

Merveilles et embûches du positionnement par GPS

par Claude Pastre

Ceci n'est pas un mode d'emploi du GPS

Si les appareils de localisation par GPS font fureur dans les voitures en tant que dernier gadget à la mode, ils se répandent plus lentement dans la communauté des montagnards, au GUMS en tous cas. C'est vrai que ces outils enlèvent un peu le plaisir de la navigation : cela devient trop facile !

Cependant même si, comme moi, vous ne vous en servez pas beaucoup pour naviguer, je vous le recommande comme jouet. A condition de pouvoir dépenser 150 € (minimum minimorum pour du neuf) dans un jouet, n'hésitez pas c'est très ludique. Ce que j'aime le plus c'est, au retour, de faire tracer par l'ordinateur mon cheminement sur la carte où sur une image de Google Earth. Je reconnais que c'est un peu idiot mais après tout, à chacun son truc !

Je suis toujours émerveillé de voir ce petit machin à peine plus gros qu'un téléphone portable me dire froidement quelles sont mes coordonnées alors que je baigne en plein brouillard. Et puis arriver à comprendre comment ça marche, et pourquoi ça ne marche pas lorsque ça ne marche pas, ce qui arrive parfois, je trouve cela fascinant.

Le système GPS est une merveille de la science, de la technique et de la technologie. Il a quelques particularités qu'il vaut mieux connaître. Je décris ici quelques-unes des sources de possibles désillusions.

Les limitations dont il faut s'accommoder

Qui n'accepte que la perfection obtient trop rarement satisfaction (Daniel Desbiens)



La constellation des satellites
NAVSTAR - GPS

Les GPS portables ont des problèmes d'autonomie. Les autonomies affichées par les fabricants le sont selon la formule « jusqu'à N heures selon utilisation », et ces valeurs sont évidemment très sur-évaluées. Elles correspondent en effet à une consommation minimale que vous n'avez aucune chance de tenir en utilisation effective. En particulier si l'appareil offre des fonctionnalités gourmandes en énergie, comme par exemple un compas électronique, que l'on peut certes mettre « OFF », mais alors il vaut mieux avoir la boussole à côté, elle fonctionne sans pile ! Il faut donc une bonne provision d'accus ou piles si on compte utiliser son GPS plusieurs heures par jour, plusieurs jours de suite.

D'autres difficultés relativement fréquentes sont liées aux perturbations de la réception des signaux des satellites. Il faut que votre outil puisse établir une communication stable avec quatre satellites différents, correctement répartis dans le ciel au-dessus de vous pour fournir une position précise. Les signaux sont affaiblis par le feuillage des arbres si bien qu'il suffit d'une forêt moyennement dense pour vous mettre en difficulté. Dans les rues d'une ville, non seulement les immeubles cachent une partie du ciel, vous privant d'une partie des satellites disponibles, mais vous pouvez avoir des réflexions parasites sur les immeubles environnants qui feront s'embrouiller votre GPS. Cela vous a fait rire que je parle de GPS en ville ? Eh bien, il ne fallait pas rire, parce que le même problème se retrouve en montagne dans un vallon encaissé ou à proximité d'une falaise.

Le calcul de position GPS est en effet d'abord un problème de géométrie. L'appareil mesure la distance à quatre satellites – trois pourraient suffire mais quatre donnent un résultat plus précis car il est alors possible de corriger le décalage entre l'horloge de qualité moyenne de votre appareil et l'horloge atomique embarquée sur le satellite. Vous vous trouvez à l'intersection des quatre sphères centrées sur les satellites. Il faut que les satellites soient assez loin l'un de l'autre pour que cette intersection soit définie de manière précise. Un pan de ciel assez large dégagé de tout obstacle est donc nécessaire. Peu importe en revanche qu'il soit nuageux car les nuages sont transparents à la longueur d'onde du GPS.

