

GPS GNSS et les références géodésiques

problèmes ou progrès pour les topographes

Pascal Willis - Claude Boucher - IGN (Laboratoire de recherche en Géodésie)

Résumé : Le système GPS est devenu un outil incontournable désormais pour la topographie. Les techniques d'observation ont beaucoup évolué, les logiciels sont devenus totalement automatisés. Si l'on n'y prend garde, on risque d'ignorer les problèmes réels de références géodésiques. Le but de cet article est de présenter les problèmes actuels qui se posent en terme de références géodésiques pour le GPS, d'envisager les répercussions futures sur les opérations de terrain du topographe ainsi que de s'interroger sur l'avenir et la nature des réseaux géodésiques. Enfin, d'autres systèmes comme le futur GNSS sont présentés.

INTRODUCTION

En quelques années le système GPS a révolutionné les domaines de la navigation, de la topographie et de la géodésie. Pour le topographe, il devient progressivement l'un des outils indispensables.

Dans ce contexte d'enthousiasme généralisé, il est toutefois bon de pouvoir reprendre une certaine distance vis-à-vis du GPS afin d'anticiper déjà les problèmes qui ne manqueront pas de se poser aux utilisateurs de plus en plus nombreux.

Avant d'aborder les problèmes de typologie du réseau géodésique national (actuel et futur) et de son utilisation par les topographes, il est bon de rappeler quelques notions de base : Une coordonnée de point (même issue de GPS!) n'a pas de signification en soi. Elle ne prend de sens que lorsque l'on définit de plus dans quel système de référence cette coordonnée s'exprime. De plus, la réponse «c'est du WGS-84, car je fais du GPS» n'est pas forcément la bonne [C. Boucher, 1990; S. Malys, J.A. Slater, 1994].

LES SYSTÈMES DE RÉFÉRENCES GÉODÉSQUES

Sans trop entrer dans les détails techniques et spécialisés, on distingue d'un point de vue conceptuel pour un système de référence géodésique sa définition et sa réalisation.

La définition, comme son nom l'indique consiste à donner une définition théorique du système de référence. Toutefois, la définition seule ne permet généralement pas aux utilisateurs d'obtenir par une manière simple des coordonnées.

On a alors recours à des réalisations de ce système de référence qui peuvent elles être multiples et sont de trois types possibles :

- des coordonnées de points physiques au sol (instruments ou repères).

- des éphémérides de satellite exprimées dans ce système (coordonnées d'un point mobile dans l'espace),

- un processus pour fixer dans un traitement de mesures (ex. GPS) toutes les corrections et données qui déterminent sans ambiguïté (mais sans surabondance) les coordonnées des points dans le système désiré,

On a donc pour un même système de référence une seule définition (conventionnelle), mais une multitude de réalisations [C. Boucher, 1989; P. Willis, 1996].

Depuis l'ère spatiale, la plupart des systèmes de références sont définis comme des systèmes tridimensionnels. Il suffit donc de définir l'origine du repère (proche du géocentre), l'orientation des axes dans l'espace (pôle conventionnel de la rotation terrestre, choix d'un méridien origine, le troisième axe assurant un trièdre orthogonal) ainsi que l'échelle des longueurs (le mètre dans le Système International).

Dans ce repère, les géodésiens ont pris l'habitude de noter les coordonnées sous la forme d'un triplet (X,Y,Z). Ces notations peuvent parfois perturber un topographe pour lequel généralement X et Y correspondent à l'aspect planimétrique (en projection) et Z l'altitude.

Les notions de références altimétriques restent aussi indispensables pour diverses raisons. Une telle référence est caractérisée en principe par le choix d'une surface équipotentielle du champ de pesanteur proche du niveau de mer (appelée le géoïde) et d'une mesure de l'éloignement à cette surface (choix du type d'altitude). Là encore, la réalisation d'une telle référence est généralement obtenue par un réseau de points nivelés.

