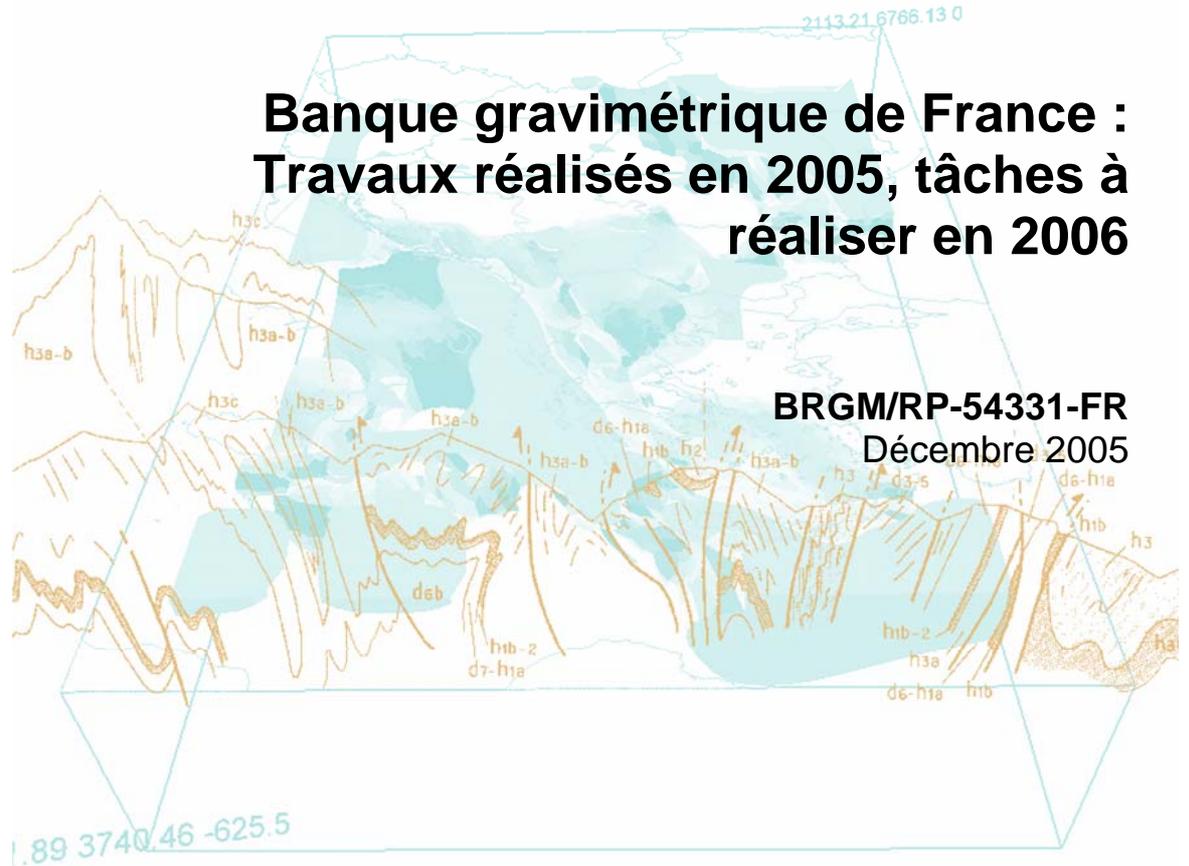




# Banque gravimétrique de France : Travaux réalisés en 2005, tâches à réaliser en 2006



BRGM/RP-54331-FR  
Décembre 2005

Document public

# Banque gravimétrique de France : travaux réalisés en 2005, tâches à réaliser en 2006

**BRGM/RP-54331-FR**  
Décembre 2005

Étude réalisée dans le cadre des opérations  
de Service public du BRGM 2005-GEOB-01

**G. Martelet et N. Debeglia**

**Vérificateur :**

Nom : P. Jousset

Date :

Signature :

**Approbateur :**

Nom : D. Bonnefoy

Date :

Signature :

Mots clés : gravimétrie, station gravimétrique, réseau gravimétrique, France, stations, base de données

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :  
Martelet G. et Debeglia N. (2005) - Banque gravimétrique de France : travaux réalisés en 2005, tâches à réaliser en 2006. BRGM/RP-54331-FR, 61 p., 25 fig., 9 tabl., 8 ann.

© BRGM, 2004, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

# Synthèse

**D**ans le cadre de ses actions de Service Public, le BRGM réalise annuellement la gestion des données gravimétriques acquises en métropole et dans les DOM : depuis la collecte, en passant par la mise en forme, la validation, et jusqu'à l'archivage et la mise à disposition de ces données auprès du public.