Mais à part ça c'est vraiment précis

Le plus souvent ça marche, et c'est précis. Et quand on vous dit précis, c'est précis : le Département de la Défense US, gestionnaire du système¹ annonce des précisions de 10 m sur l'horizontale et de 20 m sur l'altitude, mais selon mon expérience, c'est le plus souvent mieux que cela. Et le système complémentaire EGNOS, actuellement en phase pré-opérationnelle doit en principe ramener l'erreur en dessous de 3 m dans toutes les directions.

EGNOS (European Geostationary Navigation Over-

1. Si un jour les gouvernements européens cessent de se chamailler à son sujet, il finira par y avoir un système GPS européen, Galileo, en parallèle au système américain.

lay Service) programme de l'Agence Spatiale Européenne cofinancé par l'Union Européenne est un programme destiné à permettre l'utilisation du GPS par l'aviation commerciale, domaine où on n'aime pas beaucoup plaisanter avec la sécurité. Il faut donc augmenter la précision du système, et surtout garantir la disponibilité de la connaissance de sa disponibilité et de sa précision (« intégrité du système » dans le jargon). Trente-quatre stations en Europe et aux alentours mesurent en permanence leur position par GPS. Ces positions sont comparées aux positions « réelles » - c'est-à-dire connues à quelques centimètres près - des stations, ce qui permet de tenir à jour en permanence une carte des erreurs du GPS sur l'Europe. En effet une part importante de l'erreur de positionnement GPS est due à des effets de l'ionosphère et de l'humidité atmosphérique. Elle n'est donc pas aléatoire. Cette carte d'erreur est retransmise en permanence par deux satellites géostationnaires de télécommunications. Les appareils GPS qui peuvent recevoir ces signaux peuvent donc éliminer une grande part de l'erreur de positionnement.

Il est prévu que EGNOS soit déclaré bon pour le service aéronautique dans le premier trimestre 2008. Il est en service pré-opérationnel depuis juillet 2007 et peut donc en principe être utilisé dès maintenant par tout un chacun. Je dis « en principe » parce que par exemple mon GARMIN 60 qui est théoriquement compatible EGNOS n'arrive pas à capter les signaux. Je me suis adressé au constructeur et j'attends sa réponse.

Mais, « précis », ça veut dire quoi ?

Dans toute statistique, l'inexactitude du nombre entier est compensée par la précision des décimales (Georges Elgozy)

Bon, admettons. On a une précision de positionnement de 10 m par un GPS recevant quatre satellites et de 3 m si EGNOS tient ses promesses. Mais qu'est-ce que cela veut dire en pratique ?

Cela veut dire que votre appareil a calculé une position dans l'espace dont la valeur est correcte à mieux que N mètres près dans 95 % des cas. Cette position est, par exemple :

X= 4 204 048 m

Y= 165 164 m

Z= 4 777 705 m

dans le repère de référence du système WGS84. Est-ce-que pour autant vous savez où vous êtes² ?

Pour que le renseignement vous soit utile, il faut rapporter l'information à la carte que vous avez achetée à l'IGN. Et là, vous n'y coupez pas, il vaut mieux connaître un peu de géodésie et de cartographie. Car c'est dans cette transformation que se situent les principaux pièges du GPS.

Géodésie et cartographie, des sciences exactes pleines d'incertitudes

La Terre n'est pas assez ronde (Edith Piaf)

Juste deux petites définitions pour savoir de quoi on parle. La géodésie est la science de la représentation de la forme de la terre et de son champ