Une réalisation d'un système de référence tridimensionnel ou altimétrique par l'intermédiaire d'un réseau permet donc un moyen d'accès simple aux différents utilisateurs. Il ne reste plus qu'aux utilisateurs à savoir comment densifier le réseau ou comment s'y raccrocher.

Cette logique de densification qui était indispensable avec les techniques traditionnelles [J.J. Levallois et al,

1990] reste encore d'actualité avec les techniques spatiales. Le meilleur système de référence à l'heure actuelle est celui de l'IERS (*International Earth Rotation Service*) [M. Feissel, 1995] : l'ITRS (*IERS Terrestrial Reference System*). Il a été officiellement adopté par l'UGGI (Union Géodésique et Géophysique Internationale) lors de l'assemblée générale de Vienne (Autriche) en 1991.

Il devient important pour ces systèmes mondiaux de précision de prendre en compte les déformations de la croûte terrestre et en particulier celles dues à la tectonique des plaques. On doit donc désormais pour les points à la surface terrestre prendre en compte non seulement l'aspect statique (coordonnées) mais l'aspect cinématique (vitesses). Ignorer ce problème dans un réseau mondial créerait des erreurs de l'ordre de plusieurs centimètres par an!

De plus, il faut être capable de définir et de maintenir un système de référence stable alors que tout bouge à la surface terrestre. Cela est fait en imposant par exemple que la vitesse moyenne des stations dans le monde est nulle.

Grâce aux réalisations successives de l'ITRS (dont la dernière est l'ITRF 94 [C. Boucher et al, 1996]), ce système de référence permet de définir de manière non ambiguë des coordonnées de points partout dans le monde à une exactitude centimétrique. Les différentes réalisations ITRF sont calculées à partir de résultats des techniques de géodésie spatiale les plus précises (analysées par plusieurs centres dans le monde): interférométrie à très longue base (VLBI), télémétrie laser sur satellite (SLR), GPS et le système français DORIS [P. Willis, à paraître]. Les différentes réalisations de type ITRF ne comportent donc qu'un petit nombre de points très bien déterminés dans le monde.

Au niveau européen, la sous-commission EUREF (*European Reference Frame*) de la Commission X de l'Association Internationale de Géodésie a pour mission de définir et réaliser les références géodésiques pour les différents pays membres.

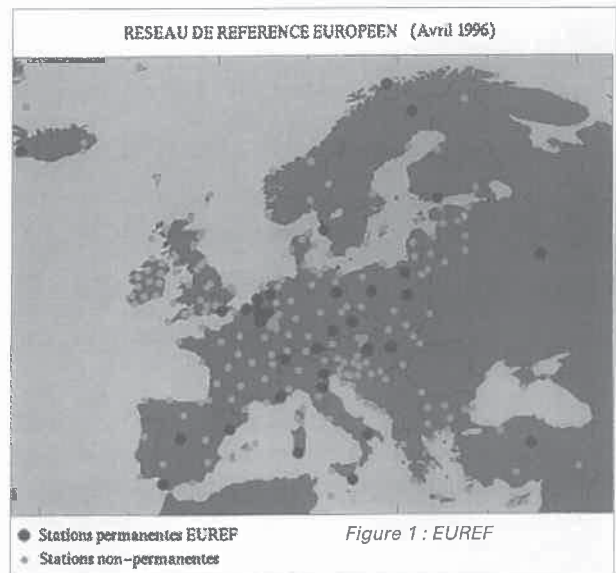
Actuellement EUREF a déterminé que cette mission était assurée au moyen de deux réseaux [EUREF, 1994]:

- un réseau qui assure une densification du réseau IERS au niveau de la centaine de km d'espacement et qui réalise le système terrestre adopté par les pays européens (ETRS89).

- un réseau unifié de nivellement pour l'ensemble de l'Europe

Il est vraisemblable que ces distinctions iront en s'atténuant pour faire place par un réseau multi-techniques et multi-usages.

