



# RAF09 : l'essayer c'est l'adopter ! Mise en œuvre de la nouvelle grille de Référence altimétrique RAF09

à la Communauté urbaine Nice Côte d'Azur en remplacement  
de la grille niçoise de conversion altimétrique et de la grille RAF98



■ Ludovic ANDRES

*Le 18 juin 2010 est une date qui marque un renouveau dans l'accès à la référence altimétrique en France. Il s'agit en effet de la date de mise à disposition par l'Institut géographique national (IGN) de la nouvelle grille de Référence altimétrique française (RAF09). Cette mise à disposition a été accompagnée de manière concomitante, de la diffusion d'un nouveau jeu de coordonnées des stations du Réseau GNSS permanent (RGP) et de points géodésiques du RGF93.*

*La Ville de Nice utilisait jusqu'à présent une Grille niçoise de conversion altimétrique (GNCA) spécifique, tandis que sur le reste du territoire de la Communauté urbaine Nice Côte d'Azur (NCA), la grille RAF98 était exploitée. Une analyse de RAF09 est présentée ici, et une comparaison est effectuée avec les deux autres grilles GNCA, RAF98. La validation de sa précision sur Nice, l'amélioration sensible sur ce territoire de la qualité des résultats de conversion constatés, et la simplification induite par l'utilisation d'une seule grille pour la totalité de NCA, conduit logiquement cette dernière à adopter RAF09 et à encourager son utilisation sur son territoire. Des analyses d'utilisateurs concernant d'autres zones géographiques en France viendront probablement conforter ce témoignage.*

## ■ MOTS-CLÉS

Actualité,  
Référence altimétrique  
française, GNSS, altitude  
IGN69, anomalie d'altitude

**D**ès le début de l'utilisation des systèmes de positionnement par satellite (GNSS) pour les opérations de rattachement géodésique de ses travaux topographiques, la Ville de Nice s'est trouvée confrontée à la difficulté d'obtenir des valeurs précises d'altitude en utilisant ces systèmes. Elle continuait

donc à avoir recours de manière intensive aux traditionnelles techniques de nivellement direct avec les fortes charges de travail qu'elles engendrent. Ces charges devenant effectivement très importantes dans les collines niçoises, où l'on doit faire face à des variations de dénivelées conséquentes et répétées,

et effectuer de longs cheminements. Aussi la mise en œuvre de la grille RAF98 avait suscité de profonds espoirs quand à la possible utilisation du système GPS pour accéder à des altitudes centimétriques NGF-IGN69, de précision équivalente à celles de notre canevas géodésique local.





## Constitution d'un réseau de points géodésiques de référence de grande précision sur le territoire de Nice Côte d'Azur et d'un modèle niçois de conversion altimétrique

Afin de pouvoir évaluer la qualité de la grille RAF98 et donc d'être en mesure de décider ou non de son utilisation, il avait été décidé de procéder à l'établissement de points géodésiques de grande précision comportant hauteur ellipsoïdale et altitude IGN69. Ces mesures ont également permis de réaliser une grille locale de conversion des hauteurs ellipsoïdales en altitude IGN69. Ces travaux préliminaires sont donc présentés ici en premier lieu, et seront exploités dans un deuxième temps pour l'analyse de la grille RAF09.

### ■ Retour rapide sur le concept de grille de conversion altimétrique

L'obtention de la hauteur ellipsoïdale d'un point et de son altitude normale permet de calculer l'anomalie d'altitude sur ce point. On rappelle que l'anomalie d'altitude est la distance mesurée le long de la ligne de force normale, qui sépare l'équipotentielle du champ de pesanteur réel d'un point M situé à la surface de la Terre, de la surface sphéropotentielle (surface équipotentielle du champ normal, dont le potentiel normal est égal au potentiel réel de M) correspondante. Cette anomalie d'altitude est illustrée par la distance  $MM'$  sur la figure 1, le quasi-géoïde étant la surface se situant au-dessus de l'ellipsoïde, à une distance égale à l'anomalie d'altitude du point correspondant de la topographie.

Le quasi-géoïde est adapté aux systèmes d'altitude normale (comme le NGF-IGN69 utilisé en France) et contrairement au géoïde, présente l'avantage de pouvoir être calculé relativement aisément étant donné qu'il ne fait appel à aucune connaissance sur la répartition des masses à l'intérieur de la Terre.

Si l'on néglige la courbure de la ligne de force du champ normal de pesanteur et qu'on l'assimile à la normale à l'ellipsoïde, nous avons la relation suivante :

$$\zeta = h - H^N$$

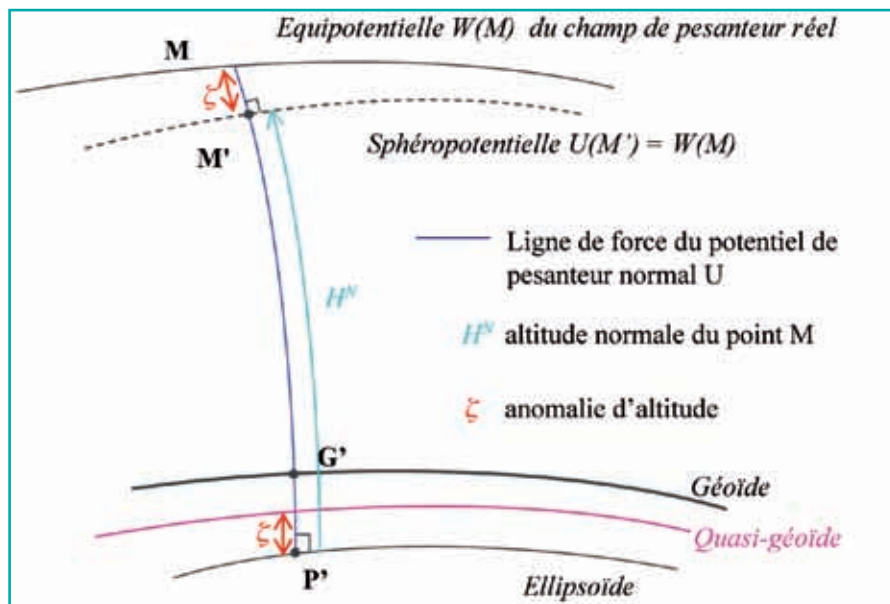


Figure 1. Illustration de l'anomalie d'altitude, du quasi-géoïde et de l'altitude normale.

