

Amélioration du champ de pesanteur et du géoïde autour de la Corse par gravimétrie aéroportée

■ H. DUQUENNE - A.V. OLESEN - R. FORSBERG - A. GIDSKEHAUG

Trois modèles du géoïde couvrant la Provence et la Corse ont été récemment publiés : QGF96, EGG97 et QGF98. Des comparaisons de ces modèles avec des points GPS nivelés du réseau géodésique français ont montré que les anciennes données gravimétriques marines sont entachées d'erreurs grossières, atteignant plusieurs dizaines de milligals. En février 2001, plusieurs organismes (KMS, Université de Bergen, ESGT, IGN, INSU) ont entrepris un levé aérien, dans le but d'améliorer la couverture gravimétrique dans cette région. Le lot de données final comprend 1458 valeurs filtrées d'anomalies de pesanteur réparties le long de 2 510 km de lignes de vol. Une analyse des écarts à 25 points de croisement conduit à une précision interne de 2,6 mgal. Des comparaisons de ces nouvelles données avec les mesures marines anciennes de la base du Bureau Gravimétrique International (BGI) et avec des anomalies dérivées d'altimétrie par satellite (grilles de KMS, de CLS et de l'Université de Californie) ont permis de retrouver des erreurs importantes dans les anciens levés et fournissent une estimation externe de la précision. Un nouveau lot de données gravimétriques denses et validées, incluant des données terrestres, a été construit, à partir duquel un nouveau modèle du géoïde pour la Corse a été calculé. Une validation finale a été obtenue par comparaison du géoïde avec 51 points GPS nivelés des réseaux français du continent et de la Corse.

Durant la dernière décade, trois modèles du géoïde couvrant la France et la Corse ont été publiés : QGF96, EGG97 (Denker et Torge 1998), QGF98 (Duquenne H. 1998). Les modèles QGF et EGG97 ont été calculés indépendamment, par des programmes et des méthodes différents : retrait-restauration avec combinaison simple pour les premiers, combinaison spectrale pour le dernier. Cependant, des comparaisons des modèles de géoïdes avec des points nivelés du réseau géodésique français ont mis en évidence des erreurs importantes en Provence, où les géoïdes calculés étaient 0,60 m trop haut (voir figure 1 et table 5), et surtout en Corse où les erreurs dépassaient 1 m. Après des vérifications soignées du réseau géodésique par l'Institut Géographique National (Garayt et Nocquet 2000) et des données gravimétriques terrestres (Debeglia 1998), le doute s'est porté sur la gravimétrie marine. En

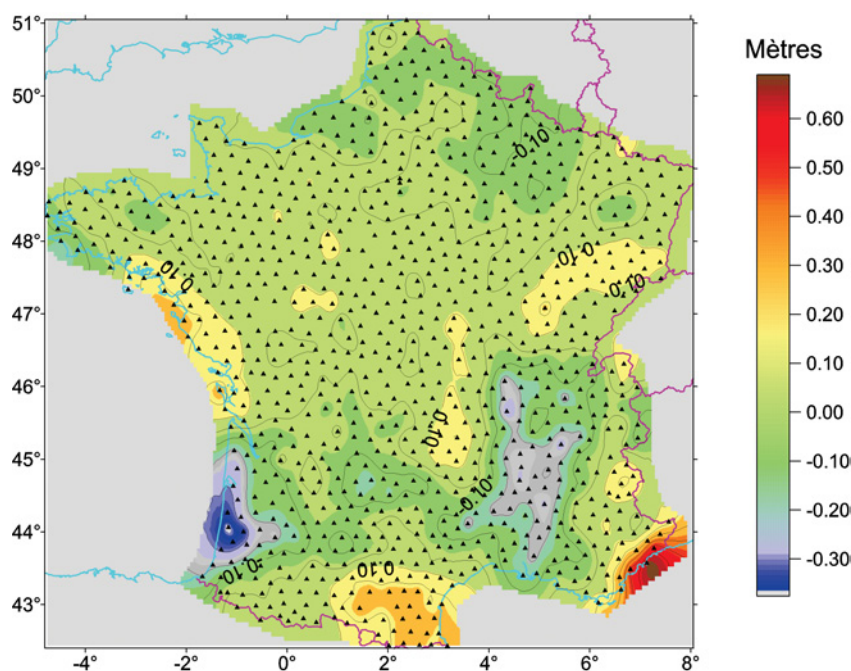


Figure 1 : Résidus de la comparaison de QGF98 (rayon de Stokes 2°) avec les points GPS nivelés du RGF (triangles noirs). Noter les valeurs importantes dans le sud-est de la France.

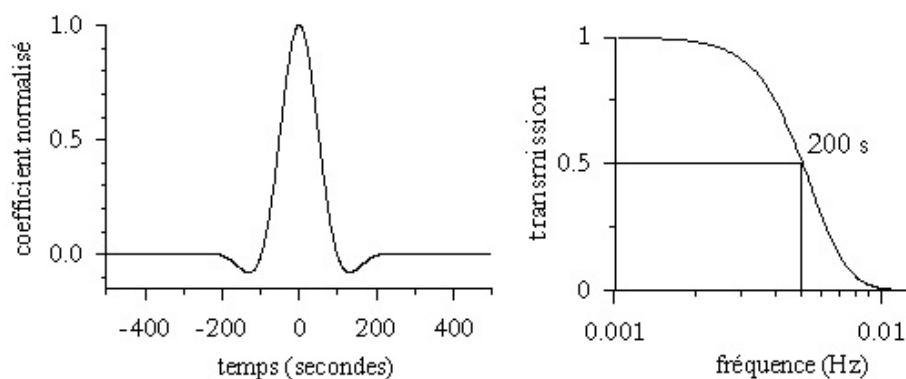


Figure 2: Filtrage des données gravimétriques. Réponse impulsionnelle (à gauche) et transmission (à droite).