En 2005, trois campagnes gravimétriques totalisant 1290 nouvelles stations de mesure ont été collectées, validées sauvegardées et les documents qui s'y rapportent ont été archivés.

L'accès via Infoterre, à la base des stations gravimétriques françaises est totalement opérationnel, ainsi que le téléchargement de ces données. L'accès (i) à la base des stations de références gravimétriques nationale, (ii) à un service Web de détermination de  $g$  en tout point du territoire, à  $10^{-4}$  SI près, ne sont plus conditionnés qu'au déploiement du nouvel Infoterre, l'ensemble des développements nécessaires sur ces deux applications ayant été menés à bien.

Par ailleurs, un travail de compilation et une validation partielle des nouvelles bases gravimétriques établies par l'IGN annuellement depuis 2000, en co-localisation du réseau géodésique RBF, ont été réalisés :

- L'analyse des réoccupations par l'IGN de bases anciennes **ne fait pas apparaître à ce jour de distorsion sensible**, sauf peut-être sur la base de Clermont IPG 5043, dont la détermination dans le RGF83 semble surestimée d'environ 50 à 80  $\mu$ Gal. Cependant, le taux élevé de destruction des stations RGF83 que l'IGN a tenté de réoccuper limite la portée de ce résultat : il apparaît **urgent d'effectuer des rattachements systématiques entre les nouvelles stations IGN et les 53 bases RGF83 fondamentales** encore préservées (ou leurs bases satellites, ou le nœud de second ordre le plus proche).
- Afin de comprendre les écarts mis en évidence en 2004, entre les nouvelles bases IGN et la couverture dense des stations gravimétriques, des mesures de rattachement de ces bases avec des points de référence des anciens réseaux CGF65 et RGF83 ont été réalisées, dans le centre et le sud-est de la France. Ces rattachements mettent en évidence quelques écarts significatifs, mais cependant bien plus faibles que ceux qui étaient présumés par les calculs de géoïde. Les biais suivants semblent se dessiner et devront être confirmés :
  - **Dans la région de Clermont-Ferrand, les valeurs des réseaux gravimétriques RGF83 et CGF65 semblent surestimés d'environ 0.1 mGal.**
  - **Dans le secteur de l'Aigoual, un écart semblable, d'environ 0.1 mGal est observé au niveau des bases CGF65 de Ganges et du Vigan.**
  - **A l'Est de Marseille, les bases CGF65 de Gemenos et Ollioule semblent surestimées d'environ 0.3 mGal.**

Ces effets sont significatifs en métrologie, en particulier pour l'estimation de la valeur de  $g$  à  $10^{-6}$  près. Leur influence sur la carte gravimétrique de France peut, par contre, être considérée comme négligeable.

Pour la comparaison du nouveau réseau IGN avec la carte gravimétrique de la France, la procédure VALIDG développée en 2004 a été modifiée, notamment pour prendre en compte les effets topographiques. Pour les 209 stations IGN où la prédiction a été

réalisée, les écarts obtenus varient entre -5 et 11 mGal, dont 2 écarts supérieurs à 5 mGal en valeur absolue.

L'analyse détaillée de ces écarts montre :

- que **l'étude 7233 (Alpes IGN 1970) comporte apparemment un écart par rapport aux études environnantes** et devra être corrigée,
- la **nécessité d'une vérification complète du positionnement des stations de la BGF** pour rendre plus fiables les prédictions,

Enfin, au cours de l'année 2005, a été assurée la représentation du BRGM dans diverses instances et réunions : le comité de coordination du BGI, une journée de prospective "Pôle de Compétences National en Gravimétrie".

Suite à ces rencontres, et en accord avec son statut de Bureau Gravimétrique National, au BRGM a été négocié un consensus des directions du programmes, de soutenir la réalisation d'un nouveau réseau et d'une nouvelle carte gravimétrique de la France, à l'échéance de 2008, en collaboration avec les autres acteurs de la gravimétrie en France. Une convention de partenariat sur ce thème est en cours de réalisation avec l'IGN.

# Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Travaux réalisés en 2005 .....</b>	<b>7</b>
2.1. Base des données gravimétriques .....	7
2.1.1. Intégration de nouvelles données .....	7
2.1.2. Contrôle des missions nouvelles .....	8
2.1.3. Echanges de données avec le BGI .....	11
2.1.4. Accès à la base des données gravimétriques sous Infoterre .....	11
2.2. Evolution des services liés à la gravimétrie dans Infoterre .....	11
2.2.1. Base des stations de référence gravimétriques sous Infoterre.....	11
2.2.2. Utilitaire de calcul de g à $10^{-4}$ SI près, en ligne.....	11
2.3. Travaux en liaison avec la réalisation d'un nouveau Réseau et Carte gravimétrique de la France.....	15
2.3.1. Synthèse des méthodes d'acquisition de mesures et d'ajustement du réseau, pour les missions IGN 2000 à 2004.....	15
2.3.2. Analyse des données transmises par l'IGN.....	17
2.3.3. Ecart entre le nouveau réseau et la carte des stations gravimétriques .....	20
2.4. Actions menées dans la communauté gravimétrique française .....	28
2.4.1. Comité de coordination du BGI (Bureau Gravimétrique International) .....	28
2.4.2. Participation à la journée "Pôle de Compétences National en Gravimétrie".	28
2.4.3. Implication du BRGM dans la réalisation d'un nouveau Réseau et d'une nouvelle Carte Gravimétrique de la France .....	28
<b>3. Description des tâches à réaliser en 2006 .....</b>	<b>30</b>
3.1. Récapitulatif des tâches avec estimation du temps .....	30
3.2. Délivrables attendus.....	30
3.3. Tâches restant à réaliser ultérieurement.....	30
<b>4. Bibliographie .....</b>	<b>31</b>
<b>5. Annexes .....</b>	<b>32</b>
ANNEXE 1 - Fiches descriptives des nouvelles missions entrées dans la BGF en 2005 .....	32

ANNEXE 2 - Bordereau de validation des missions intégrées dans la BGF en 2005..	36
ANNEXE 3 - Liaisons gravimétriques entre nouveaux points IGN et anciennes bases gravimétriques .....	37
ANNEXE 4 – Compte-rendu de séance du Comité de Coordination 2005 du BGI.....	50
ANNEXE 5 – Compte-rendu de la réunion de prospective "Pôle de Compétence National en Gravimétrie" .....	52
ANNEXE 6 – Compte-rendu de la réunion interne BRGM pour discussion de l'implication du BRGM dans la réalisation d'un nouveau réseau gravimétrique de la France .....	55
ANNEXE 7 – Fiche signalétique de projet 2006-2008 soumise à DR-DSP, pour la participation du BRGM au nouveau Réseau et Carte Gravimétrique de la France.....	57
ANNEXE 8 – Compte-rendu de la réunion de concertation BRGM-IGN-EOST-LDL-IPGP-EPHOM-BGI pour l'implication du BRGM dans la réalisation d'un nouveau réseau gravimétrique de la France.....	59

# 1. Introduction

Dans le cadre de ses actions de Service Public, il incombe au BRGM la responsabilité de la gestion des données gravimétriques acquises en métropole et dans les DOM. A ce titre, la collecte des données acquises, leur mise en forme, leur validation sont du ressort du BRGM. L'ensemble de ces données constituent la Banque Gravimétrique de la France (BGF). Leur archivage et mise à disposition du public sont également réalisés. Le présent rapport récapitule les actions menées en 2005 autour de la Banque Gravimétrique de la France. Il présente également les actions attendues en 2006.

## 2. Travaux réalisés en 2005

### 2.1. BASE DES DONNEES GRAVIMETRIQUES

#### 2.1.1. Intégration de nouvelles données

- Sur le territoire métropolitain, trois campagnes gravimétriques au sol ont été intégrées dans la BGF, (à la fois dans la base des données et dans celle des missions). Les caractéristiques de ces missions sont récapitulées dans des fiches synthétiques (**Annexe 1**).

Parallèlement, ces études ayant fait l'objet de déclarations au Code Minier, la fiche synthétique de la mission et les documents qui décrivent le levé ont été consignés aux archives géophysiques du BRGM.

Les nouvelles campagnes archivées sont :

MONT-LOUIS	-----	*CM7269	(597 stations)
MONTMARAULT	-----	*CM7268	(515 stations)
PLOEMEUR	-----	*CM7267	(178 stations)

---

NOMBRE TOTAL DE STATIONS : 1290 stations

- Pour les DOM-TOM, la réactivation en 2004 des échanges BRGM - BGI a permis de récupérer 5 anciennes missions qui avaient été archivées au BGI.

Il s'agit de :

- 795 stations en Guadeloupe,
- 2 campagnes totalisant 272 stations en Nouvelle Calédonie,
- 82 stations à la Réunion,
- 26 stations à Tahiti.