où  $h$  représente la hauteur au-dessus de l'ellipsoïde pour le point considéré,  $H^N$  son altitude normale et  $\zeta$  l'anomalie d'altitude.

On peut noter d'après la dernière formule présentée ci-dessus, que l'on peut déterminer un quasi-géoïde par la mesure pour chaque point de la surface terrestre de sa hauteur ellipsoïdale ainsi que de son altitude normale.

En ce qui concerne la hauteur ellipsoïdale, il est facile de l'obtenir à l'aide de mesures GNSS par exemple. Il est également possible de déterminer une altitude normale par des opérations de nivellement, en s'appuyant sur un réseau d'altitudes normales, et donc d'obtenir ponctuellement des valeurs d'anomalie d'altitude.

Cette méthode a été utilisée pour déterminer les anomalies d'altitude correspondantes aux points géodésiques. Le réseau NGF-IGN69 étant utilisé pour la détermination des altitudes des points, limite l'exactitude des solutions par la méconnaissance de l'écart précis entre le quasi-géoïde et la référence du système altimétrique français, ainsi que par les erreurs systématiques de mesure du réseau. Cependant la surface qui pourrait être déduite par interpolation de ces anomalies d'altitude peut constituer une grille de conversion altimé-

trique locale adaptée au système d'altitude NGF-IGN69.

### ■ Etablissement du canevas géodésique de précision et calcul des anomalies d'altitude

Tous les points géodésiques à déterminer ont été choisis en tenant compte de contraintes particulières :

- Un faible espacement afin d'être en accord avec la variation du géoïde. A cet effet, l'examen du quasi-géoïde QGF98 (Duquenne, 1998) permet de constater que sur la région niçoise, on peut atteindre des pentes de l'ordre de la dizaine de centimètres par kilomètre. Dans ces conditions, il ne semblait pas raisonnable d'éloigner les points entre eux de plus d'un ou deux kilomètres si l'on souhaitait exploiter les mesures pour réaliser par interpolation un modèle de conversion local précis.
- La région niçoise se distingue par un relief particulièrement prononcé sur ses zones collinaires qui peuvent présenter un couvert végétatif important. D'autre part un fort développement de l'habitat, a affecté depuis plus d'un demi-siècle environ la quasi-totalité de ce territoire et ses zones urbaines et urbaines denses ont plus que quintuplé. Cette urbanisation galopante s'est souvent réalisée au travers d'édifices de taille importante, des immeubles de



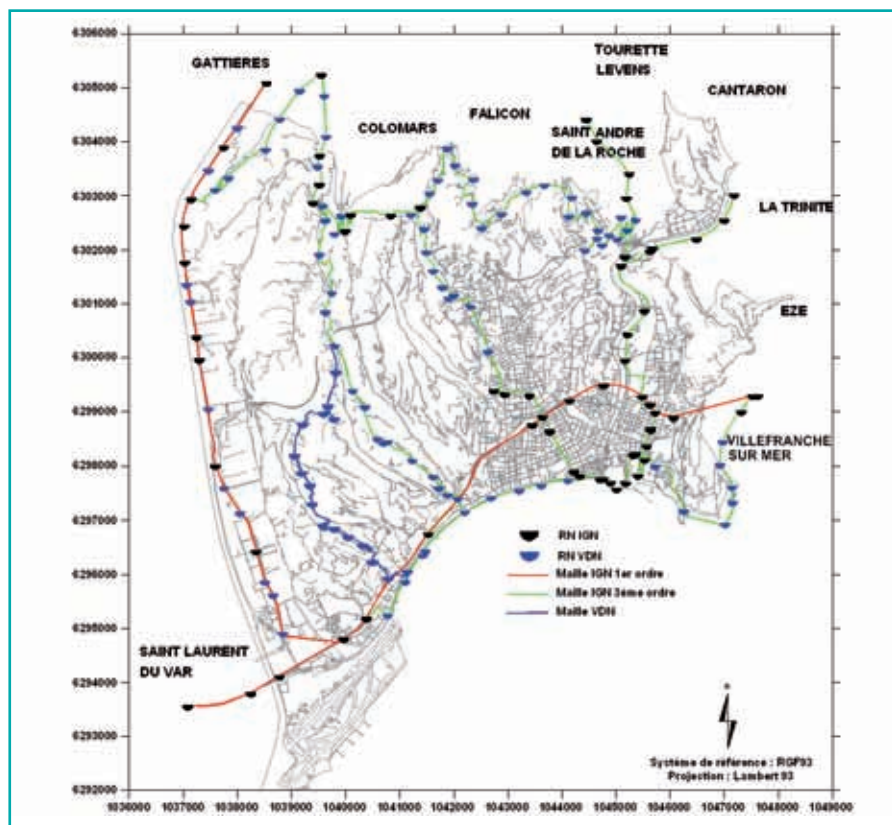


Figure 2. Positionnement de la quarantaine de points observés par GPS et nivellement direct, qui forment l'ossature du réseau géodésique de précision sur le territoire de Nice.

