



Le G.P.S. et les cartes sur CD-Rom

Paul COURBON

Introduction

Dans *Spelunca* n°83, du 3^{ème} trimestre 2001, j'avais publié un article sur la précision des G.P.S. de poche. Nous avons alors vu que nous pouvions obtenir une précision de positionnement inférieure à cinq mètres, compatible avec la précision graphique des cartes 1/25 000. En effet une précision graphique de 0,2 mm sur la carte correspond à cinq mètres sur le terrain. Il faut ajouter qu'en France, les distorsions et erreurs de la N.T.F. (ancienne « Nouvelle triangulation de la France »*) nécessitent, dans certaines régions, que l'on se cale sur des points connus si l'on veut garder cette précision. Le nouveau réseau des points géodésiques R.G.F. (Réseau géodésique de la France) réalisé au G.P.S. dans les années 1990 a en effet mis en évidence des distorsions de la N.T.F. dépassant cinq mètres entre certaines zones de la France. La nouvelle projection Lambert 93, calée sur le R.G.F. supprime ces distorsions, mais il faudra encore attendre pour que cette nouvelle projection devenue légale en 2001 soit effectivement appliquée partout. Même l'I.G.N. n'a pas encore mis ses cartes en accord avec le Lambert 93 !

Rappels sur les systèmes de référence (référentiel)

Nous en avons parlé dans *Spelunca* n°83, mais, il m'a semblé nécessaire d'y revenir. En premier lieu, tout le monde n'a pas lu ce *Spelunca*. Ensuite, il ne faut pas craindre d'enfoncer le clou quand on aborde des notions qui ne sont pas toujours évidentes.

Le géoïde et l'ellipsoïde

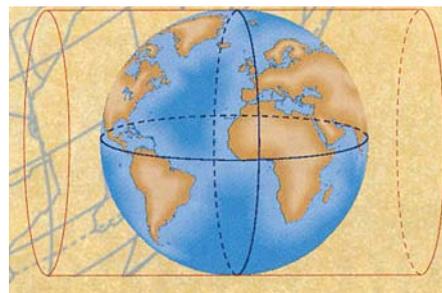
Les géographes ont défini le géoïde comme la surface physique obtenue en première approximation en prolongeant la surface des mers et océans sous les continents. Dès que l'on fait des levés sur une grande zone, en vue d'une cartographie, on réduit les longueurs mesurées à l'horizontale et au niveau de la mer.

Mais, au fur et à mesure des progrès de la science et de la précision des mesures, on a affiné la forme du géoïde qui n'était pas du tout évidente au début. Newton le premier avait émis l'hypothèse que la Terre était aplatie au pôle. Le géoïde n'était donc pas une sphère, mais un ellipsoïde de révolution.

Cependant, il fallait confirmer l'hypothèse par des mesures. La première mesure d'un arc de méridien faite par triangulation et conjuguée à des observations astronomiques commença en France au XVII^{ème} siècle. Elle se continua et fut affinée au siècle suivant, allant de Dunkerque à Barcelone. Cette mesure de méridien permit, juste après la révolution, de définir le mètre, unité de longueur égale au quarante millionième du méridien terrestre et devenue universelle. D'autres mesures d'arcs de méridien se firent

ailleurs, en particulier à partir de Greenwich et, surtout, en Russie de la Baltique à la Mer Noire. Des mesures complémentaires se firent encore au XIX^{ème} siècle sur le méridien français.

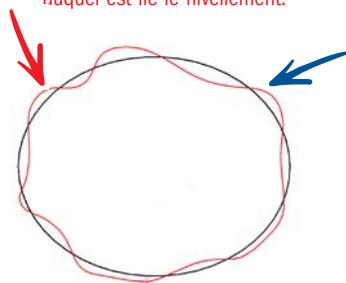
Effectuées à une époque où les instruments n'avaient ni la précision, ni les possibilités actuelles, ces mesures, on s'en doute, furent imparfaites et plusieurs ellipsoïdes en furent déduits mathématiquement. En France fut adopté l'ellipsoïde calculé par l'Anglais Clarke en 1880 et qui servit pour tous les travaux géodésiques jusqu'en 2001.



Nécessité de différencier géoïde et ellipsoïde

Avec les progrès de la gravimétrie, on s'est aperçu que la forme du géoïde était irrégulière. Les satellites, ensuite, ont décelé des creux de plus de cent mètres de profondeur sur la surface des océans, dus à l'action d'une gravimétrie plus forte. Cette dépendance de la gravité lie la verticale du lieu au géoïde et de ce fait, la bulle du théodolite et surtout celle du niveau. Le nivellement de précision de la France est donc dépendant du géoïde. Nous

Géoïde, modèle physique irrégulier auquel est lié le nivellement.



Ellipsoïde, modèle mathématique le plus proche du géoïde et qui est utilisé pour tous les calculs

Un calcul mathématique ne peut se faire à partir d'un modèle physique irrégulier tel que le géoïde. Il ne peut se faire qu'à partir d'un modèle mathématique proche du géoïde : l'ellipsoïde.

(*) Oh temps, suspends ton vol... Il est dangereux de nommer un tel produit « nouveau », car 50 ans plus tard, malgré sa dénomination d'origine conservée, il n'est plus nouveau !