■ ■ ■ Méditerranée, les trois modèles du géoïde ont utilisé le même lot de données gravimétriques résultant de la numérisation des cartes de Morelli par l'Institut für Erdmessung (Behrend et al. 1996). A cette époque, il semblait que c'était le meilleur choix pour deux raisons. D'une part, Behrend et al. ont trouvé un bon accord entre les données de Morelli et les anomalies de pesanteur déduites d'altimétrie, sauf à proximité des côtes, ce qui a été logiquement imputé à l'altimétrie. D'autre part, les anciens levés marins conservés dans la base de données du BGI étaient très disparates. En décembre 2000, R. Forsberg proposait d'utiliser l'avion et le gravimètre prévu pour la campagne CAATER en Crête, pour entreprendre un levé aérien dans la zone critique. C'était une bonne occasion d'améliorer le géoïde en Provence et en Corse.

Le levé gravimétrique aérien

Les opérations aériennes se sont déroulées du 20 au 22 février 2001. L'avion était le Fokker 27 "ARAT" (avion de recherche atmosphérique), appartenant à l'IGN et affrété par l'Institut National des Sciences de l'Univers. Il était équipé du gravimètre Lacoste & Romberg de l'Université de Bergen, de deux récepteurs GPS (Trimble et Javad) et d'un système de navigation inertielle prêté par KMS (le service danois du cadastre), en plus du système propre à l'avion. Six stations GPS au sol ont été utilisées : deux perma-

nentes (IGN et CNRS), et quatre temporaires (ESGT et KMS). Les données ont été recueillies pendant 8,5 heures de vol à 300 mètres d'altitude, à la vitesse de 310 km/h. 25 minutes de données ont été perdues pour des raisons diverses. Les trajectoires de l'avion ont été calculées à la fois par KMS avec le logiciel GPSurvey de Trimble et à l'ESGT en utilisant GAFNAV. En terme de qualité d'estimation des accélérations, ces deux logiciels sont aussi performants. Les deux programmes ont fourni des résultats légèrement meilleurs avec les mesures du récepteur Trimble. Les différences sont cependant insignifiantes pour ce qui concerne l'estimation des anomalies de pesanteur. Il existe cependant deux exceptions.

- 1) Le récepteur Javad n'a pas fonctionné normalement le premier jour au voisinage du temps GPS 208572, faussant l'estimation des accélérations.
- 2) Le dernier jour, les trajectoires basées sur les mesures du récepteur Trimble ont présenté des manques, au moins lors du calcul direct. Finalement, pour la détermination des anomalies de pesanteur, les solutions provenant des observations du récepteur Trimble, traitées avec GRAFNAV ont été préférées pour les deux premiers jours, tandis

que les mesures du récepteur Javad calculées avec GPSurvey ont été retenues pour le dernier jour. Pour plus de détail, on peut consulter (Duquenne F. 2001), (Olesen 2002) et (Duquenne et al. 2002).

Les observations du gravimètre ont été traitées par KMS. Les anomalies de pesanteur ont été obtenues, en omettant les termes du second ordre, par :

$$\Delta g = A_z - A_{z0} - h'' + \delta g_{\text{Eötvös}} + \delta g_{\text{tilt}} + g_0 - \gamma_0 - (h - N) \partial \gamma / \partial h \quad (1)$$

où A_z est la lecture du gravimètre, A_{z0} la lecture au point de référence à l'aéroport, h'' l'accélération verticale issue du GPS, $\delta g_{\text{Eötvös}}$ la correction d'Eötvös, g_0 la valeur de la pesanteur au point de référence, γ_0 la pesanteur normale, h la hauteur ellipsoïdale obtenue par GPS, N la hauteur du géoïde déduite du modèle EGM96, et δg_{tilt} la correction de non-horizontalité du bras du gravimètre, voir (Olesen et al. 2000).

La position utilisée dans la formule (1) est celle de la masse d'épreuve du gravimètre. Cette position est obtenue en ajoutant à celle de l'antenne GPS un vecteur dépendant du temps. Les variations de direction de ce vecteur (cap, roulis, tangage) peuvent être estimées à partir de données inertielles. Les corrections correspondantes apportées à la pesanteur et issues des systèmes de navigation de KMS et de l'avion sont très similaires, et les deux ensembles de mesures peuvent être utilisés pour les réductions de pesanteur.

Les valeurs de pesanteur obtenues de l'équation (1) ont été traitées par un filtre passe-bas. Le filtre est principalement caractérisé par le point pour lequel le facteur de transmission vaut 0.5 (figure 2). Un filtre de 200 secondes a été utilisé, ce qui est une durée standard pour les levés gravimétriques aériens réalisés par KMS (Olesen et al. 2000). Avec une vitesse de 310 km/h, cela cor-

Tableau 1 : Points de croisement des lignes de vol

Nombre	Ecart minimal	Ecart maximal	emq
25	-6.8 mgal	7.2 mgal	3.7 mgal

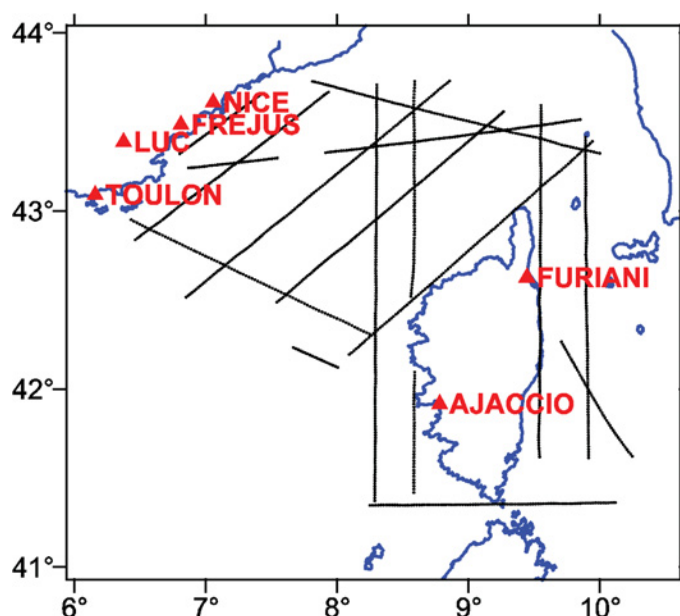


Figure 3: Trajectoires utiles du levé aérogravimétrique. Les triangles rouges représentent les stations GPS au sol.