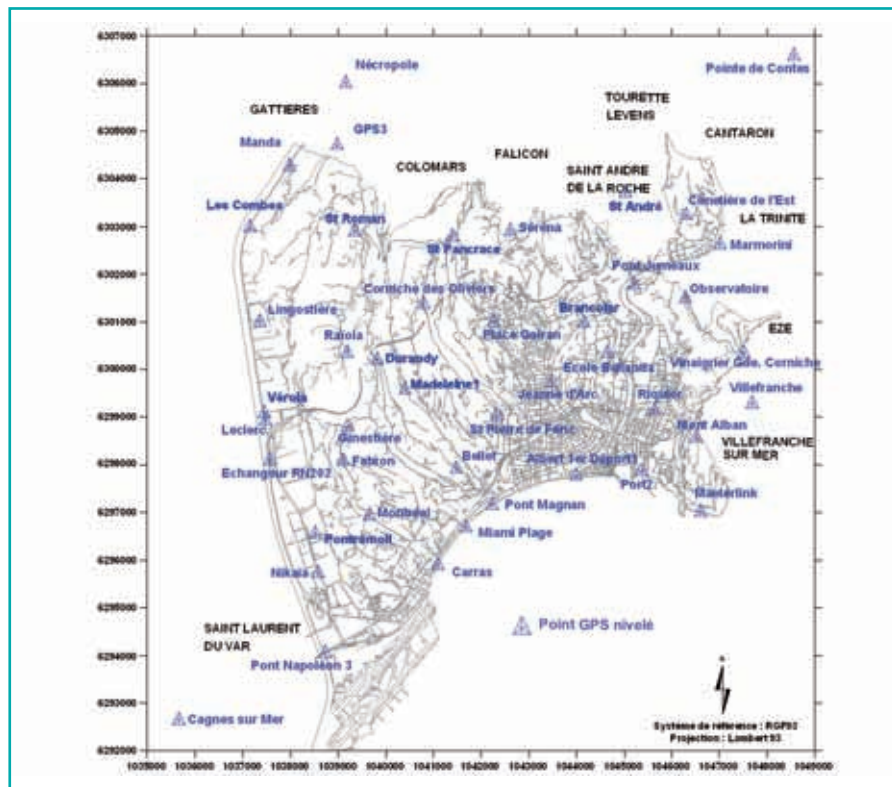


Figure 3. Repères de nivellements et mailles afférentes observés pour l'établissement du canevas de précision : de nombreux repères de nivellement ont été rajoutés dans les mailles IGN69, certaines mailles totalement créées.

plusieurs étages, limités cependant à 6 ou 7 niveaux en moyenne. Végétation, fonds de vallons, orientation des collines à relief prononcé, urbanisation importante, sont autant de difficultés concernant les masques d'observations et les réflexions multiples dont il a fallu tenir compte dans le choix précis de chacun des sites.

- La stabilité de chaque site était également un élément important. Cette stabilité est à considérer aussi bien du point de vue des mouvements de terrains éventuels, que de la durabilité du site dans le temps. Ainsi il a fallu éviter tout terrain faisant l'objet d'un aménagement récent ou d'un aménagement projeté (construction, élargissement de voie, réfection de canalisation ou de chaussée, etc.). De plus, le déport de chaque point principal en deux points auxiliaires a été également réalisé afin de pouvoir pallier à toute destruction de point.
- Chacun des points observés par GPS devant être nivelé avec grande précision, il devait donc se situer à une distance modérée du réseau de référence altimétrique auquel il devait être rattaché : la faisabilité du nivellement de précision dans de bonnes conditions étant une contrainte additionnelle à la notion d'éloignement au réseau.
- La densité du réseau de points à observer a un impact important sur la préparation du chantier ainsi que sur la masse d'observations à réaliser. Etant donné qu'au moins deux sessions d'observations de 3 heures par GPS devaient être effectuées, il a été décidé de ne pas dépasser un maximum d'une quarantaine de points : cela conduisait déjà, en considérant uniquement la durée des observations, à un volume d'environ 240 h d'observations.

Afin de déterminer au mieux la position des points à observer en tenant compte des considérations précédentes, un maillage théorique de 1,5 km a été appliqué sur le territoire de Nice et a conduit au choix d'une quarantaine de points (figure 2) après adaptations, visites, et matérialisations nécessaires sur le terrain.



La détermination précise des altitudes de ces points a nécessité, la mise en place de nouvelles mailles de nivellement ainsi que l'observation d'anciens tronçons. La *figure 3* page 31 illustre les cheminements effectués ainsi que la position des différents repères mesurés.

Toutes ces observations ont été réalisées en relation avec l'Institut géographique national - Service de Géodésie et de nivellement, et en suivant leurs prescriptions techniques (cheminement double, mires invar, mode opératoire, renseignements associés, etc...). Ces observations (cf. *figures 4 et 5*) sont donc venues alimenter et densifier le réseau national de nivellement NGF-IGN69.

Afin d'élargir les mesures au-delà de la commune de Nice, toujours sur le territoire de NCA, les observations de nivellement ont été poussées jusqu'à Cagnes-sur-Mer pour la partie Ouest, jusqu'à Villefranche-sur-Mer pour la partie Est, et jusqu'à Saint-André-de-la-



**Figure 4.** Matériel topographique utilisé lors des opérations de nivellement (Porte-mire : M. Guy Demirdjian)



**Figure 6.** Schéma des cheminements de nivellement avec longueurs (l), dénivelée (d) des tronçons et fermetures (f) des mailles formées.