Il est important de souligner que ce système ETRS89 est défini rigoureusement à partir de l'ITRS mais à l'avantage de rendre négligeable pour la plupart des applications pratiques et pour presque partout en Europe, à l'exception de zones géophysiquement actives, les déplacements des stations dus à la tectonique des plaques.



La figure 1 montre la répartition géographique de ces stations en Europe, en distinguant les stations permanentes des stations non permanentes [Bruyninx et al, 1996].

C'est sur ce réseau que s'est ensuite appuyé l'Institut Géographique National pour obtenir le nouveau Réseau Géodésique Français (RGF) [M. Le Pape, 1991] dont les 23 points du Réseau de Référence Français (RRF) sont constitués par les points français d'EUREF. La figure 2 montre la répartition géographique des points du RRF en France.



LES DIFFÉRENTS CHOIX DE RÉSEAUX GÉODÉSQUES

Sachant que le réseau géodésique n'est qu'un intermédiaire pour le topographe pour accéder au système de référence géodésique, il est naturel de s'interroger sur les besoins réels des utilisateurs et sur la nature même d'un réseau géodésique.

En effet, s'il est bien établi qu'un réseau géodésique est constitué d'un ensemble de points, il est utile de rappeler les différentes fonctions que peuvent avoir ces stations pour l'utilisateur. Bien que cette terminologie ne soit pas encore largement adoptée, on peut distinguer au niveau conceptuel, depuis l'arrivée des techniques spatiales, trois types de stations différentes : les stations de référence, les stations permanentes et les stations actives.

- les stations de référence constituent le niveau minimum d'un réseau (c'était le cas en France de la NTF et c'est toujours le cas du nouveau réseau RGF). La station est constitué d'un repère matérialisé plus ou moins pérenne auquel sont associées des coordonnées géodésiques conventionnelles (et éventuellement une vitesse). Le problème d'un organisme comme l'IGN est d'obtenir (densification par techniques spatiales) les coordonnées les plus exactes possibles dans un système de référence prédéfini. Le problème de l'utilisateur est de savoir ensuite comment se raccrocher de manière opérationnelle (et légale) au réseau.

- les stations permanentes sont des stations de références qui possèdent un instrument géodésique qui mesure en permanence (ex. un récepteur GPS géodésique bifréquence). Plusieurs pays développent actuellement de tels réseaux de stations permanentes : USA, Canada, Norvège, Suède, Belgique... Le développement rapide en Europe a d'ailleurs fait que EUREF a mis en place une coordination spéciale pour ces stations [C. Bruyninx et al, 1996].

- les stations actives dont des stations permanentes pour lesquelles on a rajouté un moyen de télétransmission de données permettant à l'utilisateur d'obtenir des informations en temps réel (messages d'alerte, corrections différentielles de pseudodistances et/ou de phase de la station permanente). Actuellement, aucun réseau dans le monde n'est encore basé sur ce principe, du moins pour les applications topographiques. La majorité des stations actives sont des stations pour la navigation (ne retransmettant uniquement les informations de pseudodistances GPS et permettant un positionnement de type métrique). Toutefois certains constructeurs GPS proposent d'ores et déjà ce type de matériel topographique pour des applications différentielles locales (quelques km) en temps-réel sous la forme d'une station active et non d'un réseau complet de stations actives.

Les principaux services associés à ces réseaux GPS permanents et/ou actifs sont les suivants:

- a) diffusion en léger différé des mesures via une liaison de type Internet
- b) analyse régulière pour le contrôle qualité et des études d'éventuelles variations temporelles des positions
- c) retransmission en temps réel de mesures et d'information (dans le cas d'une station active uniquement)

Actuellement certains réseaux GPS permanents nécessitent deux récepteurs pour assurer les fonctions a et c. C'est le cas du réseau SWEPOS en Suède (20 stations [G. Hedling, B. Jonnson, 1995]). D'autres ont aussi essayé de rationaliser l'aspect logistique en assurant ces fonctions avec un seul récepteur GPS. C'est le cas

du réseau CORS des États-Unis (58 stations déjà en service [M. Cheves, 1996]). Dans l'exemple américain, il faut noter qu'une coopération effective entre les différentes administrations a permis la réalisation de ce réseau unique pour les besoins conjoints des gardes-côtes, de l'aviation civile et des levés géodésiques!

