

Entretien du réseau de nivellement par les triplets

■ Alain COULOMB

L'entretien du réseau français de nivellement par l'Institut Géographique National est maintenant effectué grâce à un processus baptisé ERNIT (Entretien du Réseau de Nivellement par les Triplets), faisant intervenir la notion de "triplet". A terme, l'accès à la référence verticale nationale devra se faire en priorité par l'intermédiaire des triplets. Cet article définit le triplet, explique les raisons de la récente mise en œuvre du processus ERNIT et les nouvelles possibilités offertes à l'utilisateur (réseau de nivellement mis à jour plus fréquemment et répondant mieux aux besoins et aux technologies actuelles).

Selon le décret n° 2004-1246 du 22 novembre 2004 modifiant le décret n° 81-505 du 12 mai 1981, "l'Institut Géographique National a pour vocation de décrire, d'un point de vue géométrique et physique, la surface du territoire national et l'occupation de son sol, d'en faire toutes les représentations appropriées et de diffuser les informations correspondantes". Dans ce cadre, l'institut est notamment chargé de la mission d'intérêt général suivante : "implanter et entretenir les réseaux géodésiques et de nivellement relatifs au système national de référence de coordonnées géographiques, planimétriques et altimétriques, et diffuser les informations correspondantes".

Pour des raisons historiques et techniques, le réseau de nivellement national, fréquemment appelé Nivellement Général de la France (NGF), est constitué de lignes de nivellement formant un maillage superposable au réseau de voies de communication. L'entretien de ce réseau s'est effectué jusqu'en 2000, en réfectionnant des lignes de nivellement en partie détériorées (remplacement des repères détruits ; densification dans les agglomérations ; nouvelles mesures, par la méthode du cheminement, des dénivelées entre repères de nivellement ; calcul des nouvelles altitudes de tous les repères remesurés). Depuis 2000, l'IGN a adopté une nouvelle politique d'entretien du réseau de nivellement métropolitain.

MOTS-CLÉS

Nivellement, triplets, NGF, GPS, RAF98.

La politique actuelle de l'IGN

Cette politique fait suite à une enquête menée en 1998 auprès des utilisateurs, qui a mis en évidence le besoin d'un accès millimétrique à la référence altimétrique par l'intermédiaire d'un

réseau mieux réparti et plus fréquemment entretenu.

Elle prend en compte les évolutions technologiques permettant l'utilisation de techniques GNSS (Global Navigation Satellite Systems) pour des opérations de nivellement :

- Depuis 1998, la grille de conversion RAF98, issue du calcul du quasi-géoïde (QGF98) adapté sur des points GPS nivelés, et préconisée par le CNIG, permet de déterminer des altitudes par observations GNSS avec une précision centimétrique (3 cm à 95%) à condition d'utiliser des méthodes GNSS précises et de se rattacher précisément à la référence géodésique RGF93. [1]



Figure 1. Repère de nivellement de type M (médaille) - L'altitude d'un repère de nivellement est susceptible d'évoluer au cours du temps. Pour éviter de changer la plaquette altitudinale à chaque opération de nivellement et inciter à utiliser l'altitude la plus à jour, disponible gratuitement sur le site www.ign.fr, l'altitude marquée sur le repère est arrondie au mètre.



- Le réseau GPS permanent RGP, mis en place depuis 1998, facilite cet accès au RGF93. [2]

Les principes ayant présidé à la mise en place de la nouvelle politique sont les suivants :

- La carte des besoins en repères NGF est superposable à la carte de densité de population. Là où il n'y a pas d'habitant, les repères NGF sont moins utiles. Autrement dit, dans les zones non habitées, les besoins d'altimétrie sont suffisamment rares pour admettre que le rattachement aux repères existants reste à la charge de l'utilisateur, d'autant que dans la plupart des cas le besoin réel de précision est faible, et que, dans ce cas, un simple rattachement par GNSS est possible et peut être moins coûteux qu'un cheminement classique de nivellement.
- Les discordances d'altitude dues aux erreurs de mesure, aux tassements des supports des repères, etc. sont certainement tolérables au niveau d'un écart-type de 1 à 2 cm, si les repères concernés sont distants les uns des autres de plusieurs kilomètres.