Roche et Castagnier en ce qui concerne le Nord.

La *figure 6* présente le schéma des cheminements effectués ainsi que les résultats obtenus :

- Pour chaque tronçon de cheminement on y trouve la longueur ainsi que la dénivelée correspondante.
- Pour chaque maille formée, la fermeture brute a été calculée : on pourra remarquer qu'elles présentent toutes de très bons résultats puisque la fermeture la plus importante est de 14,7 mm et la fermeture brute moyenne ramenée au kilomètre de cheminement est de 0,4 mm/km. A noter la surprenante fermeture de la plus grande maille ceinturant la

commune (II'M - II'342bis - IEM3-525 - IEM3-386 - IEM3-411a - IM13 - Mai3k3-0b - Ma3k-10 - Mak3-42) qui est de 2,28 mm pour une longueur de 45,4 km.

Au total, environ 115 km de cheminement ont été nécessaires, ce qui représente plus de 5000 portées moyennes de 23 m et environ 200 h de travail d'une brigade topographique constituée de trois personnes.

A ces travaux, il convient de rajouter tous les petits cheminements qu'il a été nécessaire de réaliser à partir de certains de ces repères, afin de niveler avec précision chacun des points présentés plus haut, en *figure 3*.

L'obtention par GPS de la précision centimétrique dans les coordonnées géocentriques cartésiennes pour nos points géodésiques, a également nécessité l'établissement et le respect de prescriptions méthodologiques strictes concernant la préparation des sessions observations, les observations GPS statiques elles-mêmes (minimum de deux sessions de 3 h par point) ainsi que les calculs de post-traitement qui s'en suivirent.

La station permanente GPS NICA de la Ville de Nice (cf. *figure 7*) a été utilisée comme pivot puisqu'elle est intégrée au réseau RGP et se situe approximativement au barycentre de la zone d'étude, à une altitude intermédiaire



**Figure 5.** Nivellement de précision sur la route de Bellet à Nice (Opérateur M. Bernard Laugier, porte-mire M. Marc Sulis)





**Figure 7.** NICA, la station permanente GPS de la Communauté urbaine Nice Côte d'Azur, intégrée au RGP.

(207,523 m) par rapport aux altitudes minimale et maximale que l'on peut rencontrer sur cette zone.

L'établissement des coordonnées géocentriques cartésiennes de tous les points observés aura finalement nécessité approximativement :

- 100 h de préparation, repérage et matérialisation des points sur le terrain.
- 300 h d'observation GPS.
- 50 h de vidage et calculs des observations

Il est nécessaire de préciser que toutes ces opérations se mutualisaient de manière parfaite avec les travaux nécessaires à réaliser pour la conversion en RGF93 de notre base de données géographique. Le RGF93 était, rappelons le, devenu le système de référence national légal le 26 décembre 2000 (Décret n° 2000-127, Loi n°95-115) et la Ville de Nice avait décidé de transformer toutes ses données géographiques dans ce nouveau système (Andres, 2004).

Au final, on peut estimer la précision des mesures à environ 1 cm en ce qui concerne l'altitude et de 1 à 2 cm en ce qui concerne la hauteur ellipsoïdale, soit une précision minimale de 3 cm au total sur l'anomalies d'altitude.

### ■ Modélisation d'une grille niçoise de conversion altimétrique (GNCA)

A partir de valeurs d'anomalie d'altitude des points observés, on peut par interpolation créer un modèle numérique représentant une réalisation locale du quasi-géoïde sur l'étendue du territoire couvert par les points. Cette surface constitue un modèle de conversion des hauteurs ellipsoïdales RGF93 en altitude NGF-IGN69.

L'interpolation permet de prédire la valeur "quasi-géoïde terrestre local" en tout point de notre champ d'étude. Malheureusement ces prédictions sont entachées d'erreurs propres, dues à la méthode d'interpolation spatiale utilisée. Aussi il a semblé intéressant d'utiliser et de comparer les résultats de trois grandes catégories de méthodes d'interpolations. Celle d'une méthode déterministe classique, c'est-à-dire s'appuyant uniquement sur une fonction mathématique censée représenter la variable régionalisée (Matheron, 1962) correspondante, celle d'une méthode stochastique qui intègre la notion de hasard, et celle d'une méthode intermédiaire entre déterministe et stochastique, c'est-à-dire considérée tantôt comme détermi-

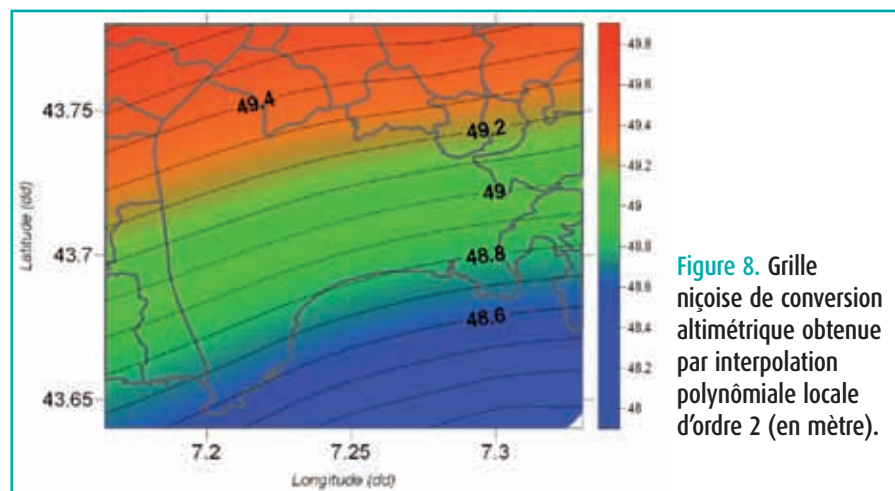
niste et tantôt comme stochastique selon les auteurs, la régression locale. Ces trois méthodes testées (Andrès, 2008) sont respectivement, l'interpolation par triangulation de Delaunay, l'interpolation par krigeage (Krige, 1951 – Matheron, 1962), et l'interpolation par régression polynômiale locale d'ordre 2. La *table 1* ci-après présente une synthèse des résultats de la validation croisée correspondant aux trois méthodes d'interpolation.