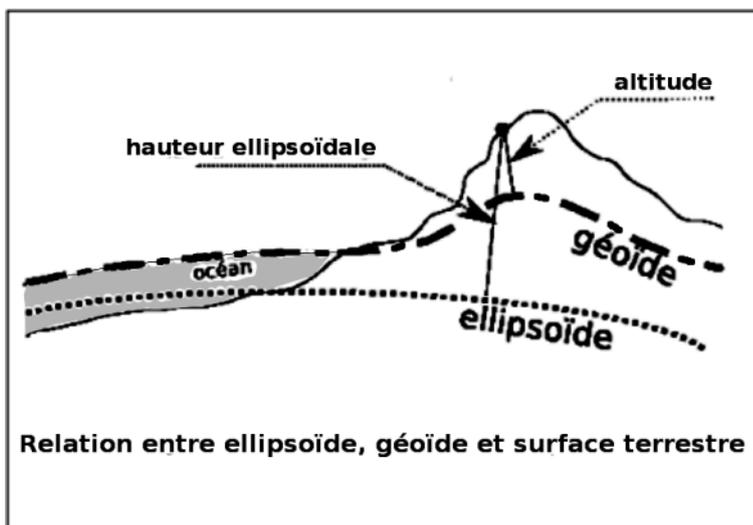
de gravité. La cartographie est l'art (la science ?, la technique ?) qui permet de représenter la surface terrestre sur un plan, communément une feuille de papier.

Dans la section précédente, j'ai déjà donné le mot de code magique : WGS84. C'est le nom du système géodésique de référence qui est utilisé par le système GPS lui-même. C'est donc tout d'abord un repère constitué d'une origine O située au centre de masses de la Terre, d'un axe OZ parallèle à l'axe moyen de rotation de la Terre et des deux axes OX et OY dans le plan de l'équateur, OX passant par le méridien de Greenwich. C'est dans ce repère que GPS calcule ses intersections de sphères et aboutit au X,Y,Z mentionné plus haut.

Après, il faut passer au couple latitude et longitude. Mais pour cela il faut définir la forme de la Terre qui, n'en déplaise à Erathostène et à Copernic, n'est pas ronde du tout. Chacun y est donc allé de son « ellipsoïde de révolution aplati aux pôles » pour la représenter du mieux possible et WGS84 n'a pas manqué de définir le sien. C'est l'ellipsoïde qui sert à calculer latitude et longitude. Notez que si vous devez fonctionner dans un autre système géodésique de référence, par exemple le système géodésique européen unifié (ED50) qui utilise un repère et un ellipsoïde différents, votre appareil GPS se chargera de faire les conversions nécessaires si vous le lui demandez.

Au passage, faisons une digression sur la détermination de l'altitude, nouveau problème que la connaissance de l'ellipsoïde de référence ne suffit pas à résoudre. En effet, les altitudes sont définies « par rapport au niveau moyen de la mer ». En termes savants, on dit par rapport au géoïde. Le géoïde est un être mathématique qui représente la Terre mieux que n'importe quel ellipsoïde de référence, mais du coup il est plein de bosses et de trous. Il a tout de même une particularité intéressante et très concrète : en tout point de la planète, la verticale matérialisée par un fil à plomb est perpendiculaire à la surface du géoïde. C'est grâce à cette propriété que les instituts géographiques déterminent toutes les altitudes par triangulation de proche en proche à partir du point de référence (Marseille pour la France).

Mais on voit bien la difficulté induite pour ce pauvre GPS. A partir de son (X,Y,Z) il peut calculer facilement



2. En fait, votre situation est plutôt favorable, vous êtes sur le trottoir devant chez moi, montez donc prendre un pot...

la hauteur au-dessus de l'ellipsoïde de référence, mais le résultat n'a pas grand chose à voir avec l'altitude. En France, le géoïde est au dessus de l'ellipsoïde du WGS84, de 44 m au plus bas dans le Bassin Parisien à 55 m au plus haut sous les Alpes et les Pyrénées. Les anciens appareils GPS se contentaient de donner la hauteur ellipsoïdale et vous laissaient vous débrouiller tout seul avec l'altitude. Les récents incluent un modèle de géoïde qui leur permet de restituer une vraie altitude. Je me suis adressé au fabricant de mon GPS pour lui demander quel modèle de géoïde il utilisait et quelle en était la précision. J'attends toujours sa réponse. Lorsque l'on est sur le terrain, il faut donc vérifier systématiquement l'indication d'altitude sur des points cotés. On voit écrit partout qu'il ne faut pas se fier à l'altitude donnée par un GPS non équipé d'un altimètre barométrique, à cause de l'imprécision plus forte sur la mesure de ce paramètre, mais cela ne correspond pas à mon expérience personnelle en région parisienne ou dans les Alpes du Sud. Même sans utilisation de EGNOS je suis prêt à faire confiance à mon GPS autant qu'à l'altimètre pour mesurer l'altitude, car je n'ai que très rarement rencontré de décalage supérieur à 10 m avec les points cotés, et jamais supérieur à 20 m.