Il ne faut pas confondre **Système de coordonnées** qui comprend soit la latitude et la longitude, soit les coordonnées rectangulaires dans une projection donnée avec **système géodésique** lié aux paramètres de l'ellipsoïde et à son calage dans l'espace. La dénomination donnée dans les logiciels des G.P.S. n'est pas toujours claire à ce sujet.

verrons plus tard les conséquences de ceci sur les problèmes d'altitude avec le G.P.S.

Comme nous allons le voir ci-dessous, la représentation rigoureuse de la Terre sur le plan de la carte nécessite un calcul mathématique. Or, un calcul mathématique ne peut se faire à partir d'un modèle physique irrégulier tel que le géoïde. Il ne peut se faire qu'à partir d'un modèle mathématique proche du géoïde : l'ellipsoïde.

Les projections ou représentations planes

La représentation d'une zone du globe terrestre se fait sur le plan de la carte, feuille de papier que l'on peut étaler sur une table. Or, dès que l'on veut représenter une surface assez grande, un pays par exemple, on ne peut passer du globe au plan sans déformations. Ce passage de la Terre au plan se fait par l'intermédiaire de « représentations planes », transformations mathématiques que l'usage a fait nommer « projections ». Il y a de nombreuses projections. Les géographes ont préféré les projections qui conservent les angles, mais altèrent les longueurs, nous en reparlerons plus tard. La projection la plus utilisée est la projection U.T.M. (Universal Transverse Mercator), représentation de la Terre sur un cylindre tangent à l'ellipsoïde suivant un méridien. En France est utilisée la projection Lambert, représentation de la Terre sur un cône tangent à l'ellipsoïde suivant un parallèle.

Comme vu précédemment, ces projections conservent les angles mais non les distances. Il en résulte une « altération linéaire » qui croît en fonction de l'éloignement par rapport au méridien ou au parallèle de tangence (appelés méridien ou parallèle origine). C'est la raison pour laquelle, on a limité la zone de représentation. Il y avait trois zones pour la France continentale plus une quatrième pour la Corse, ce qui limitait les altérations à 11 cm/km en limite de zone. Il y a soixante zones U.T.M. pour l'ensemble de la Terre, l'altération atteignant 1 m/km en limite de zone, quand on est sur l'équateur.

Les systèmes de coordonnées

Comment positionner un point sur la Terre, puis le reporter sur la carte? Le premier mode de positionnement fut le mode astronomique. On peut positionner un point sur le globe, en mesurant la hauteur d'étoiles connues à un instant mesuré avec précision. À une époque où on ne connaissait pas les horloges électroniques, la détermination exacte du temps était le plus gros problème concernant la précision de ce positionnement.

■ Latitude et longitude

La position d'un point sur la Terre est définie par la **latitude**, angle entre la verticale du lieu et le plan de l'équateur et par la **longitude**, angle entre le méridien du lieu et un méridien origine, généralement celui de Greenwich.

■ Coordonnées rectangulaires

Un point connu par sa latitude et sa longitude est difficile à reporter sur un plan, car la distance entre deux méridiens varie avec la latitude. Il faut donc faire des calculs. On a alors recouru aux coordonnées rectangulaires kilométriques définies par un axe des Y (nord-sud) parallèle au méridien origine (méridien de Paris pour le Lambert) et un axe des X (ouest-est) perpendiculaire. Les coordonnées Lambert ou U.T.M. sont des coordonnées rectangulaires kilométriques. Si nous rajoutons l'altitude Z pour définir un point en trois dimensions, nous obtenons alors un système de coordonnées

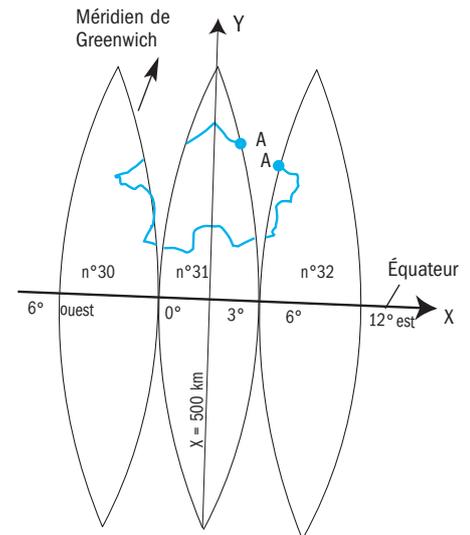
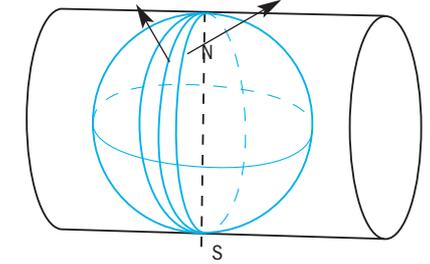
« bâtard » n'ayant pas une origine commune. On se réfère en X et Y à un système d'axes contenu dans le plan transformé de l'ellipsoïde, mais en Z, directement au géoïde!

Représentation U.T.M.

