



Les évolutions récentes des systèmes de référence en France

■ Michel KASSER

Les accès aux systèmes de référence planimétriques et altimétriques français se sont considérablement simplifiés au cours des dernières années, conduisant à une situation désormais très favorable, et sans aucun précédent pour les usagers du nivellement et de la géodésie. Les différentes composantes de ces évolutions sont présentées.

Le propos de cet article est d'évaluer les évolutions récentes en matière d'accès aux systèmes de référence en France.

L'évolution des techniques durant les dernières décennies a été essentiellement permise par les progrès continus et impressionnants de l'électronique. Il est toujours tentant de penser que les processus de changements sont permanents et continus : en réalité, il n'en est rien, et les évolutions se font toujours par grands à-coups. Lorsqu'on est limité par la physique même d'un phénomène, et non pas par les capacités d'ingénierie des acteurs industriels même les plus hardis, on entre dans des périodes où les évolutions sont marginales dans ce domaine, parfois pendant de grandes durées, et se font dans d'autres domaines. Ainsi en matière de micro-électronique, qui est à la base de pratiquement toutes les technologies modernes, on est en train d'atteindre toute une série de limites physiques : la densité de composants sur une puce, à cause des phénomènes thermiques, la vitesse de cadencement des processeurs, à cause des rayonnements, etc. Ces limites font que c'est bien davantage dans le domaine des logiciels, et dans la capacité d'y piéger la totalité de l'expertise humaine, que se feront les prochaines étapes.

Tout ce qui s'est passé récemment dans ces domaines technologiques a eu aussi une incidence majeure et logique sur la géodésie et, plus généralement, sur l'accès aux références planimétriques et altimétriques. Nous rappellerons d'abord de quoi était fait le passé, même récent, dans ce domaine. Puis nous passerons en revue sommairement ce

qui a été fait, et enfin nous exposerons la situation actuelle, avec les perspectives d'évolutions prochaines.

Retour sur le passé

Dans le passé du topographe, même assez récent, on trouve en général une crainte très poussée en matière de géodésie, un domaine jugé très complexe et où les risques d'erreurs étaient innombrables. Rappelons à titre d'exemple une enquête menée par le CNIG dans le courant des années 90, d'où il ressortait que moins du quart des travaux topographiques étaient rattachés à la référence nationale, malgré l'obligation réglementaire qui existe depuis longtemps dans ce registre. Les mesures elles-mêmes étaient plutôt sympathiques, quoique assez exigeantes physiquement puisqu'il fallait toujours monter sur des bâtiments ou des sommets topographiques pour faire passer des visées : mais les joies de la triangulation s'arrêtaient là. Les traitements des mesures étaient complexes, même lorsque les ordinateurs ont enfin relayé les interminables calculs manuels. Il fallait en effet ajuster, adapter, partir à la chasse aux fautes, avec l'inconfort permanent de ne jamais être certain de rien, puisque le réseau d'appui pouvait très bien être lui-même localement faux (ah, les bornes déplacées, les RN¹ aimablement déposés lors de travaux sur les façades et ensuite fixés soigneusement un peu n'importe où...). Et puis lorsqu'on devait faire un travail plus précis que d'habitude, on parvenait assez souvent à mettre en défaut ces réseaux d'appui, NTF² et NGF³, qui

avaient été conçus et basés sur une ossature et des techniques ayant au moins un siècle. Ceci alors que les mesures électroniques de distances, nettement plus précises, étaient employées pratiquement par tous dès les années 70.

Résultat : les géomètres et topographes travaillaient essentiellement en coordonnées locales, laissant le soin éventuel à des administrations techniques de recoller tous ces éléments de puzzle. Chaque cabinet disposait dans sa zone de travail de "ses" propres repères, établis à l'occasion de travaux antérieurs, jalousement conservés pour rendre un peu plus difficile la venue d'éventuels concurrents sur sa zone. Les fiches signalétiques NTF ou NGF étaient payantes, et malgré la modicité de la dépense on ne les achetait qu'une seule fois, et on les gardait ensuite toute sa vie. Tant pis lorsqu'un repère était détruit, de toute façon le cycle de révision des points par l'IGN oscillait entre 30 et 50 ans sur l'ensemble du pays, il fallait donc savoir s'en passer. Et de toute façon, s'appuyer sur la NTF était source de dépenses, les points visibles de loin étaient peu nombreux et le respect des règles de l'art exigeait de prolonger les cheminements : surcoûts jugés inutiles dans beaucoup de cas.