La grille niçoise illustrée en figure 8 et utilisée ici, est celle provenant de la méthode d'interpolation par régression polynômiale locale d'ordre 2, qui présente de bons résultats et qui permet une extrapolation raisonnable en dehors de l'enveloppe convexe des sites observés.

Des tests de comparaison ont été menés entre la grille niçoise et la grille RAF98 ainsi que des validations sur d'autres points mesurés. Ils ont permis de valider l'utilisation de GNCA sur le territoire de la Ville de Nice, puisque cette grille permet d'obtenir de meilleurs résultats de conversion que la grille nationale RAF98 qui semble présenter un biais de l'ordre de 2 cm sur Nice. Les écarts entre GNCA et RAF98 (GNCA-RAF98) sont de 2,3 cm en

	Krigeage	Delaunay	Polynôme
<b>Moyenne écarts</b>	0.0041	0.0093	0.0086
<b>Ecart type</b>	0.0157	0.0121	0.0109
<b>Max</b>	0.0465	0.0275	0.0247
<b>Min</b>	-0.0205	-0.0216	-0.032

**Table 1.** Résultats (en mètre) de la validation croisée sur les trois méthodes d'interpolation utilisées.



**Figure 8.** Grille niçoise de conversion altimétrique obtenue par interpolation polynômiale locale d'ordre 2 (en mètre).

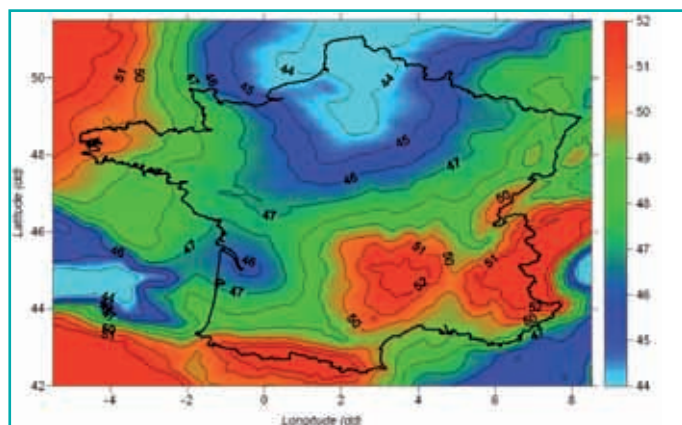


Figure 9a. Grille de conversion altimétrique RAF09 (en mètre).

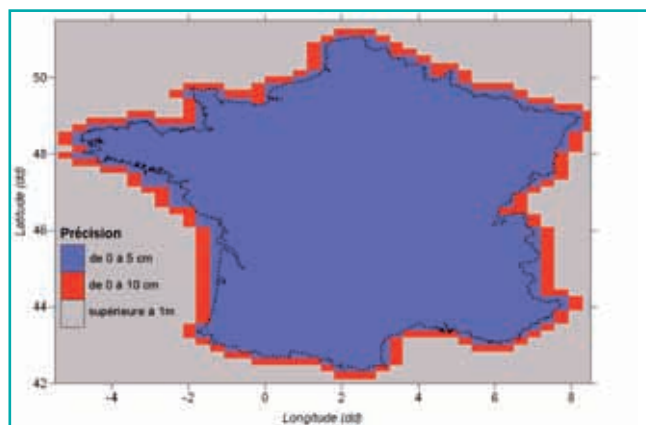


Figure 9b. Précision de conversion associée à la grille RAF09

► moyenne avec un écart type de 1,1 cm. Les écarts minimum et maximum étant de 0,1 et 5,5 cm.

## La nouvelle grille RAF09

### ■ Présentation

Une réfection de la référence nationale RGF93 a été réalisée par l'IGN en s'appuyant sur un nouveau calcul des stations du Réseau GNSS permanent à partir des données acquises de 1996 à 2009, et en améliorant les modélisations comme la surcharge océanique ou les positions des centres de phase des antennes du RGP. Une amélioration notable de la composante verticale a été obtenue et des écarts de 2,5 cm en moyenne peuvent être constatés par rapport aux précédentes valeurs des hauteurs ellipsoïdales des stations RGP (CNIG, 2010). Par ailleurs de nombreux points du RBF ont pu être nivelés avec

précision depuis quelques années. Ainsi, en exploitant ces nouveaux résultats et en utilisant toujours le quasi-géoïde QGF98, une nouvelle surface de conversion des altitudes RAF09 (IGN, 2010) a été produite par l'IGN en remplacement de la grille RAF98. Cette nouvelle grille RAF09 est donc à utiliser avec le nouveau jeu de coordonnées diffusé par l'IGN le 18 Juin 2010. Les figures 9 et 10 illustrent respectivement les valeurs de grille RAF09 ainsi que les précisions de conversions associées. On remarquera que la France continentale est quasi intégralement couverte par des précisions de conversion de 0 à 5 cm. Seules certaines petites zones en limite de territoire présentent des précisions de conversion de 0 à 10 cm, comme à Banyuls, Cerbère ou Arles par exemple. La figure 10 présente quant à elle les écarts bruts constatés entre l'ancienne