En tout état de cause, muni d'une latitude et d'une longitude, vous étiez déjà sauvés, me direz-vous. Que nenni ! En effet, il y a longitude et longitude et il y a latitude et latitude. Les valeurs dépendent de l'ellipsoïde du système de référence qui a servi à les calculer. Sur l'une des fiches d'information du site Internet de l'IGN on trouve l'exemple d'un point avec ses latitudes et longitudes dans le système WGS84 et dans le système géodésique européen unifié. Si on prend les unes pour les autres l'erreur est de l'ordre de 200 m !

Qui plus est, pour se retrouver sur une carte, il faut des coordonnées x et y dans la carte. Et c'est encore une étape supplémentaire pour passer de l'ellipsoïde au plan du papier, il faut faire une « projection ». C'est là qu'apparaissent pour les cartes françaises les termes de « Lambert » ou de « UTM » (Universal Transverse Mercator). La situation la plus simple est celle où vous disposez d'une carte avec un carroyage (une grille à maille carrée) de la projection UTM rapporté au système WGS84. Cela correspond au réglage par défaut de la plupart des GPS et vous avez peu de risque d'erreur.

Toutes les cartes IGN portant le logo « Compatible GPS » et munies d'un carroyage UTM tracé en bleu sur la carte ont cette propriété : UTM dans le système WGS84. Mais cela ne va pas sans gags. Sur certaines cartes TOP 25 un peu anciennes, l'IGN a rajouté le carroyage UTM-WGS84 sur la feuille sans modifier le cartouche (partie de la carte où se trouve la légende) de la carte qui dit qu'on a affaire à un carroyage UTM-ED50 (système géodésique européen unifié). Si la mention WGS84 écrite en petit sur un bord de la carte³ vous échappe et que vous faites confiance au cartouche vous êtes bon pour vous tromper d'environ 200 m sur votre position. Adieu la précision de votre GPS ! C'est en particulier le cas de la carte TOP 25 3633 ET « Tignes-Vald'Isère » imprimée en 1998 et encore vendue aujourd'hui.

A tout prendre, je préfère l'attitude de l'Office Fédéral de Topographie Suisse avec lequel tout est simple et clair : les cartes suisses présentent un carroyage UTM dans le système géodésique suisse CH1903, point final.

3. Sur les TOP25-GPS, si le cartouche parle de "système géodésique européen unifié", il est en principe contredit par l'existence de la mention écrite quelque part sur le bord de la carte : « Le quadrillage kilométrique UTM-WGS84 imprimé en bleu permet de se localiser sur la carte à partir d'une position donnée par un récepteur GPS »

Pour utiliser ces cartes on règle son GPS sur CH1903 et tout va bien, pas de risque d'erreur.

Encore un détail intéressant à propos de certaines TOP 25 de l'IGN. Il peut y avoir un décalage de 20 à 30 m (environ 1 mm sur la carte) entre le fond et le carroyage UTM-WGS84. Il s'agit, je cite ; « d'une erreur graphique d'origine cartographique. Celle-ci est due à l'application du quadrillage numérique UTM, géométriquement rigoureux, sur un fond cartographique analogique issu de plusieurs composantes de la série Bleue au 1/25000, assemblées lors de la création des TOP 25 ».

Conclusion : même si l'erreur du calcul de votre position par votre GPS est inférieure à 10 m, vous risquez d'avoir parfois du mal à exploiter cette précision dans la pratique (en supposant que vous en ayez besoin).