La modernisation de la géodésie et du NGF

Pour la planimétrie, elle a commencé timidement avec l'injection de mesures de distances dès les années 60, et des compensations par moindres carrés sur des sous-ensembles de plus en plus

- (1) Repère de Nivellement
- (2) "Nouvelle" Triangulation de la France, observée durant tout le XX^e siècle, nom de la référence planimétrique officielle en France jusqu'en 2000.
- (3) Nivellement Général de la France, ensemble de 450 000 RN matérialisant les altitudes en France.



importants de points, en profitant des nouvelles capacités de calcul. Puis, dans les années 80, les mesures utilisant les satellites sont devenues accessibles et de précision suffisante pour que le concept de système de référence mondial basé sur les techniques spatiales puisse prendre naissance (ITRF⁴) : mesures de télémétrie laser sur satellites, techniques issues de la radio-astronomie (VLBI⁵), puis GPS, et enfin DORIS⁶. De cette référence mondiale centimétrique on a rapidement extrait la référence européenne, ouvrant la porte à une référence française cohérente avec l'ITRF et donc pratiquement parfaite, qui a été légalisée en 2000. Le concept d'accès à la référence planimétrique est alors devenu cohérent avec les besoins quotidiens de tous les professionnels, et la facilité d'accès a suivi l'équipement des géomètres en matériels GPS et la montée en puissance des réseaux de stations permanentes de plusieurs acteurs, coordonnés au sein du cadre RGP de l'IGN.

Pour l'altimétrie, la situation du NGF est devenue de plus en plus difficile dans les années 80-90, malgré quelques progrès : le nivellement motorisé dès 1980 améliorait les rendements de l'ordre de 30%, puis dès 1983 le nivellement trigonométrique motorisé (basé sur les premiers tachéomètres électroniques ultra-précis de Kern) donnait une solution particulièrement économique en zones montagneuses. Mais en France comme partout ailleurs, une réduction massive des dépenses sur ce type d'activité était mise en œuvre, et à la fin des années 90 l'entretien du réseau n'était plus assuré, même avec la périodicité de plus de 30 ans déjà jugée très excessive par les usagers. La modernisation majeure du NGF est intervenue en 2002, avec la combinaison de nombreux résultats : un nouveau géoïde ultra-précis, une densité de stations RGP appropriée, une expertise très poussée en calculs GPS, et enfin une nouvelle analyse du service attendu du NGF par les usagers (où l'on a considéré que les RN ne devaient être entretenus que dans les zones habitées). Dans ce cadre a été conçu l'entretien du NGF avec une assistance GPS, ceci combiné avec une



© Samuel Guillemin

motorisation de l'équipe et des solutions en nivellement direct classique, qui ont conduit à une reprise en main de l'ensemble du NGF avec une périodicité d'entretien de 12 ans, et une diminution des coûts d'entretien qui atteint un facteur considérable, de l'ordre de 25, par rapport aux solutions précédentes en nivellement direct. En outre, comme sous-produit de ces opérations, ces mesures de terrain ont permis à leur tour d'améliorer encore la précision du réseau planimétrique matérialisé RBF et le géoïde national, dont des réalisations plus précises ont ainsi été mises à disposition en 2010. L'ensemble des réseaux matérialisés (NGF, RBF⁷, NTF et RGP⁸) a fait l'objet de visites systématiques et de périodicité appropriée, et une base de données d'accès libre permet depuis 2002 de consulter les fiches signalétiques des repères (désormais photographiés), sous différentes formes, dont le Géoportail, particulièrement adapté à ce type de renseignement.

La situation actuelle pour le topographe

Aujourd'hui, quel que soit le moyen technique employé, la référence planimétrique est pratiquement parfaite au niveau du cm, c'est-à-dire que ses défauts sont partout inférieurs à cette valeur pour le RGP et le RBF, avec une continuité complète au niveau des

frontières avec les références des pays voisins. Et même les anciens repères de la NTF, dont une bonne proportion est constituée de repères visibles de loin (clochers, châteaux d'eau) particulièrement utiles afin de compléter les méthodes GPS en matière d'orientation, ont été recalculés et sont disponibles avec une précision de l'ordre de 5 cm. Avant d'aller sur le terrain, voire même sur le terrain avec un PDA, on peut consulter la base de données de repères, qui est suffisamment à jour pour que le risque de ne pas retrouver un repère déclaré en bon état soit faible. Les coordonnées obtenues par tous les moyens de mesures actuels sont de façon quasi automatique dans la référence officielle, de sorte que des leviers différents peuvent aisément être combinés. Et il ne reste que peu de systèmes locaux en service, essentiellement quelques grandes villes à qui il reste à mener le travail de conversion, pourtant assez peu onéreux et désormais bien connu.

(4) International Terrestrial Reference Frame

(5) Very Long Baseline Interferometry

(6) Outil spatial du CNES permettant de mesurer des orbites de satellites et, en sous-produit, les positions de ses 50 stations terrestres, avec une précision du cm.

(7) Réseau de Base Français, ensemble de 1024 bornes géodésiques faciles d'accès couvrant la France et bien adaptées aux observations GPS.

(8) Réseau GPS Permanent de l'IGN, qui fédère et certifie de nombreux organismes qui mettent en œuvre des stations GNSS permanentes.