grille RAF98 et la nouvelle grille RAF09 (RAF09-RAF98). Ces écarts vont jusqu'à environ 80 cm si l'on considère l'ensemble de la grille rectangulaire, mais à l'extérieur du territoire français métropolitain, là où la grille n'est normalement pas utilisée, et où l'indicateur de précision indique "supérieur à 1 m". Sur le territoire continental français, les écarts restent compris entre -22 et 12 cm environ. Ces valeurs demeurent importantes mais non significatives : en effet, il est nécessaire et important d'insister sur le fait que la conversion avec RAF09 doit se faire en se basant sur les nouvelles hauteurs ellipsoïdales publiées par l'IGN. Dans ce cas les écarts de conversion sont confinés dans peu de centimètres sur l'altitude obtenue. Utiliser RAF09 avec les anciennes hauteurs RGF93 ou RGP peut conduire, on vient de le voir, à des erreurs significatives. Il est donc important de vérifier dans ses zones de travail, les écarts entre les anciennes coordonnées et les nouvelles. Cela permettra de mesurer le risque encouru, et de prendre les dispositions nécessaires de mise à jour de ses bases de données, logiciels et matériels, dès lors que l'on met en œuvre la nouvelle grille de conversion altimétrique.

### ■ Mise en œuvre de RAF09 sur le territoire niçois

Pour estimer la précision altimétrique que l'on peut obtenir en utilisant la grille RAF09 sur le territoire niçois, nous avons tout d'abord corrigé les hauteurs ellipsoïdales de ces points géodésiques pour les rendre conformes au nouveau jeu de coordonnées du RGF93 (diminu-

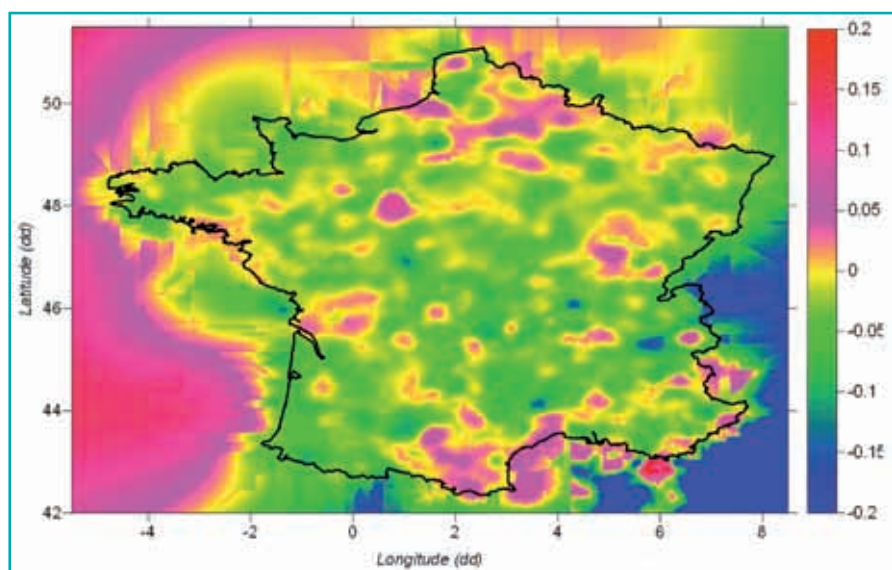


Figure 10. Ecart (en mètre) entre la grille RAF09 et la grille RAF98 ( $e=RAF09-RAF98$ ).

tion de la hauteur ellipsoïdale de 9 mm, ce qui correspond à la variation de hauteur ellipsoïdale de notre station permanente NICA).

Les résultats altimétriques obtenus avec RAF09 sur ces points sont sensiblement meilleurs en ce qui concerne l'écart moyen, que ceux obtenus avec RAF98 (cf. Table 2).

Le biais constaté sur les altitudes RAF09 calculées à partir de nos mesures de hauteurs ellipsoïdales et de nivellement sur les 37 principaux points, est de -1,9 cm au lieu de +2,2 cm pour RAF98. L'écart type augmente légèrement de 0,9 à 1,3 cm. Les écarts restent compris entre -5,6 et 0,7 cm. On retrouve logiquement, sensiblement les mêmes résultats en comparant les deux grilles RAF09 et GNCA. Ces résultats confir-

ment la précision de la grille RAF09 annoncée par l'IGN, de 5 cm sur notre secteur géographique. On notera sur la station NICA que la nouvelle grille RAF09 est en accord avec ses nouvelles coordonnées RGF93 (écart d'altitude de 5 mm). Pour le reste des points utilisés, les écarts entre altitudes nivelées, altitudes RAF98 et altitudes RAF09 varient. Ceci exprime le fait que la nouvelle grille RAF09 n'est pas, sur le territoire de Nice, issue d'une simple translation, mais prend bien en compte le nouveau modèle de quasi-géoïde réalisé par M. Henri Duquenne et couvrant la zone Corse – Provence (Harmel, 2010).

La figure 11 illustre cela en présentant les écarts bruts constatés entre RAF09 et RAF98 uniquement sur le territoire de la Communauté urbaine Nice côte d'Azur.

Ces différences sont comprises entre -2,8 cm et +10,6 cm ce qui constitue des valeurs assez importantes. Il conviendrait dans le futur d'effectuer des mesures complémentaires dans les zones présentant de forts écarts afin d'approfondir les comparaisons et les analyses.