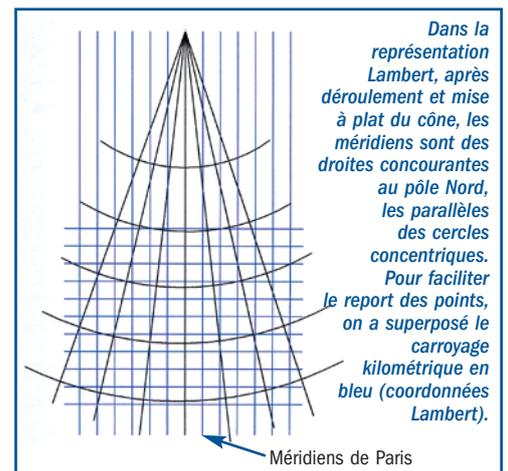
L'ellipsoïde est représenté sur un cylindre tangent suivant un méridien, on limite la zone

de représentation à 6° d'ouest en est

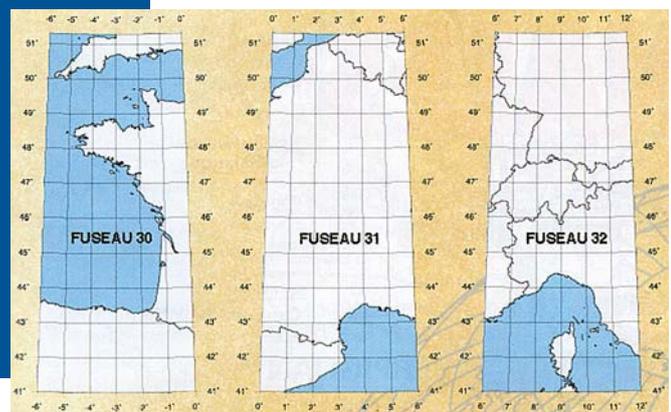
Méridien origine limite de zone et 3°

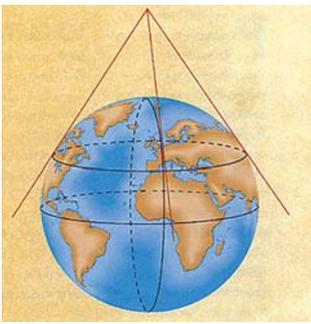


La France est représentée sur 3 fuseaux. Entre les zones, il y a un hiatus en X. L'X d'un point A à cheval sur 2 fuseaux n'est pas le même dans le fuseau 31 et dans le 32.

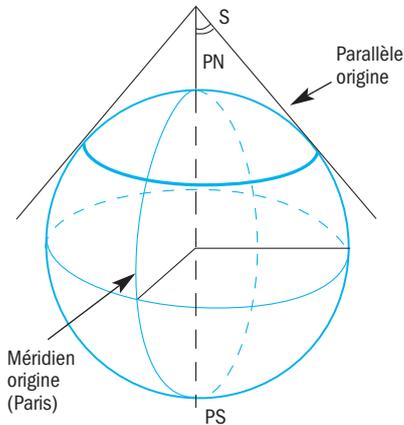


Dans la représentation Lambert, après déroulement et mise à plat du cône, les méridiens sont des droites concourantes au pôle Nord, les parallèles des cercles concentriques. Pour faciliter le report des points, on a superposé le carroyage kilométrique en bleu (coordonnées Lambert).





Représentation Lambert



L'ellipsoïde est représenté sur un cône tangent suivant un parallèle. Le parallèle a la même longueur sur l'ellipsoïde et sur le cône développé (plan). Mais plus on s'éloigne du parallèle, plus la déformation est grande, d'où trois zones en France.

La géodésie spatiale et le G.P.S.

Dès les années 1960, on pensa à utiliser les signaux émis par les satellites pour se positionner sur la Terre. C'est ainsi que naquit la « géodésie spatiale ». En France, l'I.G.N. s'y intéressa dès la fin des années 60. Mais, les satellites lancés dans un but militaire ne correspondaient pas tout à fait à cette application. De plus, les moyens de calcul n'étaient pas ceux qu'ils sont aujourd'hui. Il fallut attendre 1978 pour voir les Américains démarrer le programme G.P.S. (Global Positioning System). Mais, seul le lancement d'un onzième satellite en 1985 rendit le système semi-opérationnel. Il fallut attendre le lancement de 28 satellites pour que le G.P.S. soit déclaré pleinement opérationnel en février 1994. En 2001, sur l'ordre de Bill Clinton, l'armée américaine cessait d'émettre les messages d'erreur qui altéraient les signaux. Je renvoie nos lecteurs au *Spelunca* n°83 pour la précision qui en a résulté sur les G.P.S. de poche.

L'avènement des satellites

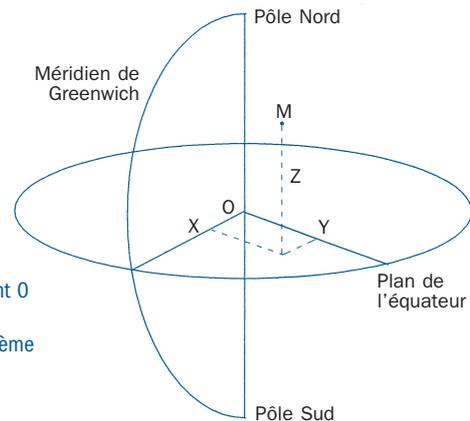
Le Sputnik, premier satellite, fut lancé par les Russes le 4 octobre 1957. Les Américains allaient suivre en 1958, puis la France en 1965 avec la fusée Diamant, la Chine, enfin, en 1970. Les satellites tournent autour du centre de gravité de la Terre. Le calcul de leur orbite nécessite donc un système de coordonnées trirécartésiennes (ou cartésiennes) qui ait ce centre de gravité pour origine. Dans ce système, l'axe Z correspond à l'axe de rotation de la Terre, l'axe X est dans le méridien de Greenwich, on en déduit automatiquement l'axe Y.