La politique actuelle est d'offrir à l'utilisateur du réseau de nivellement national la possibilité de déterminer l'altitude d'un point (point bleu sur la figure 2) à partir d'un autre point rattaché au réseau de nivellement (points jaunes sur la même figure), en mesurant, à l'aide de deux récepteurs GNSS, la dif-

férence de hauteur au-dessus de l'ellipsoïde entre les deux sites. Pour obtenir rapidement (en quelques dizaines de minutes) une précision centimétrique avec une telle méthode, il faut notamment que les deux récepteurs ne soient pas trop éloignés (typiquement que la distance entre les deux points soit inférieure à 5 km). Le rattachement au réseau de nivellement nécessite d'effectuer, au moyen d'outils de nivellement traditionnels (mire et niveau), un contrôle de l'altitude du repère de rattachement par remesure des dénivelées avec les repères les plus proches (opération dite "contrôle de stabilité").

L'équipement des professionnels par des récepteurs GNSS étant de plus en plus systématique, on peut s'attendre à ce que cette méthode soit privilégiée par rapport aux techniques de nivellement classique. Il convient cependant de noter que, pour de nombreuses applications, le procédé explicité ci-dessus n'est pas encore capable de remplacer l'accès à la référence altimétrique par des opérations de nivellement direct, seule méthode assurant une précision suffisante entre repères proches.

La notion de triplet

La nouvelle façon d'entretenir le réseau de nivellement de précision fait donc intervenir la notion de "triplet". Un triplet est un groupe d'au moins trois

repères de nivellement (tous ordres confondus) répondant aux spécifications suivantes :

- La distance entre deux repères du triplet doit être inférieure à 1 km.
- La dénivelée entre deux repères du triplet doit être inférieure à 30 mètres.
- La zone d'influence d'un triplet est de 5 kilomètres (un triplet dessert une portion circulaire de territoire dont le rayon est égal à 5 km).
- Le recouvrement des zones d'influence des triplets doit être le plus faible possible.

Un triplet permet un contrôle de stabilité rapide et facile, et par conséquent peu coûteux.

Sauf cas particulier (configuration locale du réseau, implantation de l'habitat...), les triplets sont situés dans des agglomérations de plus de 200 habitants. La localisation des triplets dans les agglomérations permet une meilleure conservation des repères de nivellement passant par une sensibilisation des municipalités à la conservation des repères des triplets.

On considère que tout point habité du territoire doit être dans la zone d'influence d'au moins un triplet.

Sauf cas particulier, les repères de nivellement ne faisant pas partie d'un triplet ne font plus l'objet de nouvelles mesures. Ces repères ne sont pas pour autant abandonnés. Entre 2000 et 2006, l'ensemble du Réseau Français de