UTILISATION DU GPS AU SEIN DU RÉSEAU GÉODÉSIQUE NATIONAL

La majorité des travaux topographiques sont des travaux locaux (quelques dizaines de km) pour lesquels le GPS est particulièrement bien adapté. En effet, à l'exception de certains environnements très particuliers (zones urbaines très denses ou zones forestières) le GPS est toujours utilisable. De plus, vu les distances entre points, une utilisation monofréquence avec orbite radio-diffusée est envisageable à un coût moindre et pour une exactitude quasiment identique. La totalité des logiciels de calculs du commerce sont maintenant fiables et totalement automatisés ne laissant à l'utilisateur que la tâche indispensable de contrôle qualité des résultats.

Le réseau étant calculé en mode relatif, il reste toutefois le problème de la référence (dont les coordonnées doivent être connues en principe en WGS-84 à 10 m près [P. Willis, 1989]). La question est de savoir comment rattacher son réseau local au réseau national. Il serait très simpliste de considérer cette obligation légale comme une contrainte inutile : C'est une nécessité économique!

Avec l'ancien réseau NTF (Nouvelle Triangulation de la France), d'une précision relative estimée à 10^{-5} , le problème d'inclure au mieux son réseau GPS au réseau national était complexe. On pouvait par exemple, s'appuyant sur des points de la NTF, rechercher des formules locales de transformation. Cela revenait à rajouter à son réseau GPS des erreurs additionnelles afin d'être plus cohérent avec le réseau national.

Avec le nouveau réseau RGF, d'une précision estimée à 10^{-6} , ce problème ne devrait plus se poser, puisque l'utilisateur ne sera plus en mesure de mettre en évidence les erreurs du réseau (du moins avec les instruments en sa possession). Le seul problème restant est le choix de la référence pour le réseau GPS, puisque celui-ci est calculé uniquement en mode différentiel.

Pour rattacher son réseau GPS au réseau national, on peut imaginer très schématiquement trois scénarios différents :

- le réseau géodésique national est très dense (Réseau de Détail Français) et est constitué uniquement de stations de référence (aucun récepteur GPS permanent). Dans ce cas, l'utilisateur peut inclure un ou plusieurs points du réseau national sans modifier ses techniques d'observations GPS. Le coût pour l'IGN et donc pour l'état est bien sûr plus important (grand nombre de points à entretenir), mais cela possède aussi l'avantage non négligeable que le réseau reste accessible à des utilisateurs traditionnels ne disposant pas forcément de matériel GPS.

- le réseau géodésique est constitué d'un petit nombre de stations permanentes (de la dizaine à quelques centaines récepteurs GPS en France). Dans ce cas, le rattachement au réseau ne peut se faire que dans

une étape séparée en utilisant une technique GPS mieux adaptée à ces grandes distances (récepteurs bifréquences et orbites précises en temps différé comme celles de l'IGS ainsi qu'un logiciel adapté). Ce rattachement au réseau national peut être fait soit en incluant une station permanente dans son propre réseau soit après coup en déterminant un vecteur entre un point du réseau et une station permanente. Suivant la distance entre le réseau et la station permanente la plus proche, différents types de processus GPS sont à mettre en œuvre (éventuellement récepteurs bifréquences et utilisation d'orbites précises IGS).