Les points déterminés par G.P.S. sont donnés dans un premier temps dans ces coordonnées cartésiennes. Une transformation mathématique, faite par le logiciel du G.P.S., permet dans un second temps, en se servant d'un modèle d'ellipsoïde à spécifier, de les obtenir en latitude et longitude ou dans une projection choisie.

Tous ces satellites sont observés par des stations terrestres fixes. Au fur et à mesure de l'enregistrement des nouvelles données, des progrès de l'informatique et des possibilités de calcul, on a pu affiner la position du centre de gravité terrestre et le choix d'un ellipsoïde qui colle au mieux au géoïde sur l'ensemble de la Terre. C'est ainsi que sont apparus les systèmes WGS 72, WGS 84 (World Geodetic System ?) qui se différencient par la détermination du point zéro et les paramètres de l'ellipsoïde. D'autres systèmes existent, mais c'est le WGS 84 qui reste le plus employé et qui est utilisé dans nos G.P.S.

De ce qui précède, nous voyons qu'il ne faut pas confondre **système de coordonnées** qui comprend soit la latitude et la longitude, soit les coordonnées rectangulaires dans une projection donnée et **système géodésique** lié aux paramètres de l'ellipsoïde et à son calage dans l'espace. La dénomination donnée dans les logiciels des G.P.S. n'est pas toujours claire à ce sujet.

Système de coordonnées cartésiennes dans lequel le G.P.S. calcule en premier lieu la position d'un point M de la Terre. Une transformation mathématique permet de passer ensuite à l'ellipsoïde, puis au plan. La position du point O dans l'espace et les paramètres de l'ellipsoïde définissent le système WGS 84.



Les G.P.S. de poche

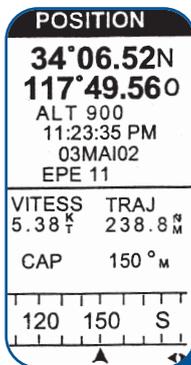
Dans la folie innovatrice du monde actuel et du consumérisme forcené qui en découle, les G.P.S. de poche offrent aujourd'hui des possibilités qui non seulement n'existaient pas il y a peu de temps, mais qui évoluent constamment. Ce que j'écris aujourd'hui sera-t-il valable demain ? Ouvrez, par curiosité, le catalogue « Expé ». La question souvent posée par ceux qui n'ont jamais utilisé un G.P.S. est celle-ci : « Lequel prendre ? ».

L'emploi du G.P.S. de poche

Bien que fort simple, l'emploi du G.P.S. de poche demande toutefois un temps d'adaptation. Il faudra l'utili-

ser à plusieurs reprises, tâtonner, commettre des erreurs avant de bien l'assimiler et d'en utiliser toutes les possibilités. Il est évident qu'à ce jeu, les personnes d'un certain âge, pour ne pas dire âgées, mettront plus de temps que les jeunes nés dans l'ère informatique ! Il faut avant tout essayer d'être logique. Dès qu'on a acquis la logique de conception du G.P.S. que l'on a acheté, tout devient plus facile.

Depuis peu, les constructeurs de G.P.S. ont remplacé les manuels d'utilisation imprimés par des notices sur CD-Rom. Si vous n'avez pas d'ordinateur, allez vous faire voir ! Cependant, il



Écran de position

(style Sportrak)

Ligne 1 et 2 • Latitude et longitude

Ligne 3 • Altitude

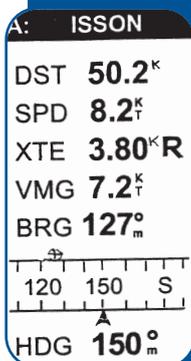
Ligne 4 et 5 • Heure et date

Ligne 6 • Estimation précision

Ligne 7 • Vitesse et distance parcourue depuis le départ

Ligne 9 • Cap suivi et boussole de cap

Ligne inférieure, à droite, deux flèches permettant de choisir le système de coordonnées.



Écran de navigation

(style Sportrak)

Les paramètres de navigation sont personnalisables.

Ligne 1 (DST) • Distance à parcourir

Ligne 2 (SPD) • Vitesse

Ligne 3 (XTE) • Ecart par rapport à la route directe (R = à droite)

Ligne 4 (VMG) • Vitesse de progression relative

Ligne 5 (BRG) • Gisement de la destination.

Compas avec en haut le gisement de destination (petite croix) et en bas (HDG) le gisement effectivement suivi.



Écran traceur

(style Sportrak)

La destination ISSON est affichée en haut. Nous partons de la maison et allons vers ISSON. ISSON et SON sont en mémoire dans le G.P.S.

En tireté, le trajet accompli passant par Oule. Nous sommes actuellement en 2.

De 2 à ISSON, le gisement est de 331° et la distance à parcourir 3,51 km.

faut avouer qu'un ordinateur est nécessaire pour utiliser toutes les ressources du G.P.S. Précisons que la plupart du temps, ces notices ont été rédigées par des informaticiens sans compétences pédagogiques. Pour eux tout est évident. Au jeu des devinettes, les jeunes s'en sortent mieux que les gens de mon âge!

Principes généraux

Notre but n'est pas ici de décrire dans le détail chaque type de G.P.S., mais de donner les principes généraux concernant leur emploi.