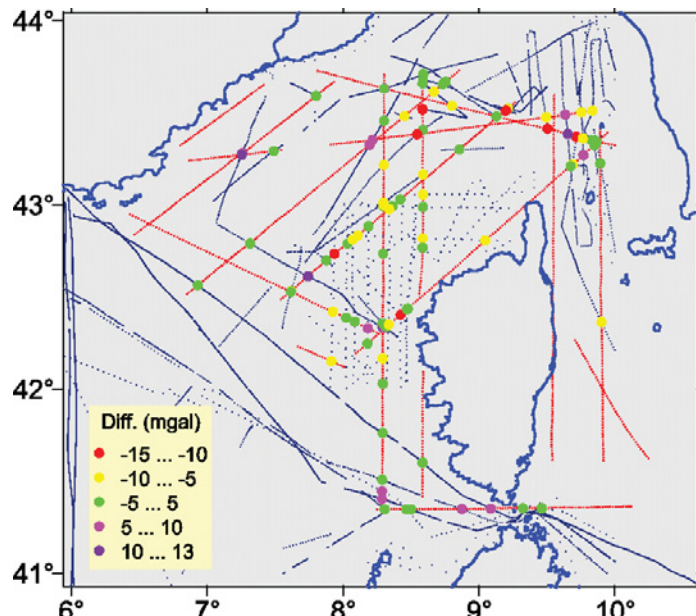


Figure 4: Points de croisement entre lignes de vol (lignes rouges) et croisières (lignes bleues). Unités: mgal.

Tableau 2: Statistiques des écarts aux points de croisement entre croisières et lignes de vol, après rejet des croisières aberrantes. Unité : mgal.

Identifiant source BGI	Nombre de crois.	Ecart moyen	EMO	Ecart min.	Ecart max.
61020315	4	0.7	4.6	-4.4	5.7
61021992	3	1.1	1.5	0.3	2.5
61021993	45	-3.7	8.2	-14.7	12.4
65170006	28	-3.7	6.2	-12.1	5.6
65100027	1	1.2	1.2	1.2	1.2
65100029	9	3.4	4.1	0.9	6.9
65100115	4	4.3	4.4	3.3	5.5
65100138	2	2.6	4.1	-0.5	5.7
65100144	2	2.0	5.8	-3.4	7.4
Total	98	-2.1	6.8	-14.7	12.4

Tableau 3: Statistiques des écarts d'anomalies de pesanteur entre le levé aérogravimétrique et l'altimétrie par satellite. Unité: mgal.

Grille	Moyenne des écarts	Ecart type	Ecart	Ecart max.	Nombre de points
KMS99	-1.7	8.6	-40.3	35.0	1432
KMS01	-3.4	11.0	-52.6	39.2	1458
Sandwell	-1.7	8.6	-38.5	20.7	1458
CLS	0.4	16.7	-73.5	53.1	1448

respond à une résolution (demi-longueur d'onde) de 8,5 km.

Le lot de données final est représenté sur la figure 3. Il comprend 1458 valeurs à 20 secondes d'intervalle, soit 2510 km de données à la vitesse de 310 km/h. L'écart moyen quadratique des écarts aux points de croisement (sans soustraction de biais ni ajustement) atteint 3,7 mgal. Si on suppose que les erreurs ne sont pas corrélées entre lignes de vol, on peut conclure à un bruit de mesure de 2,6 mgal. L'analyse des points de croisement est résumée par le tableau 1.

Evaluation des données marines et de l'altimétrie satellitaire

En raison de la bonne précision du levé aérogravimétrique, il a été décidé de l'utiliser comme une référence pour valider les données gravimétriques marines anciennes, et pour évaluer des grilles d'anomalies issues d'altimétrie satellitaire. Les données marines consistent en d'anciennes croisières italiennes et françaises conservées dans la base de données du BGI. Elles sont réputées très douteuses en raison de mauvaises mesures ou de corrections

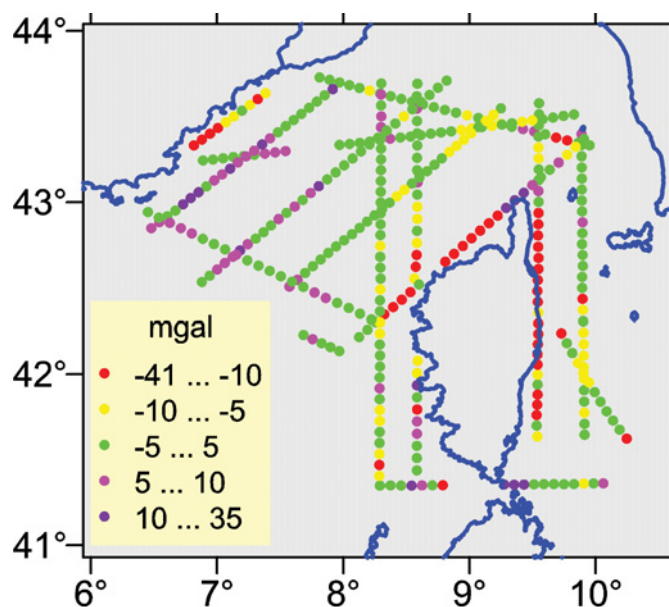


Figure 6 : Comparaison de la gravimétrie aéroportée et de la grille KMS99. Un point sur 5 est représenté.

