

Temps réel centimétrique

Teria se positionne

Teria, un accès à la référence moderne (page 32)

Le GPS pour mesurer l'erreur totale en milieu urbain (page 40)

Réseau Teria : mise en service confirmée pour la fin de l'année (page 42)

Teria, Géoportail et Aurige... (page 44)

TRIMBLE

Teria, un accès à la référence moderne

Le système Teria, actuellement le plus important projet de réseau GPS temps réel centimétrique dans le monde, est, grâce à sa couverture nationale complète, en passe de régler de façon définitive le problème de mise en référence des levés de tous les géomètres-experts français, dans des conditions de précision et de facilité d'emploi qui ne devraient pas décevoir les usagers. L'amélioration considérable qui interviendra vers 2010 avec le passage en phase opérationnelle de Galileo, et sans doute aussi de Glonass, le rendra très employé même dans les zones urbaines. C'est une avancée majeure, non seulement dans le domaine de la topométrie courante, mais aussi dans celui de la géodésie ! Pour les géomètres-experts l'arrivée de Teria (effective dès la fin de l'année) va redynamiser le fichier Aurige, qui recense les travaux de délimitation foncière qu'ils exécutent. Via un partenariat avec le nouveau Géoportail de l'Institut géographique national (IGN), et la mise en réseau dans Aurige d'éléments cartographiques, il est envisageable d'aboutir à un véritable plan numérique de la propriété foncière.

Les géomètres-experts savent l'importance que revêt le géoréférencement. Mais à quels impératifs répond aujourd'hui cette phase du travail, et quelle place y tient un réseau GPS temps réel centimétrique national comme Teria ?

Michel Kasser, directeur de l'ENSG

Un levé topographique doit s'appuyer sur des points de référence. Si ces points eux-mêmes ont des coordonnées liées à la référence géodésique nationale, alors les points levés s'exprimeront dans cette référence avec plus ou moins de précision. Ainsi, un levé peut être localisé dans la référence nationale à 1 m près, ou à 5 cm près (lire l'encadré page 33).

Pourquoi les textes réglementaires successifs ont-ils insisté sur le besoin de géoréférencer tous les levés d'une certaine importance ? C'est bien évidemment pour éviter de dupliquer inutilement des travaux coûteux et surtout, alors même que les SIG n'avaient pas encore donné toute la pertinence actuelle de cette démarche, pour permettre l'addition constructive de levés obtenus sur une même zone, sans avoir de souci pour une superposition correcte. Actuellement, c'est encore bien plus évident : la synergie entre des lots de données différentes (ce

qui est l'essence même de la plus-value apportée par un SIG) n'est facile à trouver et ne permet de dégager une réelle valeur ajoutée que lorsqu'il n'y a pas de problème de systèmes de référence.

Comment la référence moderne est-elle construite pour parvenir à un tel niveau de précision ? On construit d'abord la référence mondiale, à partir de quatre types de mesures de géodésie spatiale (télémétrie laser sur satellites, interférométrie radio-astronomique, stations permanentes GPS, et Doris), avec la précision extraordinaire de 1 cm à l'échelle de la Terre. A ce niveau de précision, les coordonnées ne cessent de bouger (tectonique des plaques) : on extrait alors des sous-ensembles de points qui bougent de façon rigide, tous ensemble... C'est, par exemple, le cas des points sur l'ensemble de l'Europe. Le réseau de référence européen Euref est obtenu ainsi, en supprimant ces mouvements communs afin d'obtenir des coordonnées >>>



EXAGONE

Vers un géoréférencement automatisé

Selon les cas, le géoréférencement d'un levé doit être plus ou moins précis. Souvent absent à l'époque de la triangulation, il s'«automatise» et devient donc incontournable.

- ▶ Lorsque la référence nationale a comme précision propre 2 cm, comme c'est le cas pour une référence moderne comme le RGF 93 en France, on peut localiser l'ensemble d'un levé à 5 cm près, mais pas à 5 mm près, ce qui serait dépourvu de sens.
- ▶ Selon les technologies em-

ployées, il a pu s'avérer, dans le passé, comme relativement coûteux de localiser un levé dans la référence nationale, en particulier à l'époque de l'emploi de triangulations. Pour cette raison, de nombreux levés n'ont alors, malgré l'obligation légale de rattachement, fait l'objet d'aucun géoréférencement.

▶ Actuellement, la technique du GPS appuyée sur des stations permanentes a beaucoup changé la donne en matière de mesure de points de canevas puisque, lorsque la station de

référence est correctement reliée à la référence nationale officielle (ce qui est le cas des stations permanentes de Teria, qui sont incluses dans le réseau GPS permanent – ou RGP – de l'Institut géographique national), les points levés se trouvent automatiquement dans cette référence, dont la cohérence quasi parfaite d'un bout à l'autre du pays supprime de façon définitive tous besoins d'adaptations et d'ajustements, qui autrefois compliquaient passablement les travaux.

15 ans d'évolutions technologiques et de ténacité de la profession

Le 12 décembre 1991, Philippe Algrain, président de la commission études et grands travaux de l'Ordre des géomètres-experts, se voit confier sur sa proposition la mission d'étudier, dans le cadre d'un groupe de travail, la faisabilité de mettre en place un «GPS professionnel» pour l'ensemble du territoire. Intuition géniale? Chimère? Plutôt une noble ambition et la certitude que «dans tout projet, quel qu'il soit, le fait de déposer l'idée constitue le préalable indispensable à l'action».

Voilà donc presque quinze ans que la profession s'est engagée dans le processus de la création d'un réseau national GPS... Quinze ans, cela peut sembler long ou même trop long. Pourtant, durant toute cette période, que d'avancées technologiques, que de procédures nouvelles!

Citons, au fil des ans, la lente progression de la couverture satellitaire, permettant de passer d'une utilisation par fenêtres horaires à une utilisation en continu 24 h sur 24, l'amélioration des process de calcul diminuant de plus en plus les temps d'observations (statique, statique rapide, temps réel), la mise à disposition sur Internet des données de stations fixes (IGS, RGP), l'explosion technique des récepteurs développant toujours davantage autonomie, rapidité, convivialité, prix...