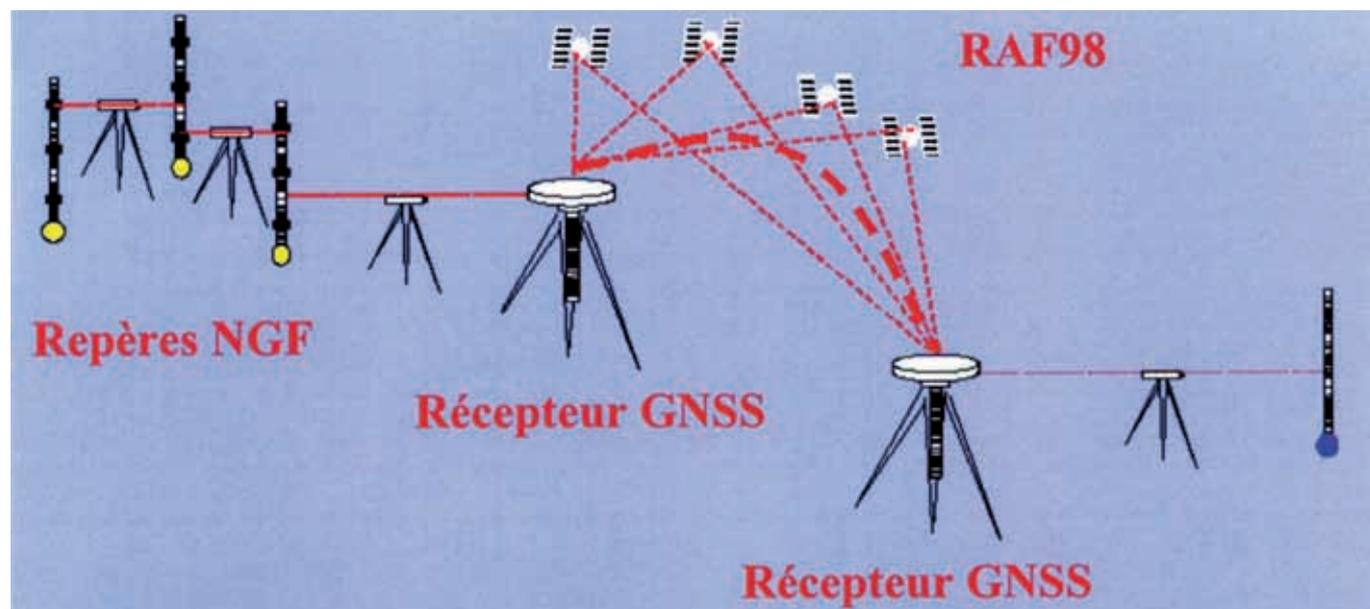


Figure 2. Schéma d'observation.



Figure 3 : Triplets dans la région d'Issoudun (Indre) - Sur l'extrait de carte ci-dessus, les repères de nivellement sont figurés par de petits disques bleus. A l'issue du contrôle réalisé en 2000, l'IGN a constaté que le nombre de repères était insuffisant dans le bourg de Saint-Ambroix (Cher) et que la petite ville de Civray, dont la population est supérieure à 1000 habitants, se trouvait en limite de zone d'influence d'un triplet. Deux nouveaux triplets ont donc été créés dans ces agglomérations.

Nivellement de Précision a fait l'objet d'un contrôle systématique et sélectif, destiné à mettre à jour les données descriptives des repères de nivellement (pas de mesures de nivellement réalisées lors de ce contrôle). Cette mise à jour s'est accompagnée de l'ajout de données nouvelles (photographie du repère et coordonnées géographiques décimétriques prises avec un récepteur GPS de navigation). Ponctuellement, l'IGN continue aussi à mettre à jour sa base de données en intégrant les informations issues de diverses sources ("dépose-repose" réalisées par des géomètres, propriétaires de bâtiments supportant des repères, utilisateurs du réseau...) En cas de nécessité, la réfection de certaines lignes de nivellement très dégradées peut être envisagée.

Une première phase d'entretien, aujourd'hui terminée

L'identification des triplets existants s'est faite en exploitant les résultats de ce contrôle (les triplets ont été composés de repères de nivellement répondant aux spécifications précisées ci-dessus et constatés en bon état lors du contrôle). On a alors constaté que l'ensemble du territoire n'était pas couvert. En d'autres

termes, il existait des lieux habités de plus de 200 habitants situés à plus de 5 km des triplets environnants. Une première phase d'entretien du réseau a donc consisté à créer de nouveaux triplets là où la densification du réseau était insuffisante. Pour cette phase, l'IGN a mis en place une méthode innovante de nivellement assisté par GPS qui a permis de rattacher par GPS les nouveaux triplets au réseau de nivellement à des distances inférieures à 15 km.