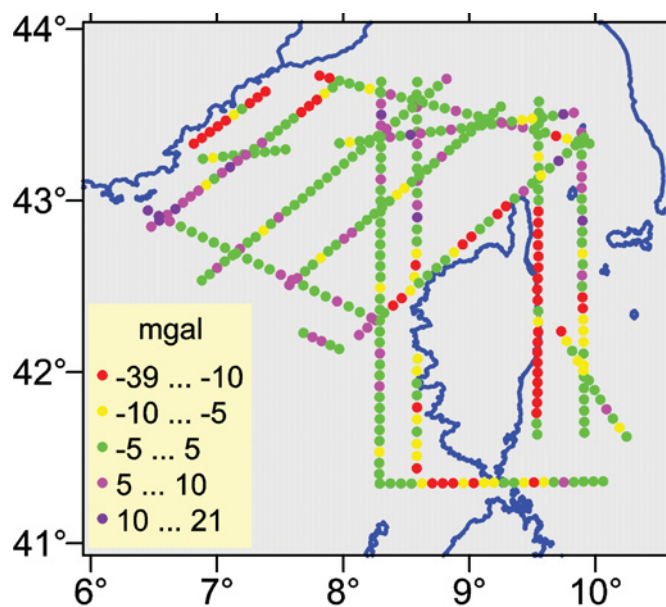


Figure 7 : Comparaison de la gravimétrie aéroportée et de la grille de Sandwell. Un point sur 5 est représenté.

et réductions erronées. En premier lieu, les croisières complexes ont été divisées en segments rectilignes. Puis les écarts entre les anomalies de pesanteur aux points de croisement des croisières et des lignes de vol ont été calculés, et les croisières présentant des écarts anormaux ont été rejetées. Le tableau 2 et la figure 4 donnent les résultats de cette comparaison. Il faut

noter que les données marines n'ont pas été filtrées, de sorte que les écarts incluent les variations naturelles de l'anomalie à une résolution inférieure à 8,5 km.

Après rejet des croisières présentant des écarts supérieurs à 15 mgal, l'écart moyen quadratique (EMQ) des écarts vaut 6,8 mgal. De cette valeur, on peut déduire une précision des données

marines d'environ 6,3 mgal. Les statistiques sont dominées par deux croisières (numérotées 61021993 et 65170006) bien situées par rapport au levé aérien. Elles sont malheureusement biaisées de manière significative et de médiocre précision. L'histogramme de la figure 5 montre que la distribution des écarts aux points de croisement n'est pas normale, peut-être en raison du processus de rejet.

Quatre grilles d'anomalies gravimétriques dérivées d'altimétrie par satellites étaient disponibles : KMS99, KMS01, la grille de l'Université de Californie (Sandwell et Smith 1997) et la première version d'une grille produite par CLS, une filiale du CNES. Ces grilles ont été comparées au levé aérien pour estimer leur précision et la distance minimale de la côte à laquelle elles sont utilisables. Il est en effet connu que l'altimétrie par satellite ne donne pas de résultats satisfaisants dans une bande côtière dont on évalue généralement la largeur à 100 km environ. Le tableau 3 présente les statistiques de ces comparaisons. On a calculé un écart entre le levé aérien et les grilles en chaque point du levé aérien. Sur les terres émergées, les grilles KMS01 et Sandwell sont complétées par des valeurs tirées du

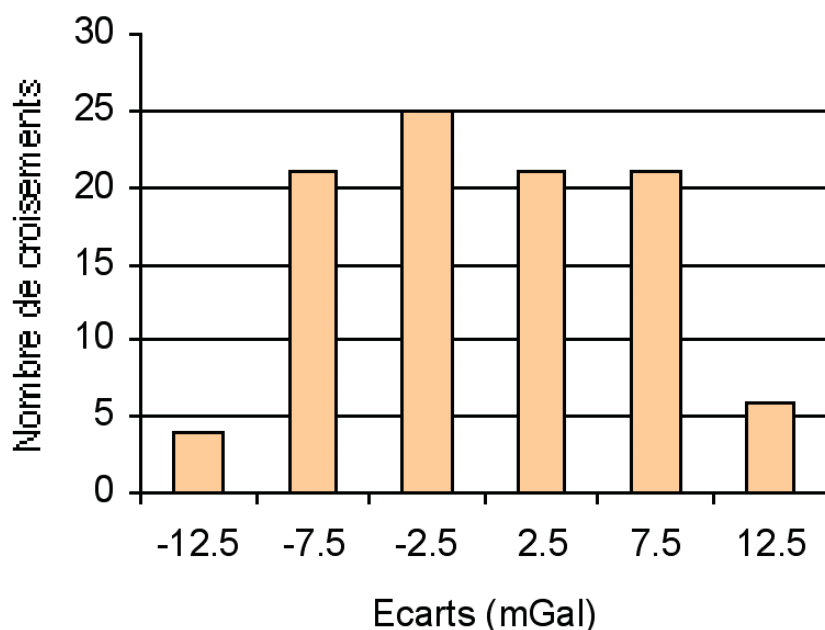


Figure 5 : Histogramme des écarts des anomalies de pesanteur aux points de croisement entre lignes de vol et croisières, après rejet de croisières aberrantes.

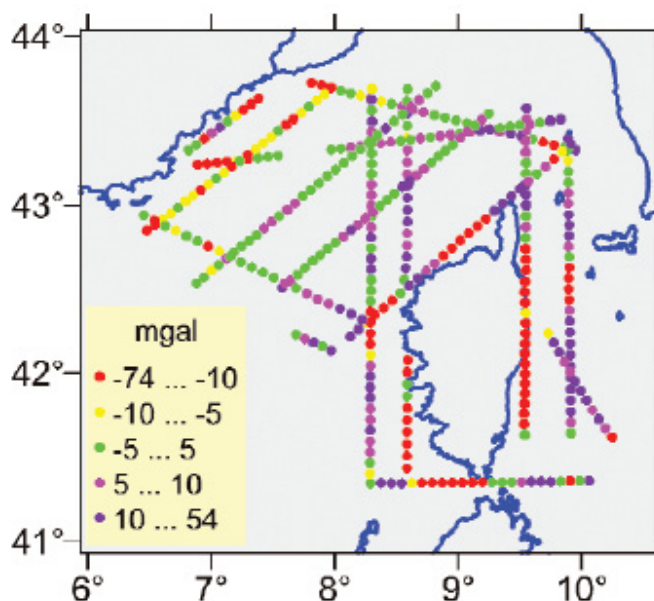


Figure 8 : Comparaison de la gravimétrie aéroportée et de la grille CLS. Un point sur 5 est représenté.

modèle de champ global EGM96. On peut donc interpoler dans ces deux grilles plus près des côtes. Cela explique les légères différences entre les nombres de points de comparaison. Ceci pourrait avantager artificiellement les grilles KMS99 et CLS, dans lesquelles on ne peut pas interpoler à moins de 2 km des côtes environ. Les grilles KMS99 et Sandwell donnent les meilleurs résultats avec une précision de 8,2 mgal, déduction faite du bruit de mesure du levé aérien. La grille CLS semble nettement moins performante que les autres.