Durant toute cette période, la profession est restée active en s'associant à la veille technologique des groupes de travail du Conseil national de l'information géographique (Cnig) et en apportant au débat une contribution majeure avec l'expérimentation de Biarritz, menée sur près d'une année à compter du printemps 2001, et qui aura permis de fixer les besoins et les limites de la technique de diffusion temps réel.

Basée sur un partenariat exemplaire avec l'Institut géographique national, le constructeur Leica Geosystems, le conseil général des Pyrénées-Atlan-

tiques et le district de Bayonne, Anglet Biarritz, elle a enrichi la réflexion sur la logique de réseau national et posé les premières fondations de Teria.

Parallèlement, l'évolution réglementaire, rendue nécessaire par les profonds bouleversements apportés par la technique GPS, a créé un cadre incontournable pour les acteurs de la topographie, le décret du 26 décembre 2000, avec son obligation de rattachement au RGF 93, ayant posé la première pierre vers la nécessaire harmonisation de la production, avec pour outil d'unification l'utilisation de la norme satellitaire. Ces mêmes outils donnaient au grand projet de PNN de la profession (congrès de Poitiers de 1990) une nouvelle faisabilité, l'obligation de rattachement des bornages



Signature du contrat avec le groupement Martec Thales au printemps 2005.

pouvant servir de levier à la création de cette grande base de données juridiques et foncières tant souhaitée et confirmer notre mission de service public en la matière (lire page 44).

Enfin, comment de ne pas observer que le recours à la technologie de réseau GPS était déjà opérationnel dans nombre de pays européens par ailleurs à l'écoute du programme Galileo et que la profession, avec sa parfaite couverture sur le territoire, était sans doute la seule à pouvoir se structurer pour emboîter le pas. Autant de paramètres donnant un éclairage particulier à l'impérieuse nécessité de créer un outil utile à la profession et de plus ouvert à

tous les usagers extérieurs. Face à cette exceptionnelle opportunité, l'Ordre des géomètres-experts devait tenter le pari de la mobilisation.

Le 15 avril 2003, le Conseil supérieur de l'OGÉ demande donc une étude de faisabilité à la commission information géographique. Toute la structuration du projet se met alors en place, avec élaboration et validation d'une première approche technique et financière puis désignation de la société SwissSat en temps qu'assistant à maître d'ouvrage, définition du cahier des charges de consultation des constructeurs, examen des propositions techniques avec les partenaires (IGN, DGI, AITF), réunion des délégués départementaux pour la recherche des sites, montage juridique et formalisation du contrat avec le groupement Martec Thales au printemps 2005, création de la société Exagone, communication à la presse spécialisée, aux instances administratives et professionnelles...

Teria est désormais en marche et crée déjà tout autour une dynamique forte. Des initiatives sont prises. Des partenariats se mettent en place. La signature le 26 janvier 2006 d'une convention avec l'IGN ouvre un champ de collaboration prometteur puisque, avec le Géoportail, l'OGÉ pourra mettre à disposition du public l'information foncière qu'elle traite au quotidien. Déjà s'esquissent des projets d'interopérabilité technique et économique des réseaux au niveau européen. Teria pourra ainsi compléter l'actuelle distribution des réseaux temps réel existants et apporter le chaînon manquant à une complète circulation de l'information géographique au niveau européen, adossé sur une constellation satellitaire en constante augmentation avec l'avènement de Galileo en 2010.

Jean Berterrèche

Géomètre-expert à Saint-Palais (Pyrénées-Atlantiques)

» définitivement fixes. Puis, pour la France, on extrait de Euref un petit nombre de points, concrétisés sous forme de stations GPS permanentes du RGP, et on construit ainsi la référence française RGF 93. Bien évidemment, un des enjeux importants de la géodésie moderne, c'est de proposer des moyens cohérents et simples pour récupérer des documents ou des bases de données géographiques utilisant la référence ancienne (en France, c'était la NTF, nettement moins précise), pour les recalculer dans la référence officielle actuelle. Là, on a pu tirer un intéressant parti des déformations de l'ancienne géodésie, qui étaient importantes (plusieurs mètres) mais somme toute très régulières. En utilisant de façon adaptée un outil d'interpolation, on met actuellement à disposition de tous les usagers un moyen de transformer les coordonnées (Circé 2000) dont la précision est de l'ordre de 5 cm; ce qui est tout à fait remarquable et traduit la très grande qualité de l'ancienne triangulation nationale.

Un canevas plus économique

Mais quels sont les aspects économiques liés à ce changement de références géodésiques nationales? Au-delà des obligations issues des textes réglementaires, quel a été l'impact de ces nouvelles définitions? Dans un premier temps, beaucoup de professionnels se sont émus de devoir changer leurs références et n'ont pas bien vu comment faire coexister sans heurts des coordonnées dans deux systèmes aussi radicalement différents. Puis, ils ont vite compris que, lorsqu'ils utilisaient des moyens modernes comme le GPS, l'établissement de canevas était bien plus économique que lorsqu'ils utilisaient des moyens de triangulation classique. »



De haut en bas : le câble coaxial d'alimentation, l'embase et le boîtier du récepteur.





Carte des implantations géographiques des récepteurs GPS du réseau Teria.

➤ A ce stade, ils ont généralement noté qu'il était bien plus simple d'avoir une référence géodésique quasi parfaite, comme le RGF 93, pour exprimer le résultat de mesures potentiellement –elles aussi– quasi parfaites, comme les mesures GPS. Car, pour les exprimer dans la référence ancienne NTF, il fallait encore les déformer et les adapter, opération désormais inutile en RGF 93. En termes économiques, la référence moderne rend donc l'usage du GPS nettement plus rentable. Enfin, il faut noter combien, dans cet ensemble technique qui a évolué de façon si marquée, le contexte réglementaire a lui aussi bien progressé, accompagnant juste à temps les nouveaux modes de pensée technique. L'arrêté du 16 septembre 2003 a permis de spécifier les différentes classes de

précision des levés, en proposant deux modes différents d'appréciation de la précision d'un levé : la précision interne qui s'évalue indépendamment de toute mise en référence ; et la précision totale qui inclut celle-ci (1). Le nouvel outillage proposé pour évaluer la conformité de levés au cahier des charges est tout à fait adapté aux évolutions rapides des technologies. Par ailleurs, les donneurs d'ordre sont désormais invités à ne pas spécifier des moyens techniques pour atteindre un résultat, mais bien au contraire à ne spécifier que le résultat attendu, ainsi que les moyens de contrôle qui seront employés, afin de laisser à l'entreprise exécutante toute sa créativité technologique. Il y a donc ici une série de nouvelles approches pour spécifier un levé, qui sont parfaitement compatibles avec toutes les techniques,

modernes ou plus classiques, existantes ou en devenir. Les nouveaux textes réglementaires sont parfaitement adaptés à l'usage d'un réseau GPS centimétrique temps réel comme Teria, ce qui n'était pas du tout le cas des textes précédents (arrêté de janvier 1980).