Compte-tenu du fait que ces données sont exprimées dans des systèmes de projection locaux, elles n'ont pu être intégrées à la BGF dans sa forme actuelle.

Des actions débutées en 2004 au BRGM pour réaliser une nouvelle base de données de l'ensemble des données géophysiques dont le BRGM assure la gestion, devraient en 2006 aboutir à la création d'un nouveau système de gestion de données géophysiques qui permettra de prendre en compte, à la volée, un nombre étendu de systèmes de coordonnées. En attendant, les études DOM-TOM récupérées ont été archivées sous forme numérique et mises en attente pour un stockage ultérieur en base de données.

### 2.1.2. Contrôle des missions nouvelles

Une fiche synoptique présentant l'état de validation des nouvelles missions intégrées dans la BGF est jointe (**Annexe 2**).

Y sont renseignées les informations suivantes :

- Affectation et enregistrement d'un numéro de Code Minier,
- Renseignement ou non des méta-données de la campagne,
- Validation ou non du levé et à quel niveau (niveaux de validation rappelés dans Martelet et Debeglia, (2004)),
- Indication de l'archivage aux archives de géophysique du BRGM, d'un dossier décrivant l'acquisition des données.
- Indication de la transmission du jeu de données au BGI.

Les 3 campagnes nouvellement intégrées à la BGF ont subi l'ensemble des 4 phases de validation jusqu'au niveau CONT (Martelet et Debeglia, 2004).

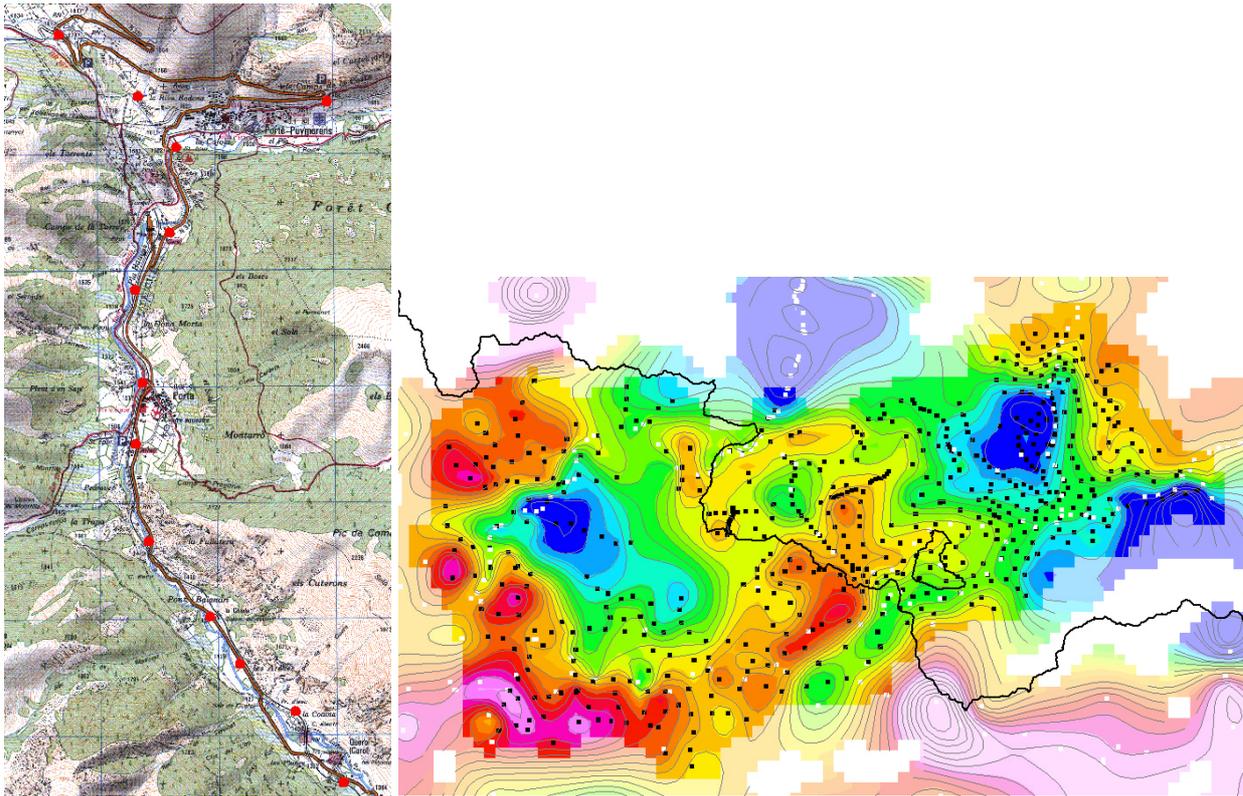
Pour chacune des études on présente ci-dessous les principales remarques établies lors de la validation des données ainsi que 2 cartes qui permettent de juger (i) de la qualité du positionnement (par rapport aux scan25 de l'IGN), et (ii) de la bonne intégration du jeu de la nouvelle étude dans la BGF (par interpolation conjointe du nouveau jeu de données et des données déjà dans la BGF puis contourage du résultat).