Cette opinion doit être atténuée au regard des figures 6 à 8, qui montrent la distribution des écarts des grilles KMS99, Sandwell et CLS avec le levé aéroporté. Clairement, cette dernière est affectée d'erreurs importantes à proximité des côtes, alors qu'en haute mer elle donne des résultats au moins équivalents à ceux d'autres grilles. En fait, près des côtes, les grilles KMS et Sandwell incorporent avec un poids variable des anomalies en provenance du modèle global de champ EGM96: cette technique assure un meilleur raccordement entre la haute mer et les terres, mais ne résout pas pour autant le problème de la fiabilité des grilles altimétriques dans la bande côtière. La lar-

geur de la bande côtière dans laquelle les grilles sont utilisables est un paramètre important, particulièrement pour les déterminations du géoïde. En haute mer, la précision des grilles est de l'ordre de 5 mgal. La figure 8 montre que, pour la grille CLS, la précision se dégrade au niveau de 10 mgal à 75 km des côtes et parfois dès 50 km pour atteindre au pire 74 mgal. On peut en conclure que, dans la zone de ce test, on peut raisonnablement utiliser les grilles altimétriques à plus de 50 à 75 km des côtes, en conservant une précision de 5 mgal.

Dans le but de valider les croisières du BGI et de confirmer la précision des grilles issues de l'altimétrie par satellite, on a comparé ces données en dehors de la zone du levé aérogravimétrique. La tâche a été facilitée par les validations

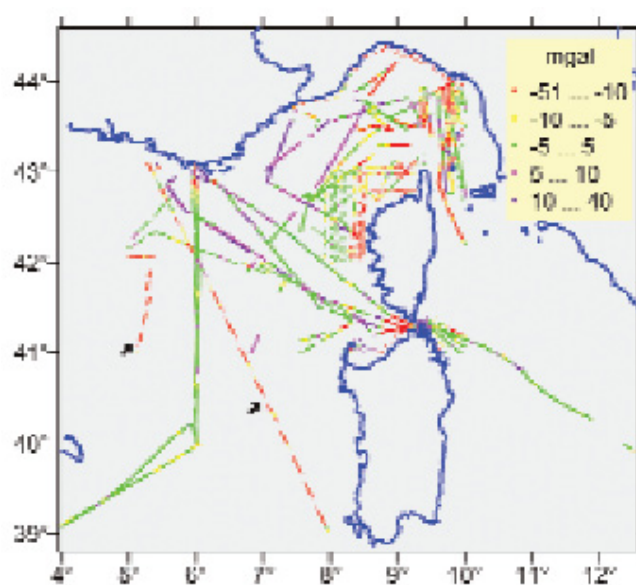


Figure 9 : Ecart des anomalies de pesanteur issues de la base du BGI et de la grille KMS99. Les flèches noires indiquent deux croisières biaisées.

précédentes, les croisières erronées ayant été rejetées. La figure 9 représente les écarts d'anomalies de pesanteur entre les données marines de surface et la grille KMS99. Elle met en évidence deux croisières en haute mer présentant des biais importants: elles ont donc été éliminées. Cette figure confirme aussi que l'altimétrie par satellite ne convient pas pour estimer des anomalies de pesanteur à moins de 50 à 75 km des côtes. Une carte analogue a été obtenue pour la grille de Sandwell, elle n'est pas très différente de celle de la figure 9. Les statistiques de comparaison des données marines du BGI avec les quatre grilles altimétriques sont données par le tableau 4. Dans la zone étudiée, et considérant les données marines validées comme une base de comparaison, la grille de Sandwell semble la

Table 4 : Statistiques des différences d'anomalies de pesanteur entre données marines et altimétrie satellitaire. Unité : mgal.

Grille	Moyenne des écarts	Ecart type	Ecart min.	Ecart max.	Nombre de points
KMS99	-0.6	9.3	-50.4	39.2	9896
KMS01	-1.2	10.5	-74.3	46.9	9896
Sandwell	-1.0	7.9	-46.7	37.1	10298
CLS	-0.3	11.7	-62.8	63.4	9896