Confort intellectuel du temps réel centimétrique

Au-delà de l'analyse des outils techniques liés à la géodésie et au GPS, la mise en œuvre du réseau Teria est aussi l'occasion de s'interroger sur l'intérêt spécifique du positionnement temps réel de précision centimétrique à l'échelle nationale. Car le positionnement GPS centimétrique en temps différé est accessible depuis très longtemps. Un peu plus performant en ➤

Le rattachement au réseau, un gain de matériel

Quels sont les avantages à utiliser le réseau Teria au regard d'un usage habituel du GPS ?

➤ Actuellement, les mesures par GPS nécessitent l'usage de deux récepteurs : un poste fixe et un poste mobile, le résultat des observations s'effectuant par calcul différentiel entre les deux séries de mesures. En s'appuyant sur le réseau Teria, le poste fixe n'est plus nécessaire, il est remplacé par la station permanente qui enregistre de façon continue les observations satellitaires, et c'est le poste mobile, commandé par l'opérateur, qui permet d'effectuer les mesures sur le chantier. Dans le cas d'une connexion, par radio ou par GSM, entre les deux extrémités de la base, il sera alors possible d'obtenir son positionnement en temps réel (RTK). Ce qui ouvrira le champ d'application aux implantations directes et assurera le contrôle des opérations *in situ*. A défaut, les observations du mobile sont rapatriées au bureau où, confrontées à celles de la station Teria, elles fourniront le résultat des calculs : c'est le post-traitement. Le rattachement au réseau Teria permet donc une économie de matériel : un seul récepteur suffit pour les observations et permet en outre de s'affranchir du problème de garde ou de surveillance du récepteur fixe, souvent perdu en pleine nature.

Que peut-on faire en cas d'impossibilité de liaison radio ?

➤ Si les deux récepteurs (station permanente ou poste fixe et récepteur mobile) ne peuvent communiquer par radio UHF ou par GSM, les deux séries de signaux ne pourront être comparés simultanément et, dans ce cas, le positionnement en temps réel devient impossible. Il faut alors avoir recours au post-traitement, effectué après retour au bureau, pour obtenir les résultats des mesures, ou bien mettre en service un second récepteur.



Pour le professionnel, le rattachement au réseau Teria permet aussi de s'affranchir du problème de garde ou de surveillance du récepteur fixe.

Le réseau Teria permet-il d'assurer dans toutes les situations une précision centimétrique ?

➤ La précision va dépendre de plusieurs paramètres. Outre les facteurs habituels liés à ce mode d'observations (conditions de l'atmosphère, disposition satellitaire, nombre de signaux reçus) sur lesquels aucune intervention n'est possible, il faut ajouter le rôle prépondérant joué par la longueur de la base, c'est-à-dire la distance séparant les deux récepteurs. C'est elle qui va largement conditionner la valeur de la précision. Pour une base de 15 à 20 km, on peut espérer une erreur de 1 à 5 cm pour une durée d'observations de quelques minutes. Cette précision va se dégrader avec l'allongement de la base. Jusqu'à 50 km, on pourra, dans certains cas favorables, obtenir une précision décimétrique. Au-delà, la prudence s'impose quand on sait

qu'une indécision de l'ordre du mètre sera atteinte pour une base de 150 km (ce qui ne sera pas possible avec Teria puisque les stations ne pourront pas être éloignées de plus de 100 km). Bien entendu, la précision peut toujours être améliorée par l'allongement du temps d'observation ; faut-il encore qu'il ne devienne excessif.

Comment savoir où seront établies les stations permanentes ?

➤ Le cahier des charges du réseau Teria prévoit une densité d'un point tous les 100 km, avec une proximité préférentielle des agglomérations. Ce maillage permettra d'avoir à disposition une station permanente pour chaque site urbain de moyenne importance et, en zone rurale, de prévoir une connexion qui ne dépassera pas 60 à 70 km.

Bernard Lefèvre
Géomètre-expert à Castelnaudary (Aude)

►► précision (les tests réalisés avec les réseaux temps réel centimétriques donnent une précision de l'ordre de 2 à 3 cm en planimétrie; en statique post-traitement, on arrive aujourd'hui au centimètre en planimétrie avec les logiciels commerciaux), le temps réel d'usage local est utilisé depuis longtemps par les géomètres équipés de GPS. Où se trouve donc le gain apporté par cette nouvelle capacité nationale de type temps réel? C'est bien évidemment au niveau de

cas peut s'avérer trop coûteux, parfois même techniquement ou économiquement impossible. Le temps réel, c'est la sécurité dans l'exécution des travaux: l'opérateur sait au fur et à mesure si les mesures sont satisfaisantes ou pas, il évacue pratiquement tout risque de saisir des points mal déterminés sans s'en être rendu compte à temps. Et, au-delà de cette sécurité accrue, il en résulte aussi un meilleur confort intellectuel sur le terrain pour le géomètre-expert.

Le couplage le plus intéressant actuellement semble être l'usage du GPS pour tous les établissements de points de canevas, et le tachéomètre pour lever les points terrain depuis ces points de canevas. Le développement d'un vaste réseau temps réel comme Teria ne changera sans doute pas profondément cette articulation.

Un réseau temps réel ouvre des perspectives remarquables et essentielles pour l'utilisateur géomètre, mais il faut tout de même

d'autres systèmes spatiaux de positionnement que plus tard. Le système russe Glonass ne va pas tarder à être bientôt de nouveau opérationnel, après plus d'une décennie d'incertitudes sur son avenir. Et le système européen Galileo, pour lequel Teria est déjà compatible, interviendra à son tour peu avant 2010. Il est clair que, lorsque ces systèmes spatiaux seront fonctionnels, les matériels permettant de recevoir les trois types de satellites seront immédiatement industrialisés. Ce sera un bénéfice considérable par rapport aux problèmes classiques de visibilité: plus de 80 satellites seront alors disponibles, presque trois fois plus que maintenant, ce qui va améliorer considérablement les possibilités de mesure en ville, actuellement assez réduites (sauf dans les canyons urbains ou la géométrie restera médiocre malgré l'augmentation du nombre de satellites). La limitation d'emploi actuelle sera certainement considérablement moindre dans quatre ans.