Initialisation

Quand on vient d'allumer son G.P.S. pour la première fois, ou lorsqu'on change de pays, il faut initialiser son G.P.S., c'est-à-dire choisir les paramètres nécessaires pour accomplir son travail. C'est pour bien accomplir cette phase qu'il vaut mieux avoir compris les problèmes de référentiels exposés précédemment.

Il faut rentrer dans le menu et choisir l'option réglage et initialisation. En premier lieu, l'initialisation vous propose une **liste de pays** où vous choisissez celui où vous vous trouvez.

On vous demande souvent, si vous désirez faire un usage « terre » ou « mer », car les G.P.S. ont aussi été conçus pour un usage maritime.

Le menu vous propose ensuite le **système de coordonnées** à choisir. En ce qui concerne la France, vous avez le choix entre **latitude/longitude, U.T.M. et Lambert**. Le premier choix présente peu d'intérêt. Si votre G.P.S. ne vous permet d'afficher qu'un système de coordonnées, il vaut mieux choisir le Lambert qui est le système légal de la France. Mais, certains G.P.S., tel Garmin, ne le donnent pas.

D'autres G.P.S. proposent deux systèmes de coordonnées : **un primaire et un secondaire**. Dans ce cas, choisissez le primaire en Lambert et le secondaire en U.T.M., car lorsqu'on rappelle un point en mémoire, il ne donne souvent que les coordonnées en système primaire. Si vous choisissez Lambert (ou Français), on vous demandera la zone (I, II ou III pour le continent, IV pour la Corse). Le G.P.S. peut aussi vous demander l'unité, mettez le mètre.

Les G.P.S. permettent aussi de choisir le **système géodésique**, mais les dénominations employées ou la procédure ne sont pas toujours évidentes. En général, le choix « France » associe automatiquement le Lambert avec l'ellipsoïde correspondant. Par contre, pour l'U.T.M. utilisé dans de nombreux pays, il faut s'assurer qu'il soit donné dans le système WGS 84 (si vous travaillez en France). Ce système est affiché, au cours de la mesure, au moment où apparaissent les coordonnées. Les coordonnées U.T.M. issues d'un autre système géodésique, donc de l'utilisation d'un autre ellipsoïde pour le calcul pourraient varier de plusieurs dizaines de mètres. Faites l'essai de mesure d'un point en associant d'abord U.T.M. à WGS 84, puis en l'associant à un autre système, NAD 27 par exemple.

Quand vous fournissez des coordonnées U.T.M. issues de votre G.P.S., n'oubliez pas de spécifier le système géodésique (WGS 84).

NOTA : quand on change de pays et surtout que l'on vient de très loin, certains G.P.S. sont parfois perdus. Ils se réfèrent alors aux points encore en mémoire pris précédemment et impos-

sible de faire une mesure. Dans ce cas, il faut aller dans le menu, effacer la mémoire et recommencer l'initialisation. Suivant le type de G.P.S., le problème peut aussi se poser quand on se déplace de plus de 800 km. Si au bout de dix minutes, le G.P.S. n'a pas déterminé la position, il faut réinitialiser.

Mesures

Les mesures avec un G.P.S. de poche sont très simples, il suffit de l'allumer ! En général apparaît d'abord un schéma sur lequel figurent les satellites visibles et ceux qui sont effectivement captés. Il faut au minimum quatre satellites pour donner une précision suffisante et surtout l'altitude. Au bout d'un temps variable, les coordonnées apparaissent automatiquement.

En forêt de feuillus, le G.P.S. fonctionne mal ou pas du tout ! Il est aussi affecté par les multitrajets qui nuisent à la précision.

Dans notre hémisphère, il faut aussi éviter les masques situés au sud. Il vaut mieux élever le G.P.S. pour éviter le masque de son corps ou d'un coéquipier.

→ Temps des mesures

Quand on s'est déplacé de plusieurs milliers de kilomètres, ce qui arrive lors des expéditions lointaines, il faut parfois attendre un quart d'heure avant que le G.P.S. s'y retrouve et que les coordonnées apparaissent. Quand on s'est déplacé d'une centaine de kilomètres, il faut attendre deux ou trois minutes. Par contre, quand on travaille dans la même zone, les coordonnées apparaissent au bout de quelques secondes.

Néanmoins, je conseille d'attendre deux ou trois minutes, durant lesquelles on vérifie que les coordonnées affichées se sont bien stabilisées (surtout en altitude) avant de noter ou d'enregistrer le point.

→ Enregistrement des mesures

On peut, soit noter les coordonnées sur un carnet, soit les enregistrer sur le G.P.S. Les G.P.S. courants peuvent enregistrer entre 500 et 2000 points. La numérotation se fait par incrémentation, ce qui veut dire qu'après chaque mesure la numérotation augmente automatiquement de un. Mais, il est possible, avant l'enregistrement de remplacer le numéro incrémenté par un nom spécifique avec un nombre de caractères généralement limité à six ou sept. Pour ceux qui débutent, je

conseille, lors des premiers essais, de noter les coordonnées sur un carnet et de les enregistrer!

→ *Nombre de satellites*

Il faut un minimum de trois satellites pour donner les coordonnées X et Y d'un point et quatre pour donner l'altitude. Bien qu'il y ait 24 satellites utilisés pour les mesures, ils ne sont pas tous dans la partie de ciel visible en un lieu. Le maximum que l'on puisse capter est de l'ordre de 9.

→ *Précision des mesures*

Il est évident que le nombre de satellites captés et leur géométrie (angle entre leurs trajectoires) influent sur la précision d'une mesure; les masques et le couvert végétal aussi.