- le réseau géodésique est constitué d'un certain nombre de stations actives. Dans ce cas, on dispose de récepteurs permanents, retransmettant leurs mesures en temps réel. L'intérêt du temps réel ne semble justifié en topographie que si l'utilisateur peut lui-même se positionner en temps réel. Actuellement, seules les orbites radiodiffusées sont accessibles en temps réel, ce qui limite les applications centimétriques à des réseaux de l'ordre de la vingtaine de km. Il semble donc peu envisageable de mettre sur pied un réseau actif comportant un tel nombre de stations en France. Toutefois, on pourrait aussi envisager que de telles stations soient installées soit à la demande, soit uniquement dans des régions de plus forte activité. Enfin, il n'est pas non plus exclus qu'on puisse à l'avenir obtenir en temps réel des orbites de l'IGS (qui ne seront bien sûr que des prédictions d'orbites précises basées sur des mesures antérieures), plus précises que les orbites radiodiffusées. Ceci permettrait de réduire alors sensiblement le nombre minimum de stations actives à maintenir en France.

On voit donc que le problème des références géodésiques a des répercussions directes sur le futur des réseaux géodésiques ainsi que sur l'utilisation du GPS par les topographes.

Enfin, et ce n'est pas un problème simple à résoudre, il s'agit de modifier les textes législatifs réglementant l'utilisation du réseau géodésique national pour les applications topographiques. Une étude est actuellement en cours au sein d'un groupe de travail du CNIG présidé par M. Y. Egels.

LES NOUVELLES APPLICATIONS DU GPS

Si l'on analyse avec un certain recul l'évolution des applications GPS, on peut distinguer plusieurs étapes essentielles ainsi qu'un certain nombre de tendances prévisibles. La première étape (80-85) a été de passer des applications métriques de type navigation aux applications centimétriques de type topographie. A cette époque, la technique était opérationnelle mais seulement pour des petits réseaux et en observant suffisamment longtemps.

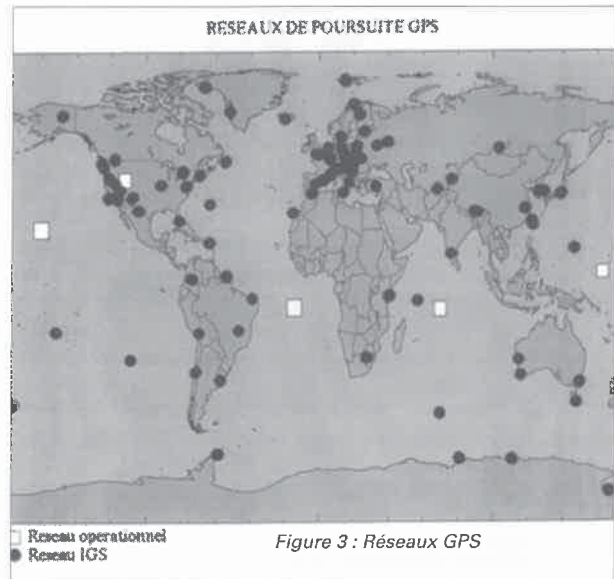
Pour conserver cette exactitude centimétrique pour des réseaux mondiaux (et donc permettre de densifier le réseau IERS sans perte de qualité), il devint nécessaire d'obtenir des orbites GPS précises. C'est la mise en place progressive du service IGS (International GPS Service for Geodynamics) de l'AIG [IGS, 1994]: réseau de poursuite permanent, centres de calculs orbitographiques opérationnels, archivage et redistribution des mesures GPS et des résultats obtenus (orbite, horloges

satellites, modèles ionosphériques, information météorologique,...).

Ces orbites GPS de l'IGS sont beaucoup plus exactes que celles radiodiffusées par le système lui-même pour au moins deux raisons :

- elles sont obtenues avec un réseau d'orbitographie plus dense. La figure 3 montre la comparaison entre le réseau militaire de 5 stations servant aux calculs des orbites radiodiffusées et le réseau scientifique de l'IGS.

- elles sont calculées à partir des mesures réelles et non extrapolées à partir de mesures anciennes (seule solution possible pour le temps réel).



