forêt. Dans l'avenir, elles devraient pouvoir l'être en forêt également moyennant une évolution des logiciels dans la modélisation de l'effet de l'atmosphère et du trajet multiple sur les ondes GPS.

Méthode statique ou cinématique ?

Deux méthodes de travail ont également été testées : la méthode *Cinématique*, qui consiste à prendre des mesures à intervalles réguliers tout en parcourant un tracé et la méthode *Statique* où l'utilisateur relève des points par stationnement.

Les résultats montrent que la méthode de travail la mieux adaptée en forêt est la méthode statique (rapide). L'impossibilité d'effectuer une moyenne sur plusieurs mesures, ce qui diminue l'effet du trajet multiple, fait que la méthode cinématique n'est pas encore très utilisable en forêt.

Tout de même, de bons résultats ont été réalisés en cinématique par le SR 530 (LEICA) et le PROXR (TRIMBLE). Les résultats ont été possibles grâce à la solution logicielle de LEICA et à l'antenne performante du PROXR.

Les navigations en forêt sont possibles avec une précision de 2 à 15 mètres en fonction du système et du mode de travail utilisés. Le dGPS en temps réel apporte plus de précision dans ce type d'utilisation. Une boussole intégrée dans le récepteur (GEOEXPLORER, III+) peut faciliter l'orientation en forêt.

La réception du signal (GPS et GLONASS) en forêt a été de bonne qualité, même en fond de vallée, pour tous les systèmes. Il ne faut pas oublier que le choix de la période de travail est très important pour éviter les pertes de temps en attendant la réception du signal GPS.

Type d'appareil

Concernant les classes de performances des récepteurs testés nous avons eu l'occasion

de comparer des niveaux très différents : « bon marché » (GARMIN), « moyenne gamme » (TRIMBLE) et « haute gamme » – récepteurs géodésiques (LEICA, SCORPIO, TOPCON-JAVAD).

Les résultats confirment que les récepteurs de la gamme géodésique ne sont pas adaptés aux conditions de travail en forêt. La raison principale est que les mesures sur la phase ne sont pas encore au point en forêt.

Les mesures « les plus fiables » (en forêt) sont les mesures sur le code, mesures qui sont tout à fait réalisables avec des récepteurs plus simples. Le récepteur doit être capable de faire des corrections différentielles pour améliorer la précision des mesures (< 5 mètres) et doit permettre une préconfiguration spécifique pour les travaux en forêt (masque PDOP, SNR, nombre de satellites, 2D/3D, dictionnaire spécifique, etc.).

Les types de récepteurs qui répondent le mieux aux besoins de travaux cartographiques en forêt sont : GEOEXPLORER III et PROXR. Le PROXR est supérieur du point de vue précision et richesse fonctionnelle au GEOEXPLORER III qui, par contre, est beaucoup plus compact, facile à transporter et sensiblement moins cher.

Le système SR 530 de LEICA a donné de très bons résultats mais son prix est élevé. Il faut souligner l'apparition sur le marché d'un système mieux adapté : le GS 50. Il se situe, selon les données du constructeur, dans la gamme prix/performance du TRIMBLE PROXR.

La possibilité de développer une application spécifique pour les travaux de cartographie forestière sous STAR en utilisant le système GS 50 est envisageable.

Enfin, les récepteurs GARMIN sont très compacts et intéressants du point de vue prix mais les possibilités techniques pour un usage professionnel sont trop limitées. ■

Remerciements

Au terme de ce travail, il est de mon devoir d'exprimer mes remerciements et ma sincère gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de cette étude.

Je profite de l'occasion pour remercier Joël Van Cranenbroeck (VAN HOPPLYNUS INSTRUMENTS – LEICA), Rob Bik (GEOMETIUS b.v. – TRIMBLE), Jean Le Maire et Ronald Verheijen (TOPCON), André Schallier et Gerrit van der Vliet (ASICON bvba – SCORPIO), Benoit de Bergeyck (FORMAR ELECTRONICS SA – GARMIN) qui ont eu l'amabilité de participer aux tests.

Je tiens à remercier Christine Farcy, Pierre Giot, Dimitri d'Or et Pierre Defourny du Département des Sciences du Milieu et de l'Aménagement du Territoire de l'UCL pour leurs conseils.

J'exprime également ma reconnaissance à MM. Beekman de l'IGN et Dejardin du MET pour leur participation aux tests.

Enfin, que M. Daniel Bemelmans soit ici remercié pour le cadre de travail qu'il m'a offert.



Le modèle PROXR de TRIMBLE, vainqueur des tests réalisés pour la DNE.