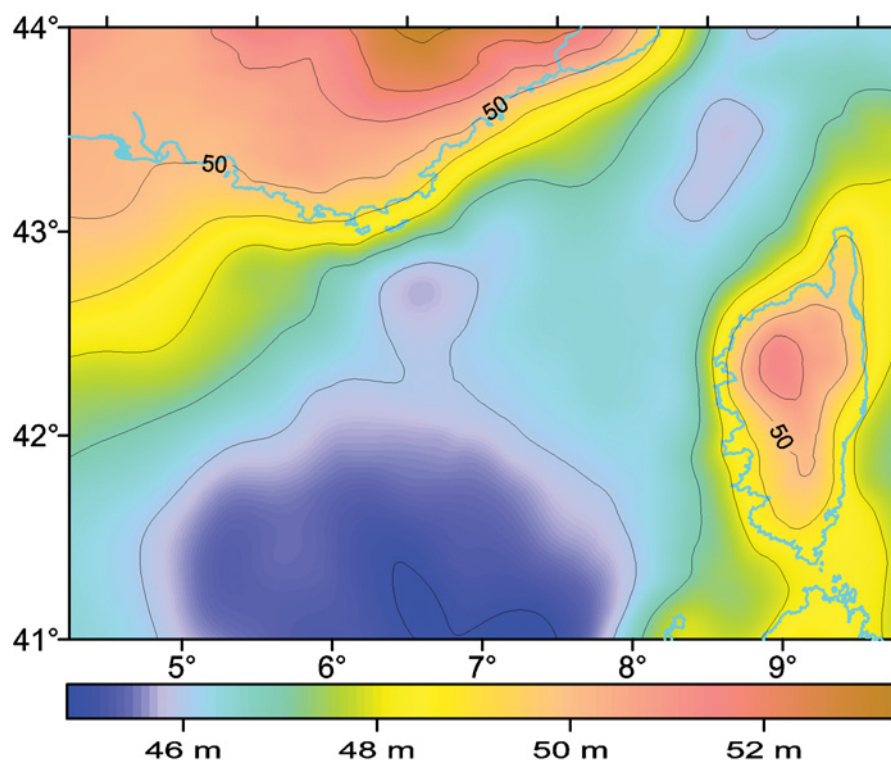


Figure 10: Le modèle de quasi-géoïde QGC02A.

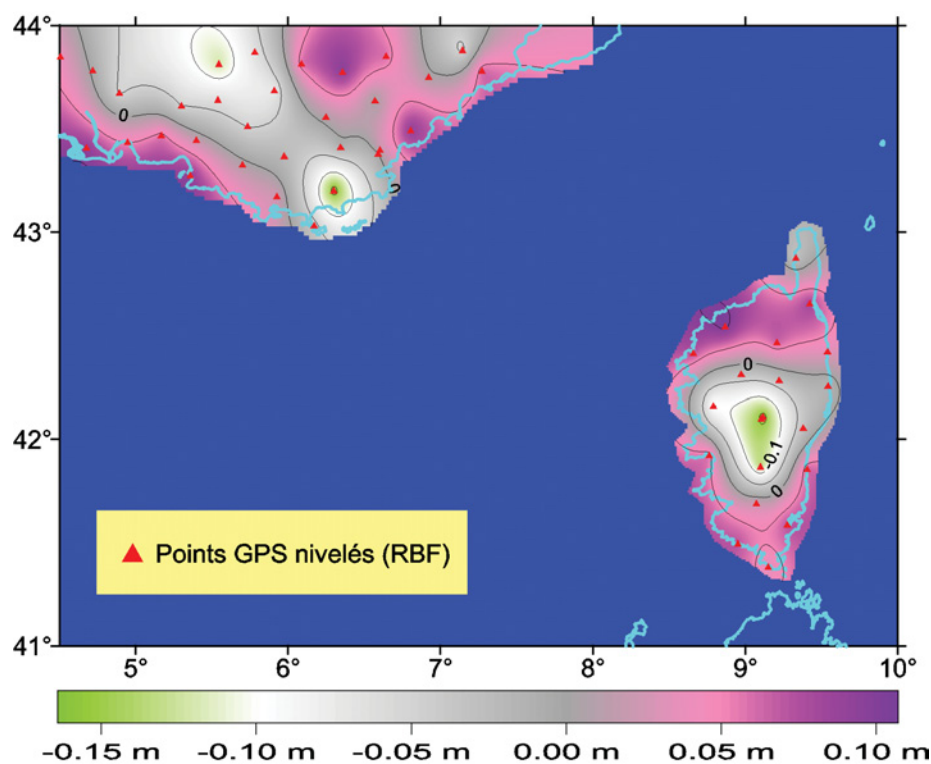


Figure 11: Résidus de la régression linéaire de QGC02A sur 2 ensembles de points GPS nivelés du RBF.

plus précise, bien que légèrement plus biaisée que KMS99. KMS99 est légèrement meilleure que KMS01. La grille CLS donne de bien meilleurs résultats que dans le test précédent (voir tableau 3), car l'échantillon de points est ici majoritairement en haute mer, donc plus favorable.

Détermination du géoïde

Les données gravimétriques précédemment validées ont été utilisées pour calculer un modèle de quasi-géoïde. Un ensemble de données a été constitué, comprenant des données terrestres, le levé aérien, les données marines validées (sans filtrage ni ajustement). Des anomalies issues de la grille de Sandwell ont été incorporées aux endroits manquant d'autres données, mais seulement si la distance à la côte dépassait 50 km. La méthode de retrait restauration dans sa variante du terrain résiduel (Forsberg 1994) a été employée. Les anomalies à l'air libre ont été réduites par retrait des contributions du modèle de champ EGM96 et du terrain résiduel. Une grille des anomalies de pesanteur résiduelles a été interpolée, avec une taille de cellule de $45'' \times 60''$, dans les limites: $39^\circ \leq \varphi \leq 46^\circ$, $1.5^\circ \leq \lambda \leq 12.5^\circ$. La partie à courte longueur d'onde des anomalies d'altitude a été déterminée par l'intégrale de Stokes, avec un rayon de 2° .

Enfin, les effets du terrain résiduel et du modèle global ont été restaurés. Le résultat est une grille d'anomalies d'altitude (quasi-géoïde) appelée QGC02A (figure 10). Sa résolution est de $1.5' \times 2'$. Elle couvre la région: $41^\circ \leq \varphi \leq 44^\circ$, $1.5^\circ \leq \lambda \leq 12.5^\circ$. QGC02A et l'ancien modèle QGF98 ont été calculés de la même façon. Les seules différences concernent le modèle de champ (EGM96 au lieu de OSU91) et les données gravimétriques marines et aériennes.