Echange considérable de données en temps réel

L'autre type de limitation s'identifie en termes de précision. En effet, le GPS différentiel – base de tous les emplois de GPS en topométrie – est déjà une façon d'éliminer la majeure partie des erreurs de positionnement; le GPS (destiné à une précision de quelques mètres en temps réel) n'ayant pas été conçu pour ce type de performances et de méthode de travail. Mais le mode différentiel ne peut pas corriger tous les défauts résiduels (lire l'encadré ci-contre).

En pratique, pour corriger au mieux les erreurs de positionnement, le réseau Teria utilise le logiciel GNSmart développé par la société Geo++ en Allemagne et basée sur la technique du FKP.

Chaque station du réseau dispose de coordonnées extrêmement précises. Lorsqu'un signal GPS est reçu, puisque les coordonnées sont connues, on peut en déduire l'amplitude de l'erreur qui résulterait du positionnement effectué avec les données en train d'être collectées. A l'intérieur d'un groupe de stations permanentes, le signal d'erreur va être différent pour chaque station, par exemple parce que les retards de propagation atmosphérique liés à l'humidité, à la pression, etc., seront différents. Toutes les stations étant reliées en temps réel à un centre de calcul national, celui-ci dispose des moyens nécessaires pour calculer, en tout point de la couverture, l'erreur la plus probable qui entache le signal que reçoit un usager en un lieu quelconque. Celui-ci se connecte donc sur le réseau, par GPRS voire GSM si le GPRS n'est pas disponible; il déclare ainsi sa position approchée, il va ensuite recevoir, par cette même liaison, les éléments normaux de GPS différentiel lui permettant son calcul de position en temps réel, avec en outre les éléments de correction supplémentaires (interpolés à partir des erreurs observées sur les stations permanentes les plus proches). Il obtient ainsi une position dont la précision dépend peu de la distance aux stations permanentes mais qui repose entièrement sur un échange considérable de données en temps réel entre les stations et le centre de calcul. ■

(1) Lire *Géomètre*, décembre 2003.



Incorrigibles défauts résiduels?

Le mode GPS différentiel corrige la majeure partie des erreurs de positionnement mais ne peut pas corriger les défauts résiduels dus aux problèmes suivants.

Connaissance insuffisante de la position des satellites

► Cette position est imprécise au niveau de quelques mètres, mais comme les satellites sont très distants (plus de 20 000 km) l'observation différentielle élimine la plus grosse partie de cette erreur.

Connaissance de l'indice de réfraction des derniers kilomètres de l'atmosphère

► Cette erreur qu'on sait analyser (la vapeur d'eau en est un facteur prépondérant) s'élimine en partie lorsque les deux récepteurs sont à la même altitude et dans des conditions climatiques proches, car l'observation différentielle soustrait l'un de l'autre deux facteurs mal connus mais presque égaux. Ce qui n'est plus le cas si les altitudes des antennes sont très différentes (en montagne par exemple). Dans tous les cas, la détermination de l'altitude est toujours moins bonne que celle des coordonnées planimétriques.

Connaissance du contenu électronique de l'ionosphère

► Pour les ondes radio, l'ionosphère est une couche très perturbatrice, le signal qui se propage y est ralenti en fonction de la teneur locale en charges libres (qui varie parfois très rapidement avec le flux de particules venant du Soleil) et de la fréquence du signal. Lorsqu'on recherche la précision maximale, en recevant les deux fréquences émises et en comparant les temps de propagation sur ces deux canaux, on sait éliminer l'essentiel de cet effet. Ceci exige des récepteurs à deux fréquences, qui sont désormais très employés chez les géomètres-experts, notamment parce que ces récepteurs acquièrent davantage de mesures, accélérant le cycle de travail sur le terrain.

Réflexions parasites des signaux reçus par l'antenne («multitrajets») sur divers objets dans son voisinage

► Elles sont susceptibles de créer des erreurs qui ne sont faciles à détecter et à corriger que si beaucoup de satellites sont visibles. Là encore, la venue de Galileo et de Glonass améliorera considérablement la situation.



LEICA GEOSYSTEMS

la facilité de mise en œuvre, de la qualité et de la sécurité des résultats qu'il réside. Car il peut se produire bien des situations difficiles à comprendre, où le signal GPS s'avère insuffisant pour donner les résultats escomptés. Si on travaille en mode temps différé, on risque d'obtenir des données médiocres sans l'avoir anticipé, et donc de se retrouver en difficultés lors des calculs au bureau. Bien entendu, retourner sur le terrain dans ce

Ceci dit, il ne faut pas non plus tout voir aujourd'hui au travers du prisme un peu «à la mode» des nouvelles technologies: malgré les progrès étonnants des matériels GPS et des logiciels depuis deux décennies, ainsi que de toutes les solutions de type temps réel qui sont désormais disponibles, les techniques de levés vont, pendant encore longtemps, laisser une large place à l'emploi de tachéomètres plus ou moins robotisés.

rappeler les limitations évidentes de cet outil.

Ce n'est pas bien original, mais il faut néanmoins insister: une des limitations reste celle de la visibilité des satellites. Un minimum absolu de quatre satellites en théorie, et en pratique plutôt de cinq satellites en visibilité, est nécessaire pour obtenir une solution de positionnement. Actuellement, Teria ne fonctionne que sur la base du système GPS et n'intégrera

Le GPS pour mesurer l'erreur totale en milieu urbain

Le GPS apparaît comme le nouvel outil pour géoréférencer les chantiers nécessitant des opérations topographiques. Un réseau, s'il ne facilite pas le travail dans un contexte urbain, permettra toutefois de mesurer l'erreur qui inclut le rattachement.