La plupart des G.P.S. affichent la précision, notée parfois E.P.E. (erreur de position estimée). Cette précision n'est qu'estimée et souvent de manière défavorable, par prudence. Lors d'essais avec trois G.P.S. différents, bien que des précisions de six à sept mètres soient affichées, nous n'avons que des écarts de deux ou trois mètres entre les différentes coordonnées mesurées. Attention aux problèmes de la N.T.F. (voir introduction). La précision devrait être améliorée avant la fin 2005 par la nouvelle technologie WAAS/EGNOS qui renverra par satellites des données de correction calculées par des stations de référence.

→ *Altitudes*

C'est le point faible du G.P.S. car la précision en altitude est généralement deux fois moins bonne que celle en planimétrie. Un autre élément est à prendre en compte, c'est la différence entre le géoïde, modèle physique lié à la gravité, donc au nivellement et l'ellipsoïde, modèle mathématique qui sert aux calculs du G.P.S. En France, la différence entre la hauteur ellipsoïdique (altitude par rapport à l'ellipsoïde) et l'altitude réelle (par rapport au géoïde) varie entre 39 et 50 m.

Quand vous fournissez des coordonnées U.T.M. issues de votre G.P.S., n'oubliez pas de spécifier le système géodésique (WGS 84).

Pour un pays comme la France, un modèle du géoïde détaillé et précis peut être intégré dans les logiciels de calcul des G.P.S. professionnels. Ce n'est pas le cas de tous les pays et, surtout, des G.P.S. de poche. Dans une région donnée, il vaut mieux se caler sur des points connus, ou les altitudes données par le 1/25.000 I.G.N. Certains G.P.S. (Garmin) permettent de se caler sur un point d'altitude connu (carte 1/25.000), mais ce calage se perd dès qu'on éteint le G.P.S. On peut obtenir les différences entre l'ellipsoïde et le géoïde par le logiciel CIRCE téléchargeable sur le site « IGN.fr ».

Autres applications du G.P.S.

Le premier souci des concepteurs : se positionner sur la surface de la Terre s'est enrichi d'année en année et de nombreuses fonctions sont apparues, d'autres sont attendues

Fonction « Go to » (aller à)

C'est l'une des fonctions les plus utiles du G.P.S. Dans une région où il est difficile de se repérer, elle permet de retrouver un point connu par ses coordonnées. Soit ce point est déjà dans la mémoire du G.P.S., soit il faudra introduire ses coordonnées.

Quand on arrive dans la zone de recherche, on allume le G.P.S. pour déterminer le point d'où l'on démarre. Quand cette détermination est faite, on rentre dans la fonction « Go to » et l'on choisit le point à atteindre. Sur certains G.P.S. la démarche peut être différente.

Plusieurs écrans de navigation sont associés à la fonction « Go to ». Apparaissent la distance à parcourir, le gisement (ou cap) à suivre indiqué par l'abréviation anglaise BRG (bearing),

la vitesse à laquelle on se déplace, l'écart par rapport au trajet le plus court et le gisement que l'on suit effectivement au cours du déplacement. À ces renseignements,

suivant l'écran choisi, on peut associer une boussole ou un témoin graphique qui fait apparaître clairement si on est à droite ou à gauche de l'itinéraire idéal (écran d'écart de route).

→ *Variantes de la fonction Go to.*

On peut créer des itinéraires multiples, c'est-à-dire fixer plusieurs points par lesquels on devra passer. Là aussi, la procédure change en fonction des G.P.S. Une autre variante de la fonction « Go to » est la fonction **homme à la mer** ou **MOB** ou **Retour**, elle permet de créer un point de retour instantané à la position actuelle. Par analogie, elle donne la position d'un homme qui vient de tomber à la mer, le bateau devant faire une grande boucle avant de venir le repêcher.

Fonction itinéraire avec traceur

Parmi les écrans de navigation qui peuvent être affichés figure un écran traceur. Sur cet écran va apparaître le trajet suivi au cours d'un déplacement. Là encore, les constructeurs de G.P.S. sont vaseux dans les explications de la notice d'emploi. Ce sera à vous à deviner ! Cette recherche plaît de certains car elle fait travailler les neurones et en exaspère d'autres qui, achetant un appareil, exigent une notice d'emploi correcte. On peut configurer cet écran en choisissant son orientation, son champ de représentation (1 km, 2 km, etc.), la fréquence des points enregistrés (un toutes les minutes, 2 ou 5 minutes, etc.). Mais, même en enregistrant un point toutes les 5 minutes, le trajet complet apparaît sur l'écran.

Fonction odomètre

Elle permet de connaître la distance parcourue depuis la dernière remise à zéro.

G.P.S. de poche sur le marché

Taille et poids : Selon les modèles, entre 11 et 15 cm de long et un poids de 150 à 250 g.

Quatre marques sont actuellement sur le marché : Garmin société américaine du Kansas, Magellan appartenant au Français Thalès, MLR société française et SENA, moins connues que les deux précédentes.

En vue de la rédaction de cet article, Christian Rigaldie et « Expé » nous avaient prêté un Sportrak de Magellan, un Etrex et un G.P.S. 12 de Garmin. Lors d'une mission en Arabie, en novembre-

décembre 2003, j'ai aussi utilisé un MLR SP 24XC, en jumelage avec le Sportrak. Toutes les précisions sont du même ordre. Les mesures se tiennent avec des dispersions maximales de 4 m, soit 2 m d'écart par rapport à la moyenne.