Dans cette phase, la grille RAF98 a été utilisée en relatif pour transformer une différence de hauteur ellipsoïdale en une différence d'altitude.

Cette première phase, commencée en 2001, a pris fin en 2008. L'ensemble du territoire métropolitain est maintenant équipé d'environ 13 200 triplets, dont 2 800 triplets créés lors de la première phase. Si l'on définit l'ancienneté d'un triplet en prenant la moyenne des anciennetés des repères qui le constituent et l'ancienneté d'un repère de nivellement comme la différence entre l'année en cours et l'année de sa dernière observation (c'est-à-dire l'année où il a fait l'objet pour la dernière fois de mesures de nivellement), l'ancienneté moyenne des triplets est, à l'issue de cette première phase, de 28 ans.

Le processus ERNIT

L'objectif est aujourd'hui d'améliorer encore le service proposé à l'utilisateur du réseau de nivellement en lui donnant de bonnes garanties sur l'actualité de l'altitude et des données descriptives des repères constituant les triplets. Une autre phase d'entretien vient donc de débuter, qui concerne l'ensemble des 13 200 triplets identifiés sur le territoire métropolitain (nouvelles mesures, nouveaux calculs, mise à jour des données



Figure 4. Matériel utilisé dans le cadre des travaux ERNIT, antenne GNSS équipée d'une mire de nivellement à codes-barres.



descriptives...). Le processus opératoire utilisé est baptisé ERNIT (Entretien du Réseau de Nivellement par les Triplets).

L'objectif fixé est de réaliser la réfection totale du réseau des triplets sur une période de 12 ans et donc qu'à la fin du premier cycle ERNIT (dans 12 ans), l'ancienneté moyenne des triplets soit environ de 6 ans.

Afin de pouvoir mettre en évidence, après plusieurs cycles de mesure, des mouvements de terrain, le contrôle de stabilité réalisé par nivellement direct dans chaque village équipé d'un triplet est systématiquement associé à des mesures GNSS et on attribue, en s'appuyant sur le RGP, une hauteur au-dessus de l'ellipsoïde aux repères de nivellement constituant le triplet.

A très court terme, ces nouveaux éléments (appartenance des repères à un triplet, hauteurs sur l'ellipsoïde) apparaîtront sur les nouvelles fiches signalétiques des repères de nivellement, accessibles gratuitement sur le site Internet www.ign.fr (voir ci-dessous les statistiques de consultation des fiches descriptives des repères de nivellement depuis juin 2006).

Conclusion

A terme, l'utilisateur, qui pourra choisir d'utiliser le réseau de nivellement soit par techniques classiques de nivellement direct, soit par technique GNSS, devra accéder à la référence verticale nationale en priorité par l'intermédiaire des triplets. Il disposera ainsi d'un réseau répondant mieux aux besoins et aux technologies actuelles et mis à jour plus fréquemment. ●

Références

- [1] Dossier GPS et nivellement - Géomètre n°6, juin 1998.
- [2] XYZ n° 101 - 4^e trimestre 2004 - *Le Réseau GPS Permanent* - Thierry Duquesnoy

Contact

Alain COULOMB

Institut Géographique National
Service de Géodésie et Nivellement
Chef du Département Réseaux de référence matérialisés
alain.coulomb@ign.fr

ABSTRACT

Keywords: Spirit levelling, "triplets", NGF, GPS, RAF98.

The maintenance of the French levelling network by the French national mapping agency ("Institut Géographique National") is now carried out using a process involving "triplets" (sets of at least three points meeting distance and height difference criteria, to allow easy stability control). This process is called ERNIT: Entretien du Réseau de Nivellement par les Triplets (Maintenance of the levelling network using triplets). Eventually, the national vertical reference should be accessed first and foremost through the triplets.