Depuis 1948, les collectivités territoriales ont toujours connu l'obligation de rattacher leurs plans topographiques aux systèmes de référence nationaux en vigueur. Cette obligation est aujourd'hui renforcée par le décret 2006-272 du 3 mars 2006 (*Journal officiel* du 11 mars) qui s'applique à tous les acteurs en topographie, systèmes d'information géographique (SIG) ou cartographie et permet aux collectivités d'imposer le rattachement à tous leurs prestataires et partenaires sans aucune restriction. Le rattachement a toujours pesé lourd dans le prix d'un levé et l'avènement du GPS permet depuis quelques années d'en réduire considérablement les coûts. D'ailleurs, quelques collectivités, rodées historiquement aux techniques topographiques et géodésiques, ont dès le début des années 2000 mis en place pour leur compte des stations GPS permanentes intégrées au RGP de l'IGN (les communautés urbaines ou d'agglomération de Bordeaux, Nantes, Angers, les villes de Cannes, Metz, Nice, Rennes...).

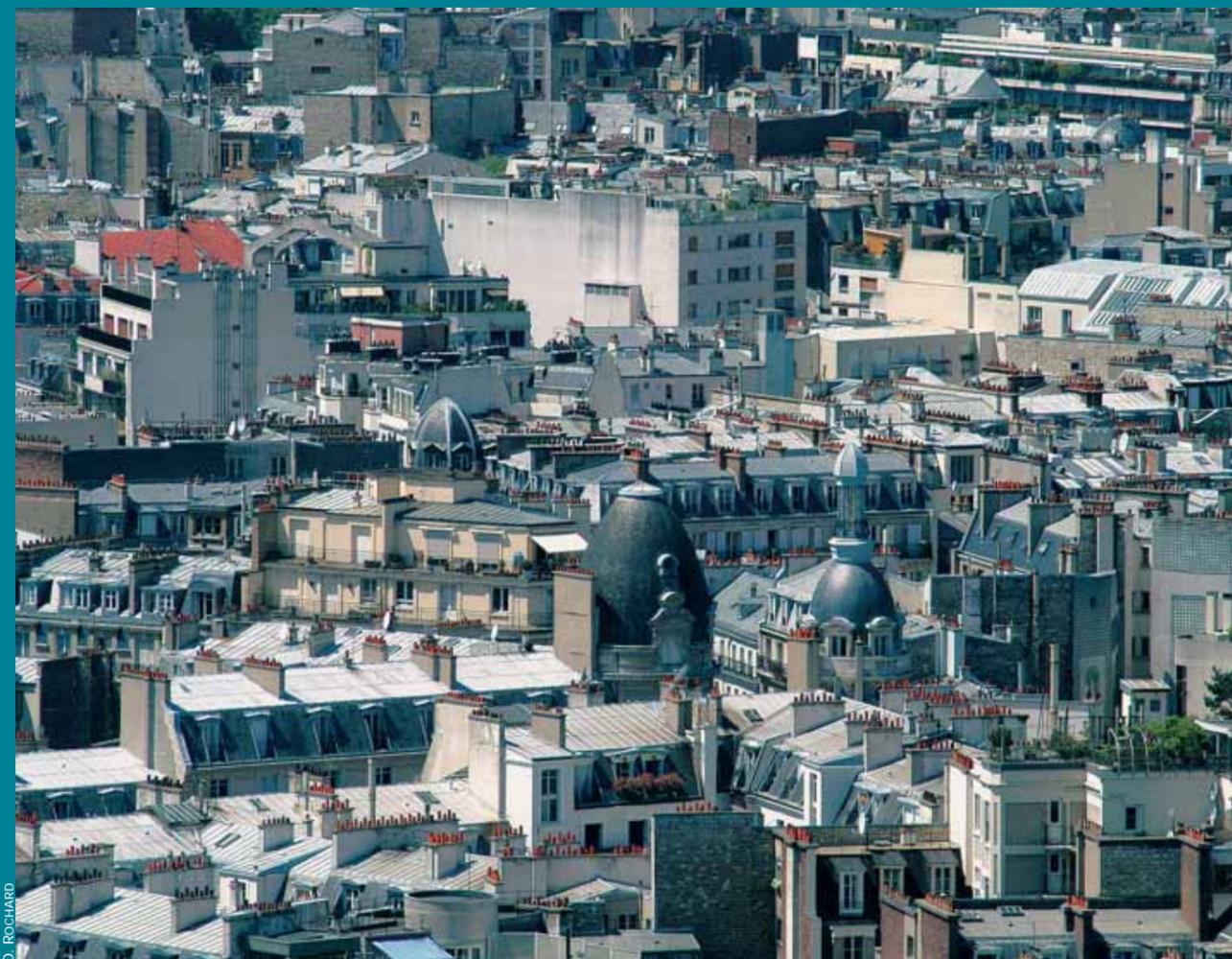
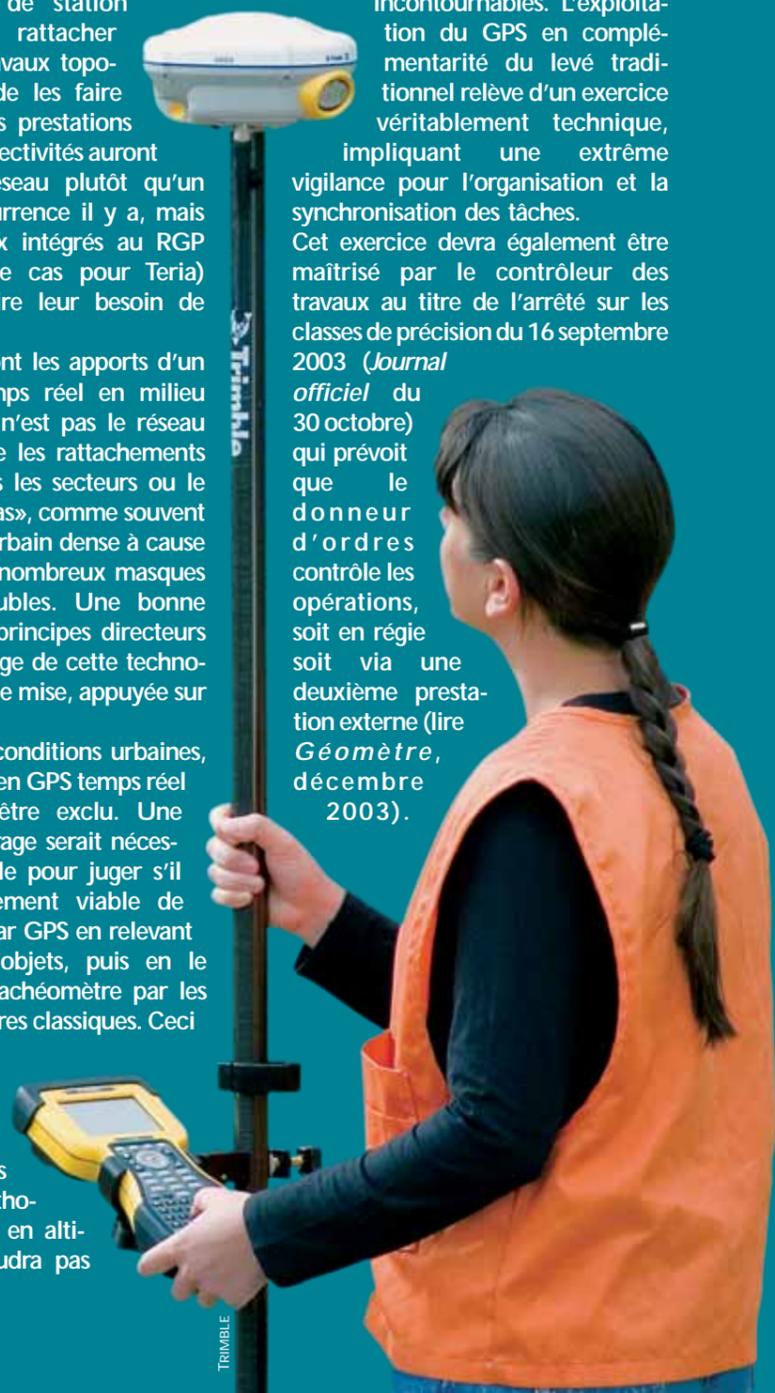
Le GPS apparaît donc comme le nouvel outil disponible pour géoréférencer les différents chantiers nécessitant des