## Conclusion

Les altitudes obtenues avec la grille RAF09 à partir de hauteurs ellipsoïdales de qualité, déterminées par GNSS, conduisent à des altitudes IGN69 de précision centimétrique. On sait pourtant que la région niçoise est problématique car elle comporte un géoïde tourmenté. Cette étude a permis de mesurer et prendre

Point Géodésique	Longitude	Latitude	He (avant 18/06/2010)	Alt_niv IGN69	Alt_RAF98	Alt_RAF09	Alt_RAF98-Alt_niv	Alt_RAF09-Alt_niv
Albert_1er_	7.2678174	43.6947596	55.003	6.222	6.219	6.203	-0.003	-0.019
Brancolar	7.2710861	43.7231857	165.265	116.212	116.234	116.183	0.021	-0.029
Carras	7.2309680	43.6797758	53.199	4.452	4.448	4.437	-0.005	-0.016
Corniche_des_oliviers	7.2307947	43.7291311	317.458	268.272	268.297	268.247	0.025	-0.025
Raiola	7.2110146	43.7301889	321.047	271.810	271.836	271.785	0.026	-0.025
Durandy	7.2179110	43.7194587	284.059	234.913	234.946	234.906	0.032	-0.008
Echangeur st Isidore RN202	7.1887821	43.7012758	73.042	23.980	23.988	23.959	0.008	-0.021
Bell	7.2370756	43.6978045	162.403	113.495	113.515	113.497	0.020	0.002
Fabron	7.2077090	43.7004434	269.076	220.066	220.086	220.060	0.020	-0.006
Ginestiere	7.2093609	43.7067395	260.798	211.739	211.763	211.733	0.024	-0.006
Goiran	7.2488971	43.7250998	129.853	80.741	80.761	80.714	0.019	-0.027
GPS3	7.2105850	43.7600062	249.883	200.405	200.453	200.375	0.047	-0.030
Jeanne_D'arc	7.2632121	43.7129812	77.990	29.022	29.034	29.001	0.012	-0.021
Leclerc	7.1882109	43.7087813	77.077	27.936	27.965	27.931	0.029	-0.005
Les_combes	7.1866973	43.7451111	100.240	50.821	50.850	50.790	0.029	-0.031
Lingostiere	7.1880609	43.7274659	88.001	38.723	38.748	38.701	0.025	-0.022
Manda	7.1979354	43.7565082	108.834	59.374	59.402	59.331	0.027	-0.044
Madeleine_1	7.2243943	43.7135590	121.875	72.802	72.825	72.790	0.023	-0.012
Magnan	7.2460261	43.6905883	55.187	6.375	6.384	6.369	0.009	-0.006
Miami Plage	7.2386444	43.6868094	53.286	4.489	4.497	4.483	0.008	-0.006
Mont_Alban	7.2996963	43.7009502	270.041	221.235	221.266	221.226	0.032	-0.008
Montreal	7.2138518	43.6899478	215.186	166.275	166.299	166.277	0.024	0.002
Necropole	7.2136923	43.7716602	120.107	70.567	70.601	70.513	0.034	-0.054
NICA	7.2272576	43.7032612	256.502	207.523	207.543	207.518	0.020	-0.005
Nikaia	7.1996831	43.6794671	61.193	12.330	12.348	12.323	0.018	-0.007
Observatoire_dep1	7.2990163	43.7265284	421.250	372.199	372.232	372.163	0.033	-0.036
Pont_du_Var	7.2010383	43.6647661	62.516	13.770	13.795	13.771	0.025	0.001
Pontremoli	7.1985675	43.6864421	64.658	15.720	15.753	15.728	0.032	0.007
Ponts_jumeaux	7.2858610	43.7307099	92.840	43.755	43.766	43.699	0.011	-0.056
Port2	7.2851607	43.6954590	50.330	1.561	1.577	1.549	0.016	-0.012
Riquier	7.2893275	43.7068446	69.274	20.408	20.423	20.383	0.015	-0.025
St_Andre	7.2870077	43.7469384	129.272	80.024	80.058	79.974	0.034	-0.050
St_pancrace	7.2387620	43.7414414	350.698	301.424	301.455	301.388	0.031	-0.036
St_pierre_de_Feric	7.2482347	43.7073748	196.703	147.760	147.761	147.734	0.000	-0.026
St_Roman	7.2140549	43.7431887	354.531	305.190	305.229	305.164	0.038	-0.027
Verola	7.1877977	43.7103321	81.690	32.535	32.565	32.530	0.030	-0.005
Villefranche	7.3148526	43.7070781	62.692	13.845	13.882	13.833	0.037	-0.012
Moyenne							0.022	-0.019
Ecart Type							0.009	0.013
Max							0.047	0.007
Min							-0.005	-0.056

Table 2. Résultat obtenus sur les points géodésiques nivelés.