Parallèlement à ces développements indispensables à la constitution de réseaux mondiaux, continentaux et nationaux, les techniques de traitement pour les petits réseaux se sont aussi grandement améliorées, permettant de réaliser actuellement du positionnement centimétrique d'objets en mouvement. Ce sont ces applications précises en temps-réel qui apportent déjà de nouvelles utilisations du système GPS : utilisation dans le domaine des BTP (guidage d'engins de compactage de la chaussée, aide pour la sécurité de conduite d'engins de chantiers), dans celui de l'agriculture (aide au tracé de sillons, couplage des informations de localisation avec des informations de productivité pour la moisson). Cette liste est certainement loin d'être close. Dans toutes ces applications, la localisation par GPS n'est qu'un outil couplé avec d'autres types d'information beaucoup plus primordiales que la localisation pour ce nouveau type d'utilisateurs GPS.

LE FUTUR SYSTÈME GNSS

Bien que le système GPS soit devenu omniprésent pour de nombreuses applications, il faut noter que de nouveaux systèmes sont d'ores et déjà en phase d'élaboration. Il faut citer à ce sujet le projet européen GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Ce projet très ambitieux est une réponse aux besoins de la communauté navigation et principalement celle de la navigation aérienne. En effet, le système GPS actuel remplit pratiquement les besoins en exactitude de cette communauté, mais pas tout à fait ceux en terme d'intégrité.

Deux problèmes simples se posent pour cette communauté :

- lorsque l'un des satellites GPS envoient des messages (mesures) erronées au bout de combien de temps l'utilisateur est-il prévenu ?

- est-on sûr qu'à tout moment et à tout endroit du monde on dispose du nombre minimum de satellites GPS en visibilité pour obtenir sa position ?

Dans les deux cas, la réponse à ces questions à une implication dramatique sur la sécurité des personnes à bord de l'avion.

Pour résoudre ces problèmes, le GNSS va se développer en deux étapes successives :

- le GNSS-1 qui est l'augmentation de la constellation GPS (et éventuellement de celle de GLONASS) par un satellite géostationnaire retransmettant le signal GPS ainsi que des messages d'alerte pour l'utilisateur.

- le GNSS-2 qui pour un horizon beaucoup plus lointain sera un nouveau système satellitaire à part entière entièrement indépendant du système GPS mais correspondant aux attentes de la navigation aérienne.

Il est encore un peu tôt pour préjuger de ce que pourra être ce futur système, mais il faut noter que, dès le début de ce projet, un effort considérable a été fait pour associer les différentes communautés potentiellement intéressées par ce futur système (navigation aérienne, maritime ou terrestre, géodésie, topographie). Il faut toutefois rester vigilant et s'assurer que la totalité des professionnels se retrouvent effectivement représentées dans les réunions préparatoires à travers leurs organismes fédérateurs.

Enfin, il est souvent difficile d'imaginer avant qu'un système existe vraiment ses futures applications ainsi que les besoins réels des utilisateurs (qui n'existent peut-être pas encore). A titre d'illustration, nous rappellerons que le système GPS a été conçu pour des applications décamétriques, alors que cet article n'aborde que les applications de types centimétrique (soit trois ordres de grandeur en dessous).

CONCLUSIONS

En conclusion, le GPS est vraiment en passe de devenir un système incontournable pour la topographie. Sa facilité d'utilisation (au moins dans les zones dégagées) fait qu'il existe un risque non nul de prolifération de réseaux locaux indépendants et non rattachés au réseau géodésique national. Cela serait revenir d'un siècle en arrière avant l'apparition des réseaux géodésiques unifiés et légaux. De plus au niveau national, cela poserait de graves problèmes pour les applications de plus nombreuses de type systèmes d'information géographique et serait un gâchis financier à l'échelle de la nation.