opérations topographiques. L'Ordre des géomètres-experts l'a bien senti puisqu'il a lancé son grand projet Teria consistant à couvrir le territoire national d'un réseau GPS en temps réel. Ce projet se doit d'être bien accueilli car il va permettre aux collectivités ne possédant pas de station permanente de rattacher leurs propres travaux topographiques ou de les faire rattacher via des prestations externes. Les collectivités auront à choisir un réseau plutôt qu'un autre, car concurrence il y a, mais seuls les réseaux intégrés au RGP (comme c'est le cas pour Teria) pourront satisfaire leur besoin de rattachement.

Alors, quels seront les apports d'un réseau GPS temps réel en milieu urbain ? Car ce n'est pas le réseau qui va permettre les rattachements et les levés dans les secteurs où le GPS «ne passe pas», comme souvent dans un milieu urbain dense à cause notamment des nombreux masques dus aux immeubles. Une bonne application des principes directeurs en matière d'usage de cette technologie GPS reste de mise, appuyée sur le bon sens.

Ainsi, dans des conditions urbaines, un levé complet en GPS temps réel semble devoir être exclu. Une mission de repérage serait nécessaire au préalable pour juger s'il est économiquement viable de réaliser le levé par GPS en relevant le maximum d'objets, puis en le complétant au tachéomètre par les méthodes terrestres classiques. Ceci dit, il faudra mesurer la précision du levé en relevant des points doubles par les deux méthodes, notamment en altimétrie. Il ne faudra pas

perdre de vue qu'au niveau local, et encore plus pour un levé partiel de corps de rue par exemple, c'est la cohérence des informations et leur homogénéité qu'on devra rechercher. La qualité et la capacité de l'homme de l'art à apprécier les écarts sont incontournables. L'exploitation du GPS en complémentarité du levé traditionnel relève d'un exercice véritablement technique, impliquant une extrême vigilance pour l'organisation et la synchronisation des tâches. Cet exercice devra également être maîtrisé par le contrôleur des travaux au titre de l'arrêté sur les classes de précision du 16 septembre 2003 (*Journal officiel* du 30 octobre) qui prévoit que le donneur d'ordres contrôle les opérations, soit en régie soit via une deuxième prestation externe (lire *Géomètre*, décembre 2003).



O. ROCHARD

Les points contrôlés en GPS (si toutefois le coefficient de sécurité est respecté en fonction de la précision initiale demandée) temps réel seront homogènes et cohérents entre eux, permettant la vérification de l'erreur interne, c'est-à-dire la position des objets géographiques entre eux. En revanche, l'exploitation du GPS va permettre de mesurer l'erreur totale, c'est-à-dire celle qui inclut le rattachement. En effet, via le GPS, on va obtenir une précision remarquable en matière de géoréférencement du canevas, pour peu qu'on applique les règles en matière d'usage du GPS. Là encore, la méthode de contrôle via GPS (en temps réel ou en statique rapide ou encore en post-traitement) dépendra de la demande initiale de précision. Tout réseau, Teria ou un autre, ne va pas résoudre de façon magique les problématiques de relevés topographiques, surtout en zone urbaine dense

où le levé classique traditionnel a encore de beaux jours devant lui. En revanche, il faut absolument que les différents acteurs, et notamment les géomètres-experts et les collectivités territoriales, «mesurent» le véritable enjeu du GPS : celui de pouvoir créer du canevas RGF 93 à la volée sans nécessité d'un canevas dense existant à maintenir à prix fort. Et la précision optimum du GPS ne se retrouve que dans le RGF 93. A ce titre, et toujours en milieu urbain, l'usage du GPS et du réseau trouve toute sa signification. «Si on ne passe pas partout, on peut passer tout de même», au milieu d'un grand carrefour, d'une grande artère, d'un jardin, sur un toit, sur un parking. On pourra toujours «amener» du RGF 93 natif à proximité d'un chantier, quitte ensuite à le prolonger via des polygonations classiques. Ce sera une opération de précision, pérenne car reconductible

dans le temps, toujours avec la même précision et indépendante d'un canevas au sol dont la maintenance est difficile et onéreuse. C'est la seule solution technique qui permette globalement d'avoir une même précision sur un territoire étendu, qui assurera cohérence et homogénéité dans le temps – même s'il ne faut pas s'affranchir de contrôles pour le «Z» en s'appuyant sur le réseau altimétrique de l'IGN. Et, pour le contrôleur, c'est aussi la solution. Un réseau GPS, Teria en particulier car il a vocation à couvrir le territoire national, et par extension toute solution réseau si elle est intégrée au RGP et au RGF 93, paraît adapté aux besoins des collectivités territoriales pour le rattachement des données au système légal de référence, même en milieu urbain.