WGS84 : la référence est partie à la dérive

En pratique, un système de référence est matérialisé par un réseau de stations réparties à la surface du globe. Dans le cas du WGS84 il s'agit des stations de poursuite des satellites GPS. Leurs coordonnées (X,Y,Z) ont été mesurées en 1984 avec une incertitude supérieure au mètre. Un raffinement intervenu en 1996 a fait descendre l'incertitude au niveau du décimètre. Mais à ce niveau de précision, la tectonique des plaques n'est plus négligeable. La dérive des continents atteint plusieurs centimètres par an, si bien que les stations de référence ne sont plus à l'endroit défini par leurs coordonnées de 1996. Utilisant des moyens de positionnement plus précis que le GPS, l'IERS (International Earth Rotation Service) redéfinit à intervalles réguliers un système de référence qui tient compte des déformations de la Terre et fournit donc une matérialisation plus précise du WGS84 théorique. Mais pour les besoins courants la référence du WGS84 de 1996 encore utilisée dans le système GPS fait encore l'affaire.

Et pour finir, quelques bonnes paroles sur l'utilisation du GPS

La perfection des moyens et la confusion des buts semblent caractériser notre époque (Albert Einstein)

J'ai indiqué que je me servais peu d'un GPS pour naviguer. Il y a cependant deux usages qui me paraissent utiles pour la sécurité en ski de rando. Je mets dans la machine les coordonnées du refuge où je vais si je pense qu'il risque d'être difficile à trouver dans le brouillard. Et je me suis entraîné à utiliser la fonction « Trackback » (retour en arrière) qui permet de revenir sur sa trace de manière précise même si la tempête s'est levée et a effacé la trace.

Pour quelqu'un qui veut utiliser un GPS pour naviguer, il faut y introduire une « route », succession de points de passage vers lesquels le GPS vous guidera successivement. Il est possible d'entrer ces points un par un à la main mais c'est extrêmement fastidieux et source d'erreur. La méthode commode est de tracer la route sur une carte numérique avec un PC puis de la transférer du PC vers le GPS. Mais l'utilisation de logiciels et cartes numériques commerciaux coûte cher. Il faut quatre DVD

Géorando rien que pour couvrir les Alpes françaises, soit environ 130 €. Autant pour les Pyrénées et un DVD pour la Corse. En Suisse c'est pire. Il faut six DVD pour couvrir les montagnes suisses pour un total de 670 € environ. Sans compter que la carte numérique ne dispense pas de la carte papier, même si votre GPS est capable de charger et d'afficher des cartes. Avec son écran trop petit si on a le détail on n'a pas la vue d'ensemble et si on a la vue d'ensemble on n'a pas le détail (sans oublier le problème d'autonomie mentionné au début de l'article).

Une solution moins chère consiste à scanner des cartes papier et à utiliser le logiciel GPSTRACK capable de les manipuler. Autrefois gratuit, ce logiciel coûte aujourd'hui 60 €, mais pour cette seule dépense vous pouvez utiliser toutes vos cartes papier. Attention à ne pas diffuser vos fichiers de cartes numérisées, vous vous exposez à des ennuis avec l'éditeur des cartes. Bonne nav !

Des références pour approfondir :

Wikipedia en français donne une description succincte mais complète et claire du système GPS :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

Le site de l'Ordnance Survey (l'IGN britannique), à la fois très complet et très didactique. Il est évidemment en anglais :

<http://www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/gps/information/index.html>

Le site de l'IGN propose quatre fiches sur les sujets de géodésie et cartographie. C'est en français, c'est très précis mais la pédagogie n'est pas le métier de l'IGN...

http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr_id=1646&lng_id=FR

L'Observatoire Royal de Belgique donne en français une description technique du système GPS et des systèmes géodésiques de référence :

http://www.gps.oma.be/start_fr_ok_css.htm

Le site de l'Agence Spatiale Européenne consacré à EGNOS :