Pour que ce cap technologique soit habilement négocié par la totalité de la profession, il faut que le problème des références géodésiques ne soit pas sous-estimé et masqué sous la technicité réelle de ce système spatial. Enfin, des possibilités nouvelles s'ouvrant à l'utilisateur (en particulier les applications temps-réel), il est important de réfléchir sur la nature même d'un

réseau géodésique (stations de référence, stations permanentes ou stations actives?). La France a la chance d'avoir depuis plusieurs années un CNIG (Conseil National de l'Information Géographique) qui est le lieu de discussion idéal entre producteurs et utilisateurs de réseaux. Le nouveau Réseau Géodésique Français est-il une fin en soi ou une étape ?

RÉFÉRENCES

Boucher C., Current intercomparisons between CTS's, published in J. Kovalesky et al, *References Frames*, Kluwer Academic Publishers, 1989, pp. 327-348.

Boucher C., *Reference Systems Related to GPS*, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Vol 2, 1990, pp. 207-216.

Boucher C., Z. Altamimi, P. Sillard, M. Feissel, *Results and Analysis of the ITRF-94*, IERS Technical Note n°20, to be published, March 1996.

Bruyninx C., A. Muls, W. Gurtner, *Implementation of a permanent GPS network in Europe*. EUREF Techn. Working Group Meeting, Feb 9 1996, 1996.

Cheves M., *No-cost GPS observations available nationally*, Professional Surveyor, March 1996, Vol 16, B02.

EUREF, *Reports on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF)*, Warsaw, Poland, June 1994, Publication n° 3, Edited by E. Gubler, H. Hornik, Verlag der Bayerischen Academie der Wissenschaften, 361 p.

Feissel M., *Références globales pour la géodésie et l'astronomie: le rôle de l'IERS*, revue XYZ, 65, pp. 31-34, 1995.

Hedling G. B. Jonsson, *SWEPOS, A Swedish Network of Reference Stations for GPS*, LMV Report 1995:15, Août 1995.

IGS, *International GPS Service for Geodynamics, Densification of the IERS Terrestrial Reference Frame through Regional Networks*, Workshop Proceedings, JPL, Pasadena, California, USA, Nov 30-Dec. 2, 1994.

Le Pape M., *Définition et réalisation du Réseau Géodésique Français*, revue XYZ, 47, pp. 12-16, 1991.

Levallois J.J., C. Boucher, P. Willis, *Évolution du réseau géodésique national, maintenance et utilisation par technique de géodésie spatiale*, revue XYZ, 43-44, pp. 40-52, 1990.

Malys S., J.A. Slater, *Maintenance and Enhancement of the World Geodetic System 1984*, Institute of Navigation meeting, ION-GPS 94, Salt Lake City, Utah, USA, Sept. 1994.

Willis P., *Méthodes de traitement de la phase GPS pour la localisation relative (statique et cinématique): Applications à la géodésie*, thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, 1989.

Willis P., C. Boucher, *L'unification des références géodésiques: l'exemple du Tunnel sous la Manche*, revue XYZ, 62, pp. 15-21, 1995.

Willis P., *Basic considerations on the problem of geodetic references and its implications for the European Radionavigation Plan (ERNP)*, Avril 1996, IGN/LAREG MM 12.

Willis P., *Le système DORIS: Applications actuelles à l'IGN et perspectives d'avenir*, soumis à la Revue Internationale de Géomatique, numéro spécial sur la recherche à l'IGN.

VOIES NAVIGABLES DE FRANCE opère depuis quelques semaines un nouveau système bathymétrique sur la vedette YVELIN II du service de la Navigation de la Seine, fourni conjointement par les Sociétés ACTHYD et GPH. Ce système est composé d'un Sondeur monofaisceau bi-fréquence DF3200MKII de la Société ODOM Hydrographics, d'un récepteur GPS bi-fréquence 4000SSi Trimble, et des Logiciels de navigation et d'acquisition de données sur PC.

Le sondeur DF3200 est un sondeur hydrographique classique, portable, modulaire, et étanche, avec enregistreur papier à 16 niveaux de gris, et écran graphique de contrôle et d'affichage des menus. Dans le cas présent, le DF3200 utilise les transducteurs de coque installés précédemment sur la vedette avec l'ancien système. Un transducteur séparé à faisceau étroit peut servir aux inspections là où la «vision» est impossible pour les sondes de la vedette (pieds de quais par exemple).