Denis Delerba
Animateur national du groupe de travail SIG topo de l'AITF

RÉSEAU TERIA : MISE EN SERVICE CONFIRMÉE POUR LA FIN DE L'ANNÉE

Michel Ravelet

Malgré un cahier des charges draconien pour la pose des 100 antennes sur la métropole et la Corse, la société Exagone, par la voix de son directeur commercial, s'avoue très confiante : une première tranche sera en effet ouverte en juillet sur l'axe Paris-Lyon et le réseau sera opérationnel à la fin de l'année, comme prévu.

Tout sera prêt comme prévu. Notre objectif initial de l'achèvement du réseau Teria à la fin de l'année 2006 sera tenu. Dès le mois de juillet, nous aurons ouvert la première tranche, sur l'axe Paris-Lyon.» Patrick Di Renzo, directeur commercial d'Exagone, la société chargée de l'exploitation du réseau, est confiant sur l'installation des 96 stations en France métropolitaine et des 4 en Corse. «On est tout à fait dans les clous. Nous nous étions mis beaucoup de pression pour être opérationnel un peu plus tôt, en juin, mais nous n'avons pas toujours anticipé certains délais imprévisibles.» La pose d'une antenne fixe est en effet une véritable course d'obstacles. Il faut d'abord trouver le site qui répond à toutes les contraintes techniques.

La rationalisation des process

En effet, afin d'assurer la pérennité et la stabilité des stations, le cahier des charges de mise en place est draconien. Ensuite, il faut négocier avec le propriétaire des lieux. Les installations sur les propriétés pri-

vées ont tout de suite été écartées, n'offrant aucune certitude de durée. Il a donc fallu recenser des lieux publics (écoles, hôpitaux, mairies, réservoirs d'eau potable semi-enterrés...). Il a fallu ensuite identifier le bon niveau hiérarchique : qui a la réelle autorité pour signer la convention d'occupation ? Il faut aussi vaincre les réticences. «Les antennes effraient un peu», reconnaît Patrick Di Renzo. «Les gens font vite l'amalgame avec le GSM. C'est pourquoi nous parlons plus volontiers de récepteur GPS.» Une fois la convention signée, le site validé, il faut se lancer dans les travaux d'installation. Peu à peu, les stations fixes s'étendent sur tout le territoire. La rationalisation des process permet d'équiper deux sites par jour (le mât et son embase sont livrés pré-assemblés, l'armoire préfabriquée permet toutes les adaptations locales...). La validation du site et le déploiement de la station peuvent s'effectuer en même temps. «Tout se fait en sous-traitance. Il faut donc gérer à chaque fois un cas particulier. Là percer un mur d'un mètre, ici passer la gaine dans la cage d'ascenseur...» Trois équipes sont formées pour les opérations de déploiement. Le centre de calculs, quant à lui, est tout à fait opérationnel, dans un site sécurisé de La Défense, près de Paris. Dans le même temps, la phase commerciale du réseau Teria est mise en place par la société Exagone. Deux sites Internet existent : l'un pour l'information sur le réseau lui-

même (1), l'autre pour la commercialisation de ses applications (2). La société envisage également la mise en place d'une boutique en ligne permettant d'acquérir des antennes mobiles et du matériel avec de fortes remises. Pour les liaisons téléphoniques, un accord a été passé avec Bouygues. «Nous avons choisi cet opérateur parce qu'en Edge (2,5 Go), il couvre 94 % du territoire. C'est en fait une surcouche du GPRS. Actuellement, nous disposons d'une capacité de 300 Mo, mais nous espérons voir rapidement apparaître des offres illimitées. Ce qui permettra au géomètre-expert de montrer l'application en temps réel à ses clients, à tout moment. Par exemple pendant le déjeuner !»

Diminution des coûts pour les services techniques

Les applications de Teria sont innombrables. De très nombreux contacts sont d'ores et déjà pris, dans l'attente de la mise en service réelle du réseau. «Nous avons eu beaucoup de contacts», explique Patrick Di Renzo. «La mise en service de l'axe Paris-Lyon sera un temps fort pour nous puisque nous allons prochainement effectuer des démonstrations en temps réel.» Les futurs utilisateurs pourront en quelque sorte toucher du doigt les applications pratiques de Teria.



EXAGONE

Pose du récepteur GPS sur le toit du collège de la Croix-de-l'Orme, à Aillant-sur-Tholon (Yonne).

Les collectivités sont très attentives et très intéressées par ces applications pratiques et par la diminution des coûts que Teria va entraîner pour les différents services techniques, en gain de temps et de matériel. Des contrats sont également en cours de négociation avec de grandes administrations. Les atouts de Teria (couverture nationale, positionnement centimétrique, temps réel, rattachement au RGP..) intéressent énormément les différentes entreprises du secteur du bâtiment et des travaux publics (guidage des engins, implantations, levés...). Toute la filière topographique est directement concernée. Le secteur agricole lui-même est très attentif et, à terme, va très certainement utiliser les services de Teria. De nombreux exploitants utilisent déjà le GPS sur les tracteurs et les différents engins, mais une

erreur d'un mètre peut avoir de très lourdes conséquences par exemple pour l'épandage de pesticides : si la bande d'un mètre est oubliée, l'opération devient inutile, si elle est traitée deux fois les normes sanitaires sont dépassées. Le positionnement idéal en temps réel de Teria supprimera les risques et les surcoûts. «Notre ambition n'est pas d'être le positionneur de tout le monde», tempère cependant le directeur commercial. «Nous cherchons avant toute chose le service au géomètre-expert, pour ensuite l'étendre à d'autres utilisateurs.» D'autant qu'avec 552 géomètres-experts actionnaires d'Exagone en juin 2006, le seuil de rentabilité du réseau Teria (fixé à 500) est d'ores et déjà assuré. ■

(1) www.reseau-teria.com
(2) www.exagone.eu

Une panne ? Jamais !