This paper defines the triplet, explains the reasons for the recent implementation of the ERNIT process and the new advantages offered to users (e.g. a levelling network that is more up to date and better adapted to current needs and technologies).

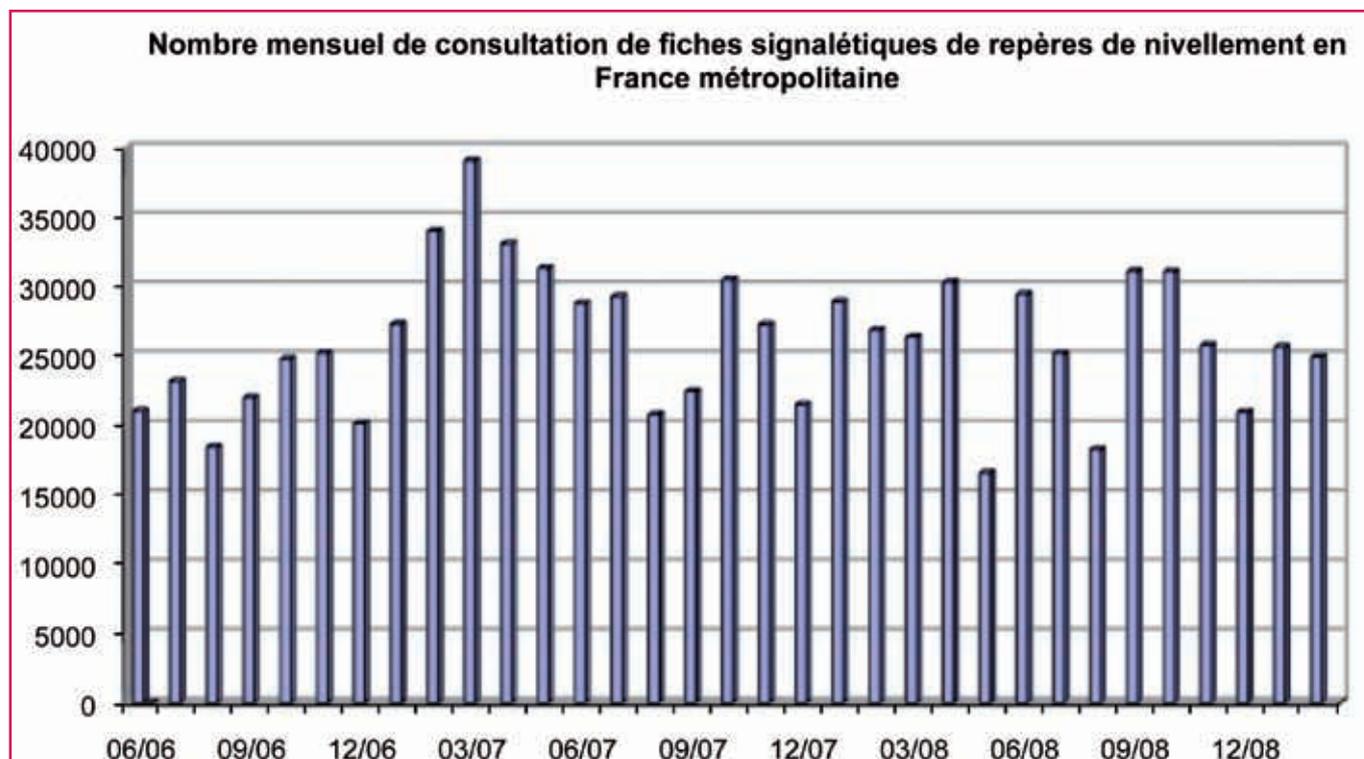


Figure 5. Un site Internet largement visité - Le pic de mars 2007 correspond au lancement du Geoportail. En dehors de ce pic, le graphique montre une utilisation professionnelle, avec des baisses de fréquentation pendant les périodes de vacances.