L'originalité principale du système réside dans l'utilisation permanente d'un récepteur DGPS Trimble de précision verticale centimétrique permettant de s'affranchir des mesures ou relevés permanents du niveau du plan d'eau : le

récepteur 4000SSi délivre deux fois par seconde l'altitude du bateau dans un repère local ; la synchronisation parfaite de cette mesure avec celle du sondeur, la compensation des offsets d'antennes, et le calcul final de la profondeur dans le repère local sont exécutés par un Logiciel compatible PC développé par la Société GPH.

Le Récepteur Trimble 4000SSi en mode cinématique post-traité a en outre déjà permis de faire l'implantation ou la vérification de très nombreux points géodésiques le long des berges de l'Oise en un temps record. La prochaine application envisagée est la mesure en continu de la «ligne d'eau» de la Seine, qui n'est possible qu'avec un récepteur GPS bi-fréquence dont la rapidité de réinitialisation automatique (OTF) lui permet de rester opérationnel après chaque passage de pont ou de couvert feuillu.

Pour plus d'informations, ce sujet sera développé dans le prochain numéro de XYZ.

(publi-reportage)



DISTRIBUTION ET LOCATION D'INSTRUMENTATION HYDROLOGIQUE

20 ans d'expérience au service des entreprises privées ou nationales
en

OCÉANOGRAPHIE, OFFSHORE, MARINE NATIONALE ENVIRONNEMENT COTIER, PORTUAIRE, ET FLUVIAL

spécialités : ▲ positionnement/navigation (GPS/acoustique)
▲ bathymétrie / cartographie des fonds
▲ instrumentation pour robots sous-marins
▲ imagerie sous-marine (sonar, photo, vidéo)

PRODUITS

Sondeurs mono ou multifaisceaux, sonars latéraux
Positionnement acoustique USBL/SBL/LBL) ou laser ou GPS
Transpondeurs / pingings compatibles
Bras manipulateurs / éclairages / hydraulique / sonars pour ROV
Sondes multiparamètres de mesures de qualité de l'eau
Treuil, câbles étanches, accessoires de mouillages (flotteurs, largueurs, bouées de surface ou de sub-surface), poissons remorqués
Matériaux polymères ou syntactiques pour flottabilité ou protection mécanique
Courantomètres (acoustique / électromagnétiques), marégraphes
Logiciels de navigation intégrée, d'acquisition de données, de traitement de la bathymétrie, d'imagerie sonar, de calcul de structures offshore
Caméras photo ou vidéo sous-marines
Transducteurs piézoélectriques

PRRTENAIRES

APPLIED ACOUSTIC
ENGINEERING, AQUAMATIC,
AUBREY CONSULTING, BENTHOS,
C-MAX, C.G.G.E., CRP MARINE,
EIVA, GUIDLINE, HYDROCABLE
SYSTEMS, HYDROBOND
ENGINEERING, IMETRIX, MDL
ENGINEERING, NEPTUNE SONAR,
ODOM HYDROGRAPHICS, ORE,
SENORTEC, SOCOMAR, SOUND
OCEAN SYSTEMS, TRELLEBORG
BAKKER, TRIMBLE, TRITECH
INTERNATIONAL, TRITON
TECHNOLOGY, WOODS HOLE
INSTRUMENTS, ZENTECH

ASSISTANCE TOTALE

montage de projets en partenariat
recherche ou apport du financement
installation / formation / maintenance
expertise technique / conseils

contacter Marcel Tardivon

acthyd ▲ 9, rue Jules Ferry ▲ 91310 LINAS ▲ France
tél. (33) 1 64 49 31 66 ▲ fax. (33) 1 64 49 06 28 ▲ portable (33) 07 44 07 31