Pour valider le nouveau modèle de quasi-géoïde et le comparer aux solutions existantes, on a comparé chaque modèle à deux ensembles de points GPS nivelés appartenant au réseau géodésique français RGF: le premier en Provence, le second en Corse. Dans les

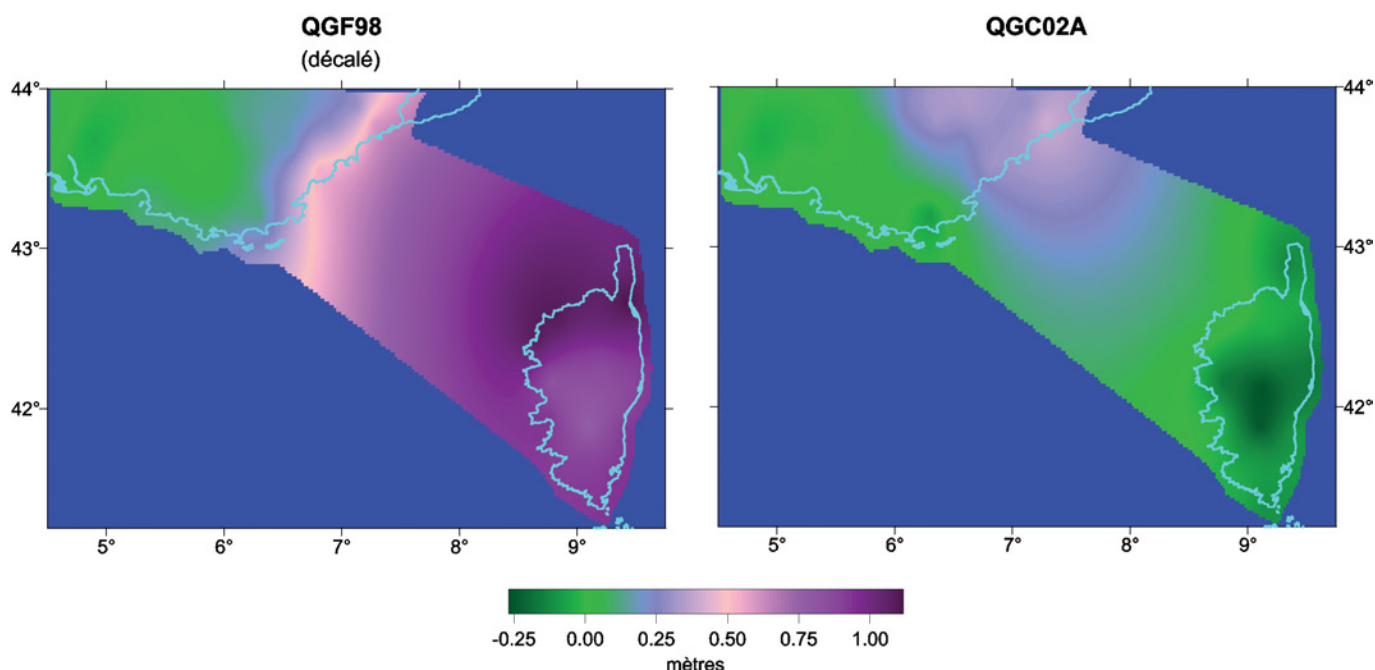


Figure 12: Ecart entre géoïdes gravimétriques et points GPS nivelés.

A gauche, QGF98 décalé pour être compatible avec QGC02A dans la partie nord-ouest. A droite, QGC02A.

deux cas, un ajustement à 3 paramètres a été réalisé entre chaque quasi-géoïde et les anomalies d'altitude calculées à partir du nivellement et du GPS, en utilisant l'équation :

$$\zeta_{GPS-Lev,i} - \zeta_{Grv,i} = a + b(\varphi_i - \varphi_0) + c(\lambda_i - \lambda_0)\cos\varphi + v_i \quad (2)$$

$\zeta_{GPS-Lev,i}$ et $\zeta_{Grv,i}$ sont les anomalies d'altitude au point de coordonnées géographiques φ_i, λ_i issues d'une part du réseau géodésique et du nivellement, et d'autre part du quasi-géoïde. φ_0, λ_0 sont les coordonnées du centre de la zone ajustée. a est un biais local constant, b et c sont des pentes vers le nord et l'est, respectivement. Le tableau 5 fournit les

résultats. Les biais, la précision et la distribution des résidus obtenus en Corse avec QGC02A (figure 11) sont quelque peu décevants. La corrélation des résidus avec l'altitude semble évidente. Cependant, les biais supérieurs à 1 m obtenus avec le modèle EGG97 est maintenant réduits à 0,185 m. Le signe et la valeur des résidus indiquent que l'erreur se situerait au centre de l'île plutôt que sur la côte. En Provence, la situation est très prometteuse. Le biais de 0,60 m présent dans EGG97 a complètement disparu. La répartition géographique des résidus suggère des erreurs de $\pm 0,15$ m sur les hauteurs ellipsoïdales ou les altitudes de deux points géodésiques qui n'avaient pas été détectées jusqu'à pré-

sent (figure 11). Pour obtenir une vue plus globale des améliorations apportées par le nouveau modèle QGC02A par rapport à QGF98, on a représenté, sur la figure 12, les écarts entre les deux modèles de quasi-géoïdes et les points GPS nivelés du RBF QGF98 (sur la partie gauche de la figure) a été volontairement décalé pour être compatible avec QGC02A et EGG97 dans la partie nord-ouest (région des Bouches du Rhône). En effet, QGF98, incorporant le modèle de champ OSU91, est moins bien référencé que les autres modèles qui s'appuient sur EGM96. L'amélioration obtenue avec QGC02A est très visible sur la figure.

Conclusion

Tableau 5 : Résultat de l'ajustement local des modèles de quasi-géoïdes QGC02A et EGG97 avec des points GPS nivelés.