Une question revient souvent : que se passerait-il en cas de panne d'une antenne ? «Il ne pourra jamais y avoir de trou», explique Patrick Di Renzo. «D'ailleurs, la couverture sera nationale bien avant l'installation des cent stations fixes. On peut s'éloigner d'une station, ça n'a aucune importance puisqu'on fait partie d'un réseau. Il ne faut pas se demander "où suis-je par rapport à un point fixe ?" mais "où suis-je ?" puisque la position de l'utilisateur se situe par rapport au maillage composé de toutes les antennes et non pas de la plus proche...»

Un processus européen

Un étudiant est actuellement en stage auprès d'Exagone, dans le cadre de son TFE (travail de fin d'études) pour rechercher les ouvertures possibles avec les pays transfrontaliers, et notamment l'éventualité d'une connexion du réseau français Teria avec des réseaux similaires chez nos voisins, afin de s'inscrire dans un processus européen. La société entend par ailleurs proposer son savoir-faire, notamment pour ce qui est de la délicate élaboration d'un cahier des charges, ou la chasse aux coûts cachés.

Teria, Géoportail et Aurige...

Le lien entre un réseau GNSS permanent, un site web et une base de données ? La mémoire foncière...

C'est la loi du 7 mai 1946 qui a conféré aux géomètres-experts la délégation de service public en matière de délimitation et de bornage de la propriété foncière. La profession s'est donc organisée pour répondre à cette obligation en définissant des règles déontologiques afin d'établir des procès-verbaux de délimitation et de bornage. Des procédures précises ont été définies et sont régulièrement mises à jour.

Les années 80 virent le départ en retraite de nombreux géomètres-experts et, avec eux, la perte de la mémoire des travaux fonciers qu'ils avaient élaborés. La transmission des cabinets devant se faire avec une garantie de l'archivage des dossiers, notamment en matière de délimitation et de bornage, le Conseil supérieur invita donc les professionnels à assurer un archivage classique et informatique facilitant la recherche. Des logiciels furent mis à disposition, notamment Gesarc.

Cette incitation vit sa concrétisation dans l'article 56 du décret 96-478 du 31 mai 1996 par lequel les géomètres-experts ont l'obligation de verser dans le fichier Aurige les références des travaux exécutés en application des 1^{ers} alinéas de l'article 1 de la loi du 7 mai 1946. Si, au départ, la mise en ligne des dossiers fut particulièrement laborieuse, avec la saisie par dossiers sur Minitel, celle-ci est maintenant largement facilitée avec les transferts en blocs par le réseau Internet. Les articles 27 à 32 du règlement intérieur définissent les procédures de transmission des données de délimitation et bornage et c'est le conseil régional qui

a la charge du contrôle de ce transfert. Force est de constater que le fichier Aurige est très inégalement alimenté selon les régions. Même si certaines, dont celle d'Amiens, ont su convaincre les géomètres-experts exerçant sur son territoire de l'utilité à renseigner la base de données.

Le fichier Aurige étant relativement peu renseigné, sa consultation est malheureusement aujourd'hui assez faible. Bien que le référencement des dossiers se fasse entre autres par son centroïde, la vue en plan fait largement défaut.

Alors, pourquoi ne pas imaginer que chaque point de délimitation d'une propriété soit géoréférencé dans le système national RGF 93, par le réseau Teria dont l'utilisation sur la métropole est imminente. La facilité d'utilisation des services du réseau Teria ne pourra qu'inciter les géomètres-experts à identifier les bornes et points de délimitation de la propriété (le logiciel Gesarc permet déjà l'intégration des coordonnées de points de repères et bornes). Cette pratique permettra d'assurer une homogénéisation de l'ensemble du réseau de référence à l'échelon national en se débarrassant des imprécisions dues à celle des points d'appuis utilisés jusqu'alors.

Vers un plan foncier numérique

De là, Aurige pourra fournir une cartographie des éléments ayant fait l'objet d'une délimitation ou bornage contradictoire. Dans un premier temps, ces points seront intégrés dans le Géoportail de l'IGN (1) après que des accords de partenariat auront été discutés. La visualisation des opérations de délimitation existantes sera immédiate et rendra de précieux services aux géomètres-experts en charge de nouveaux dossiers. Quoi de plus désobligeant que de procéder au bornage d'une limite, que son propre cabinet a déjà définie quelques années auparavant ? La base de données rensei-

gnée, il suffira d'un simple clic sur l'élément retenu pour qu'apparaisse l'identité du géomètre-expert détenteur de l'archive, auprès duquel tous renseignements pourront être obtenus.

Dans un premier temps, cette base de données n'aura qu'un usage de recherche visuelle. Même si c'est théoriquement faisable, il n'est pas envisageable en pratique que la simple utilisation des coordonnées fournies par le réseau Teria permette la réimplantation de repères. Un repère géographique n'étant pas une fin en soi, il est essentiel d'y attacher le procès-verbal de bornage correspondant à sa mise en place. C'est pourquoi, dans un deuxième temps, il sera important d'annexer dans Aurige la copie des procès-verbaux de délimitation ; cette démarche constituant une forme de publication qui est aujourd'hui laissée « à l'appréciation de la partie la plus diligente ». Avec cette pratique, les propriétaires et leurs ayants droit auront une parfaite garantie de leurs limites de propriété. De même, le transfert des cabinets sera facilité par la bonne connaissance des travaux réalisés antérieurement.

D'ores et déjà, bon nombre de géomètres-experts ont eu l'occasion de procéder à des bornages sur des opérations d'envergure telles que lotissements, Zac, aménagements fonciers... Et c'est assez simplement que de telles opérations pourraient être rattachées au réseau Teria, puis reversées dans le répertoire Aurige. Rapidement, on pourrait obtenir une couverture qui, si elle n'est pas nationale, serait significative. Par la conjugaison d'Aurige, du Géoportail de l'IGN et du réseau Teria, les géomètres-experts verront la concrétisation d'un rêve qui était déjà le thème du congrès de Vichy en 1970 : « La réalisation du plan numérique de la propriété foncière, le PNPf ».

Jean-François Vatré

Géomètre-expert à La Rochelle (Charente-Maritime)

(1) Lire *Géomètre* n° 2023, février 2006, page 44 et *Géomètre* n° 2026, mai 2006, page 25.