Quant aux différentes fonctions, elles se ressemblent. Sur une fonction, un G.P.S. va se montrer plus pratique ou plus performant, mais il sera moins bon sur une autre. Dans ce cas, que choisir ? Les sociétés et salariés français contribuant seuls à ma protection sociale, mon cœur me fait choisir MLR qui a donné entière

satisfaction à de nombreux utilisateurs, mais dont le réseau de vente est moins étendu. Magellan, Américain racheté par le Français Thalès, affiche comme MLR, deux systèmes de coordonnées, dont le Lambert, ce que ne fait pas Garmin ! Pour le spéléologue qui veut positionner ou retrouver des cavités, qui veut déterminer et fixer un itinéraire en région difficile, les modèles de base d'un prix avoisinant 250 € donneront toute satisfaction. Quant à ceux qui veulent dépasser le strict utile, parce qu'ils aiment l'électronique, ses multiples applications et ses gadgets, cassez votre tirelire, il y en a pour tous les prix.

Les cartes sur CD-Rom

Fonction chronomètre ou écran horloge

Surtout valable pour les marins, cette fonction affiche sur l'écran : l'heure locale, la durée du trajet restant à parcourir (en utilisant la vitesse enregistrée), l'heure d'arrivée estimée et le temps écoulé depuis le début du trajet. Elle est associée à « Go to ».

Fonction boussole

Cette fonction varie selon des G.P.S. Si certains peuvent donner une direction quand on est à l'arrêt, en paramétrant le G.P.S. en fonction de la vitesse (Garmin), d'autres ne donnent que la direction de l'itinéraire que l'on parcourt en marchant à une vitesse minimale de 0,8 km/h environ (Sportrak).

Simulateur

Cette fonction permet de se familiariser avec l'appareil et d'expérimenter les différentes fonctions. Sa notice d'emploi n'est pas toujours explicite.

Autres fonctions

De multiples fonctions annexes existent : position du soleil et de la lune au coucher et au lever, heures favorables pour la chasse, pour les marins alarme au mouillage, distance par rapport aux grandes villes du monde, etc.

Les modèles plus performants fournissent des données cartographiques qui peuvent être utiles aux marins, mais pas aux spéléologues. L'amateur de gadgets électroniques a de quoi faire joujou pendant un bon bout de temps !

Bibliographie

STEFANINI R. (1994) : *Spelunca* n°53, Le Global Positioning System.
BOTTON S. et autres (1996) : Editions Hermès, G.P.S. localisation et navigation. Rédigé à l'usage des professionnels, il traite le principe du G.P.S. et les problèmes de référentiels.
VISCINTI J. et autres (1997) : *Spelunca* n°66, Utilisation du G.P.S. pour le repérage de cavités en Slovénie.
COURBON P. (2001) : *Spelunca* n°83, Nouvelle précision des G.P.S.
PUCH C. (2001) : Editions Desnivel (C/San Victorino 8, 28005 Madrid), Manuel práctico de G.P.S.
PUCH C. (2002) : Editions Desnivel (www.desnivel.com), G.P.S. aplicaciones prácticas.

Remerciements :

Je remercie Jean-Pierre Lucot, Robert Bartoloni, Jacques Baduel et Pierre-Michel Abadie pour leur aide directe ou indirecte. Un grand merci aussi à Christian Rigaldie et Expé pour le prêt de trois G.P.S.

Puisque nous avons décidé d'acheter un G.P.S., entrons de plain-pied dans l'ère électronique. Sur le terrain, dans des conditions souvent difficiles, les cartes sur papier ont encore de beaux jours. Mais au bureau, le report des points mesurés au G.P.S. est grandement facilité par les cartes sur CD-Rom. D'ailleurs, avant d'aller sur le terrain, on peut faire des sorties imprimées sur lesquelles on a préparé un travail de recherche. Mais, l'encre des imprimantes coûte cher !

CARTO EXPLOREUR I et II

Pour des raisons de stratégie commerciale ou de souplesse, l'I.G.N. a cédé à la société privée BAYO le soin de sortir sur CD-Rom tous ses fonds de carte 1/25.000, sous le nom CARTO EXPLOREUR.

■ Propriétés

Ne fonctionne que sur PC, pas sur Macintosh. Il faut deux CD pour couvrir un département complet. Chaque CD ayant une valeur inférieure à 40 euros. C'est un investissement très rentable par rapport au prix des cartes. Sur l'écran, l'image de la carte est claire et agréable. Les seuls problèmes résident à la jonction des fonds de cartes de base (sur papier) scannerisées, car parfois on a d'un côté une carte d'une série nouvelle et de l'autre côté une série ancienne. En montagne, aussi, certaines zones ombrées par l'estompage sont parfois peu lisibles.

Fonctions

■ **Zoom** : par une icône « loupe », on peut soit agrandir, soit réduire l'image à sa convenance, soit choisir un pourcentage de zoom qui va de 2,5 % à 800 %. Existe aussi la fonction « restaurer ».

■ **Recherche par localité, recherche par coordonnées** : ces deux fonctions permettent de pointer une zone ou un point de la carte en indiquant soit la localité (les 36.000 communes sont en mémoire), soit les coordonnées du point recherché.