Modèle	Région	Nbre points	a (m)	b (10 ⁻⁶)	c (10 ⁻⁶)	Résidu min. (m)	Résidu max. (m)	Ec.-type (m)
QGC02A	Corse	20	+0,185	-3,57	+1,39	-0,162	+0,107	0,088
	Provence	31	-0,027	-2,10	-1,67	-0,164	+0,096	0,066
EGG97	Corse	20	-1,325	+2,14	+7,32	-0,180	+0,115	0,077
	Provence	31	-0,603	+1,47	+1,13	-0,462	+0,256	0,108
QGF98	Corse	18	-0,384	-1,71	+2,33	-0,107	+0,114	0,082
	Provence	31	+0,408	+3,21	-2,16	-0,131	+0,243	0,100

Le levé aérogravimétrique réalisé entre la Provence et la Corse et autour de cette île comprend environ 2510 km de lignes de vol. Avec une précision de 2,6 mgal, c'est actuellement la source d'information la plus précise sur la pesanteur dans la région étudiée. Son exécution a permis d'estimer la précision des anciennes données gravimétriques marines à 6,3 mgal. Quatre grilles d'anomalies de pesanteur issues d'altimétrie par satellite ont été évaluées par comparaison avec le levé aérogravimétrique. La précision moyenne des meilleures grilles dans cette région (KMS99 et Sandwell) est de 8,2 mgal, et meilleure que 5 mgal en haute mer. La distance minimale de la côte à partir de laquelle ces grilles sont fiables est de 50 à 75 km. Un nouveau modèle de géoïde a été calculé. Des comparaisons avec des points GPS nivelés ont prouvé une amélioration sensible dans la région considérée, par rapport aux modèles de géoïde précédemment disponibles, même si quelques défauts subsistent au centre de la Corse. ●

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier tous les organismes et les personnes qui ont participé à la réalisation du levé aérogravimétrique: le Professeur Michel Kasser, M. Alain Reynes, le pilote M. Pilotto et son équipage (tous à l'IGN), M. Guy Penazzi et Christian Allet (INSU), José Cali et André Balandier (ESGT) Paul Courbon (Ingénieur IGN, géomètre). Les opérations aériennes ont été financées par l'IGN, les travaux de terrain par le CNAM/ESGT. KMS a prêté gracieusement de l'instrumentation. M. Bernard Langellier (BGI) a fourni des données gravimétriques.

Auteurs

H. DUQUENNE

Laboratoire de Géodésie et Géomatique, ESGT, 1, Boulevard Pythagore, F-72000 Le Mans, France.
Laboratoire de Recherche en Géodésie, IGN/ENSG, 6 et 8, avenue Blaise Pascal, Champs sur Marne, 77455 Marne la Vallée CEDEX.

A.V. OLESEN - R. FORSBERG

Geodynamics Department, National

Survey and Cadastre (KMS), Rentemestervej 8, DK-2400 Copenhagen, Denmark.

A. GIDSKEHAUG

Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, Alle'gt. 41, N-5007 Bergen, Norway.

Références bibliographiques

- Behrend D., Denker H., Schmidt K. (1996).** *Digital Gravity Data Sets for the Mediterranean Sea Derived from Available Maps*. In: Bulletin n° 78, Bureau Gravimétrique International.
- Debeglia N. (1998).** *Données gravimétriques Corse et Sud-est*. Rapport interne, BRGM.
- Denker, H., Torge W. (1998).** *The European gravimetric quasigeoid EGG97, an IAG supported continental enterprise*. In: IAG Symp. Proc. vol. 119, Springer.
- Duquenne F. (2001).** *Gravimétrie Aéroportée Corse-Provence : rapport du calcul des trajectoires GPS*. Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes.
- Duquenne F., Olesen A.V., Cali J. (2002).** *Plane trajectory with GPS for airborne gravimetry*. Presented at the 3rd Meeting of the international Gravity and Geoid Commission, Tessaaloniki.
- Duquenne H. (1998).** *QGF98, a new solution for the quasigeoid in France*. Proc. of the 2nd continental workshop on the geoid in Europe. Reports of the Finnish Geodetic Institute, M. Vermeer and J. Adam (eds.)
- Duquenne H. (1999).** *Comparison and combination of a gravimetric quasigeoid with a levelled GPS data set by statistical analysis*. Physics and Chemistry of the Earth (A), vol.24, n° 1, pp79-83.
- Duquenne H., Olesen A.V., Forsberg R., Gidskehaug A. (2002).** *Improvement of the gravity field and geoid around Corsica by aerial gravimetry*. Presented at the 3rd Meeting of the international Gravity and Geoid Commission, Tessaaloniki.
- Forsberg R. (1994).** *Terrain effects in geoid computations. Lectures notes*. International School for the determination and use of the geoid. IgeS, DIIAR, Milan.
- Garayt B., Nocquet J.-M. (2000).** *Compte-rendu des opérations de terrain et de calcul de la mission Côte d'Azur de contrôle des modèles de conversion*

RGF93-IGN69. Rapport interne, Institut Géographique National.

Olesen A.V., Forsberg R. and Kearsley A. H. (2000). *Great Barrier Reef Airborne Gravity Survey (Braggs'99). A Gravity Survey Piggybacked on an Airborne Bathymetry Mission*. In: M. G. Sideris (ed.): Gravity, Geoid and Geodynamics 2000, IAG symposium Vol. 123, pp. 247-251, Springer Verlag.

Olesen A.V. (2002). *Airborne Gravity Project Povenice-Corsica February 20-22, 2001*. Report. National Survey and Cadastre, Denmark

Sandwell, D. T., Smith W. H. F. (1997). *Marine gravity anomaly from Geosat and ERS 1 satellite altimetry*. Journal of Geophysical Research, v. 102, No. B5, p. 10039-10054.

ABSTRACT

Three models of the geoid covering the French Riviera and Corsica have been available until now: QGF96, EGG97 and QGF98. Comparisons of these models with levelled GPS points of the French geodetic network showed that old marine gravity data are contaminated by large errors, up to tens of mgal. In February 2001, several organisations (KMS, University of Bergen, ESGT, IGN, INSU) carried out an aerial survey, aiming at an improvement of the gravity coverage in this area. The final data set consists of 1458 filtered values of gravity anomalies distributed along 2510 km of flight lines. An analysis of the misfits at 25 crossing points leads to an internal accuracy of 2.6 mgal. Comparisons of the new data with old marine data (from BGI database) and anomalies derived from satellite altimetry (grids from KMS, CLS and University of California) allows to reject large errors in the old data set and provide an external estimation of accuracy. A new dense gravity data set is built, including measurements on land, from which a new model of the geoid is computed for Corsica. A final validation is obtained from the comparison of the geoid with 51 levelled GPS points of the French and Corsican geodetic networks.