<http://www.esa.int/esaNA/egnos.html>

Débriefing sur l'Unité de Formation Commune aux Activités

par Julien Baudry

UFCA. Un nom un peu barbare. Sans doute même un sigle un peu rebutant pour les affamés d'activités de grand air que nous sommes tous. C'est en tout cas ce que je me suis dit en m'inscrivant à cette formation qui a vu son statut évoluer d'obligatoire « officiellement » à obligatoire « tout court » pour qui veut aller vers l'encadrement. Un peu à reculons donc, je me suis inscrit à une session proposée par le CAF Thonon-les-Bains, les clubs d'Ile-de-France étant peu actifs dans l'organisation de telles sessions.

Mais si je me permets d'occuper un encart du Crampon, ce n'est pas pour relater comment j'ai traîné mon ennui de Paris jusqu'à Thonon, puis pendant une journée complète. Bien au contraire. C'est plutôt pour témoigner de ma satisfaction grandissante de m'être inscrit à cette formation, pour témoigner de l'attention que j'ai prêtée aux intervenants qui ont su éveiller notre curiosité tout au long de la journée. À noter que, plutôt que de parler de formation, il vaudrait mieux parler d'information. Et cette information balaie plusieurs thèmes importants, que chacun gagne à intégrer dans sa vision, sa réflexion et sa pratique de la montagne.

Premier thème le CAF devenu FFCAM, son histoire, ses missions passées et actuelles, son positionnement par rapport à la FFME, son organisation, ses sections, etc. Outre donc l'histoire d'une fédé plus que centenaire et bien vivante, on peut en tirer ce qu'elle est capable d'apporter à chacun au travers de sections ou de moyens pas toujours bien connus.

Second thème : le rôle de l'encadrant, en termes humains et organisationnels. Ce second thème confirme en détail que l'encadrant bénévole est bien le pilier de nos activités collectives.

Troisième thème, abordé par un médecin-randonneur : quelques notions de diététique de l'effort et présentation d'une trousse à pharmacie-type, que nous avons tous dans nos

sacs bien sûr...

Quatrième thème, abordé par l'un des membres de la section régionale environnement : la montagne vue sous son angle environnemental. Une approche succincte de sa géologie, de sa faune et de sa flore, de ses habitants et de sa vie économique d'avant et de maintenant. La conclusion a valu rappel sur l'importance de l'attention que l'on doit porter à cet environnement fragile, et sur quelques conseils pratiques.

Cinquième thème à dimension juridique de notre pratique de la montagne, avec en point d'orgue bien sûr, la forte responsabilité juridique de l'encadrant et du Président de club...

Enfin, sixième et dernier thème : une présentation succincte sur la façon de gérer le matériel au club organisateur, avec notamment les pratiques de vérification.

J'ai trouvé le niveau d'information à la fois complet et correctement résumé, et mon avis est que, si cette formation est obligatoire pour les futurs encadrants, elle n'est pas dénuée d'intérêt pour tout pratiquant de la montagne en club quel qu'il soit. Notre « fédé », quelques infos sur notre terrain de loisir tant apprécié, l'implication, le rôle et la responsabilité grandissante de nos encadrants, valent bien une journée, qui de plus est proposée à un tarif généralement symbolique (5€ pour la session à laquelle j'ai participé).

Pour savoir où et quand sont organisées ces séances qui durent selon le cas une journée complète ou quelques soirées, promenez-vous sur le site de la FFCAM dans la rubrique formation commune :

<http://www.ffcam.fr/formation-commune.html>

Enfin, sachez que notre vénérable président cherche à en organiser une pour l'automne 2008. Cela fera certainement l'objet d'une prochaine communication interne, en plus de sa mise en ligne sur le site fédéral de la FFCAM.

NdlR de dernière minute: une UFCA (20 places) est organisée le 21 juin 2008 au CAF Ile de France, avenue Boissonnade à Paris. Inscription: à compter du 15 mars, contacter Alain Changenet (alain.changenet@orange.fr)