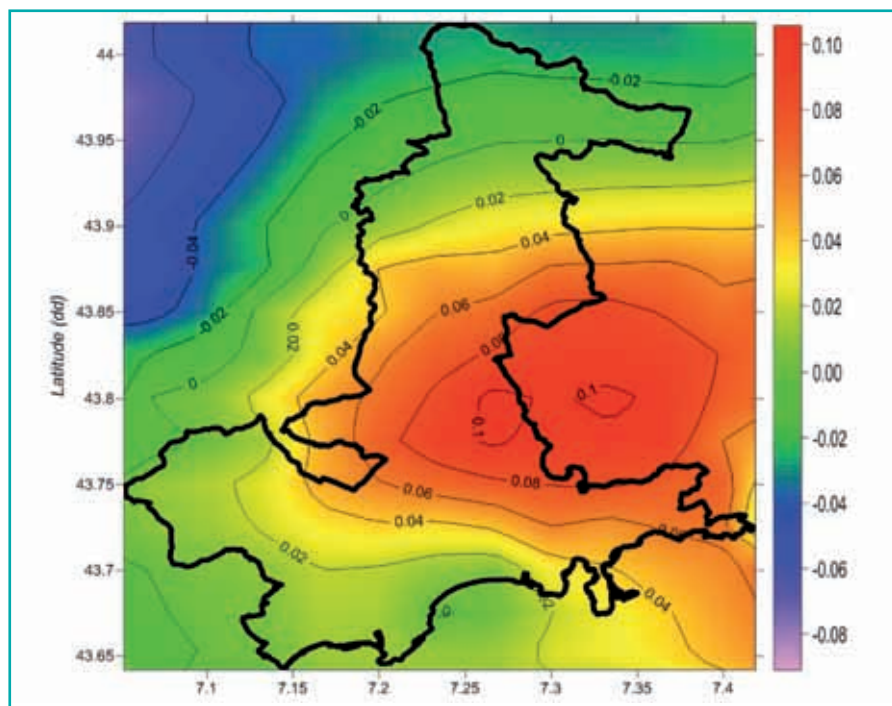


Figure 11. Ecart (en mètre) entre la grille RAF09 et la grille RAF98 ( $e=RAF09-RAF98$ ) sur le territoire de la Communauté Urbaine Nice Côte d'Azur (contour en noir).

conscience des évolutions intervenues dans notre zone de travail concernant le RGF93 et la surface nationale de conversion des altitudes. Nous évaluons maintenant la précision que nous pouvons attendre pour nos travaux de la mise en œuvre des techniques GNSS, conjointement à la nouvelle grille RAF09 : celle-ci est particulièrement satisfaisante pour des chantiers de relevés topographiques classiques. Le développement de la Communauté urbaine Nice Côte d'Azur et l'extension de nos missions sur ce territoire sept fois plus étendu que celui de la seule Ville de Nice, nous conduit logiquement à adopter une grille unique de conversion à des fins de simplifications opérationnelles. La qualité de RAF09 ayant été validée et convenant parfaitement à nos besoins, elle est donc adoptée par NCA sur la totalité de notre territoire, en remplacement de notre ancienne grille GNCA et de RAF98. Il est important de souligner avec quelle extraordinaire facilité on peut déterminer aujourd'hui, avec précision, une altitude dans le système NGF-IGN69, en utilisant de manière adéquate ces techniques. Il est probable que dans les années futures, les améliorations qui seront apportées aux outils de positionnement par satel-

lites ainsi qu'au modèle du quasi-géoïde français et au modèle de conversion altimétrique, conduiront à des résultats encore améliorés. ●

## Contact

**Ludovic ANDRES**

Direction Information Géographique  
Communautaire  
Communauté urbaine Nice Côte d'Azur  
ludovic.andres@nicedazur.org

## Références

- ANDRES L., 2002** Conversion dans le système altimétrique IGN69 de la base de données topographiques de la Ville de Nice, XYZ n°91, Juin 2002
- ANDRES L., 2004** Transformation dans le système RGF93 de la base de données géographique de la Ville de Nice, XYZ n°97, Décembre 2003
- ANDRES L., 2008** Détermination par GPS, nivellement, et télémétrie par ultrason, d'un modèle de géoïde côtier sur la Ville de Nice, thèse de Doctorat en Sciences, Université de Nice Sophia Antipolis.
- CNIG, 2010** Compte rendu de la réunion du Groupe de travail "Réseaux GNSS" du 15/06/10 à l'Institut géographique national (Saint-Mandé)

## DECRET N° 2000-1276, 26 décembre 2000

Décret portant application de l'article 89 de la loi n° 95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics

**DUQUENNE H., 1998** QGF98, a new solution for the quasigeoid in France, 2nd Symposium on the geoid in EuropeBudapest, Reports of the Finnish Geodetic Institute (1998)

**HARMEL A., 2010** La rénovation du RGF93, XYZ n°124, septembre 2010.

**IGN, 2010** Réalisation de la grille de référence d'altitude RAF09, [http://geodesie.ign.fr/index.php?page=quasi\\_geoide#titre3](http://geodesie.ign.fr/index.php?page=quasi_geoide#titre3)

**KRIGE D., 1951**, A statistical approach to some basic mine valuation problems on the witwatersrand. Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society, 52:119-139.

## LOI N° 95-115, 4 février 1995

Loi d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire, article 89

**MATHERON G., 1962** Traité de géostatistique appliquée, Tome I. Mémoires du Bureau des recherches géologiques et minières, N°14. Editions Technip, Paris.

## ABSTRACT

In June 2010 the french national geographical institute, released a new altimetric conversion grid - RAF09 - to transform ellipsoidal heights measured in the French geodetic reference system RGF93, into altitudes of the French altimetric system, called NGF-IGN69. The city of Nice and the Urban Community of Nice Côte d'Azur (NCA) already used a local specific grid for the territory of Nice called GCNCA, and also, the former 12 years old national grid RAF98 for the remaining of the NCA area. A presentation of RAF09 is made and precise measurements of altitude anomaly have been used to estimate the quality of RAF09 over the territory of NCA. A comparison of these three conversion grids, leads to the adoption by NCA of the new RAF09 grid for its entire territory. Further studies made by different users in France are expected to confirm our experiment, and the use of the new RAF09 grid is encouraged in replacement of the former RAF98 grid.