■ **Coordonnées et choix de la projection** : quand on promène le curseur sur la carte, les coordonnées du curseur apparaissent sur la barre de dialogue située en bas. Cette barre nous permet de choisir plusieurs systèmes de coordonnées : le Lambert zone (I à IV), le Lambert II étendu, le Lambert 93, l'U.T.M. et latitude-longitude. Les transformations sont faites automatiquement, ce qui facilite les reports de points.

■ **Unités** : on peut choisir les kilomètres (ce qui met un point avant les trois derniers chiffres) ou les mètres, ce qui ne donne aucun point dans la chiffration.

■ **Carroyage** : On peut faire apparaître le carroyage kilométrique correspondant à la projection choisie. Si ce carroyage ne correspond pas à celui de la carte de base, il n'est pas d'une précision parfaite, mais il est cohérent avec la précision

graphique de cette carte : 2/10 mm, soit 5 m sur le terrain.

■ **Fichier** : Cette fonction permet soit de faire un transfert, soit d'accéder aux procédures d'impression (mise en page, aperçu avant impression et configuration).

CARTONAV

C'est l'appliquet qui permet de mieux utiliser Carto Exploreur I et II, en particulier avec le G.P.S. Cet applicatif est protégé, car si on le charge sur le disque dur, on ne peut l'utiliser que sept fois. Pour le huitième usage, il faut le recharger. Donc, difficile de l'acheter à plusieurs ! Son prix est du même ordre que celui de Carto exploreur.

Aux fonctions de Carto exploreur sont ajoutées les fonctions suivantes :

■ **Outils** : Création de Way points (« points de chemin » ou tout simplement points !), création de routes et de tracés. Les « way points » vont apparaître sur la carte avec un numéro ou un nom que nous leur donnerons. Une route est une ligne brisée joignant plusieurs points (way points), un tracé est une ligne qui peut comporter des droites et des courbes et que l'on trace avec le curseur. Routes et tracés ne sont pas enregistrés de la même manière.

■ **Bibliothèque** : C'est l'outil de gestion des « way points », routes et tracés. Il va nous permettre en particulier, soit d'importer des points d'un G.P.S. (à l'aide d'un câble) ou d'un fichier extérieur, soit d'exporter des points vers les mêmes destinations.

Le click droit va nous permettre de gérer les points de la bibliothèque (effacer, renommer, etc.) et de fixer les propriétés de l'affichage des points : choix du symbole, couleur, dénomination, emplacement du symbole par rapport au point. C'est une fonction de Système d'Information Géographique (S.I.G.), en quelque sorte.

CARTO EXPLOREUR 3

C'est le dernier né de Bayo, il ne nécessite plus l'emploi de Cartonav. Il y a 179 exploreurs 1/25000 et 24 1/100.000 pour la France, vendus à moins de 40 € et composés de deux CD, un donnant les données cartographiques et le second une base de données (B.D.) « villes de France », une B.D. Nymes (nom des lieux-dits), une B.D. altimétrie permettant d'obtenir

des profils et, enfin, des fonctions de navigation et d'échange G.P.S. En configurant et en branchant votre G.P.S. sur un PC portable ou un petit P.D.A., on peut fonctionner en temps réel. C'est-à-dire que l'itinéraire que vous suivez apparaît instantanément sur la carte 1/25.000 affichée à l'écran ! Un problème, c'est que lorsqu'on est en plein air et surtout au soleil, il est difficile de lire sur l'écran d'un portable qui n'est pas assez lumineux !

I.G.N. RANDO

Depuis peu, l'I.G.N. vient de se lancer dans les CD I.G.N. Rando en co-édition avec Loxane. Ce sont des CD utilisables uniquement sur PC, mais pas sur Macintosh. Ces CD ont les mêmes avantages que Carto exploreur 3 : ils ne nécessitent pas un applicatif tel que Cartonav, ils offrent aussi un modèle numérique de terrain (M.N.T.) et les mêmes applications concernant le G.P.S. Le modèle numérique de terrain fourni ne permet que de faire des profils et des horaires d'itinéraire de montagne, mais pas d'images en 3D que l'on peut tourner dans tous les sens. Gros avantage de ces CD, ils couvrent deux départements au lieu d'un demi. Le prix, inférieur à 40 euros est presque identique à celui d'Exploreur, **mais couvrant quatre fois plus de surface**, ces CD reviennent quatre fois moins cher pour une surface égale. De plus, le même CD a une fonction SCAN 250.000 et 1/1.000.000 qui permet de faire des itinéraires voiture sur la carte et d'obtenir une fiche étape.

Inconvenient, la mise en vente du produit est lente. Au 1^{er} janvier 2004, seuls 6 CD existent : un pour la **Corse**, un couvrant **Isère** et **Hautes-Alpes**, un la **Savoie** et **Haute-Savoie**, un les **Hautes-Pyrénées** et **Pyrénées-Atlantiques**, un l'**Ile-de-France**, et enfin, un sixième le **Finistère** et le **Morbihan**.

Tous les renseignements relatifs à ce nouveau produit devraient être obtenus sur le site IGN.fr.

Précaution à prendre : se renseigner au moment de l'achat d'I.G.N. Rando sur les G.P.S. compatibles, ils ne le sont pas tous.

La société BAYO, qui édite Carto exploreur, vient de sortir un DVD intitulé « G.P.S. Mode d'emploi » au prix de 25 euros. Voir : www.videotel-int.fr. Nous n'avons pas vu ce document, mais sans doute intéressera-t-il certains lecteurs.