✓ MONT-LOUIS (\*CM7269)

Données rattachées à la base gravimétrique de St Gaudens (IGSN 71), réduites avec un  $g$  théorique GRS67. Densité de réduction 2,67. Correction des variations luni-solaires intégrée dans la correction de dérive. Corrections de terrain calculées au BRGM selon procédure détaillée dans Martelet et Debeglia, (2001).

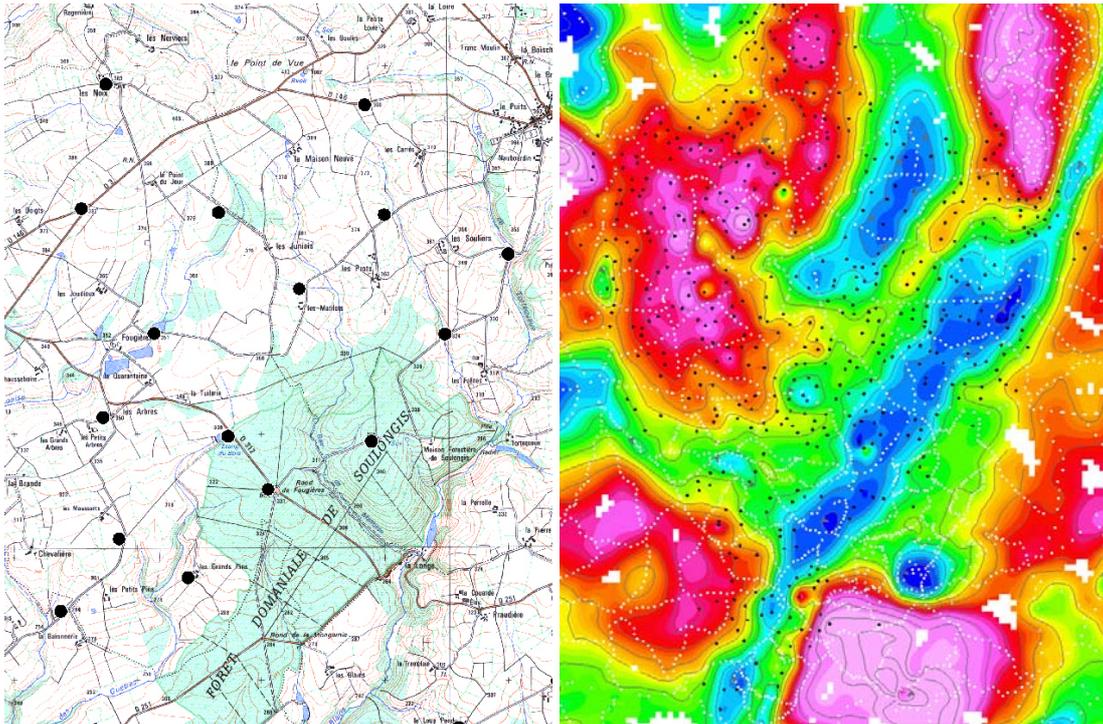
Lors de la validation, le levé est apparu décalé en moyenne par rapport aux données préexistantes de -10,2 mGal, sans qu'il soit possible d'identifier la source du décalage. L'ensemble du jeu de donnée a donc été réhaussé de cette valeur, ce qui permet une intégration satisfaisante aux données préexistantes, à la fois côté français et espagnol (**Figure 1**).

Pour des raisons de fonctionnement de l'utilitaire ASCII\_ORA BGI de mise à jour de la base de données BRGM, les données ont été converties en CGF65 avant d'être chargées dans la BGF.



**Figure 1 : Eléments d'appréciation de la qualité des nouvelles données de la mission MONT-LOUIS : (gauche) pour la localisation des stations, (droite) pour l'intégration des nouvelles stations (points noirs) aux données présentes dans la BGF (points blancs). Isocontours espacés de 1,5 mGal. La frontière avec l'Espagne est figurée par un trait noir.**

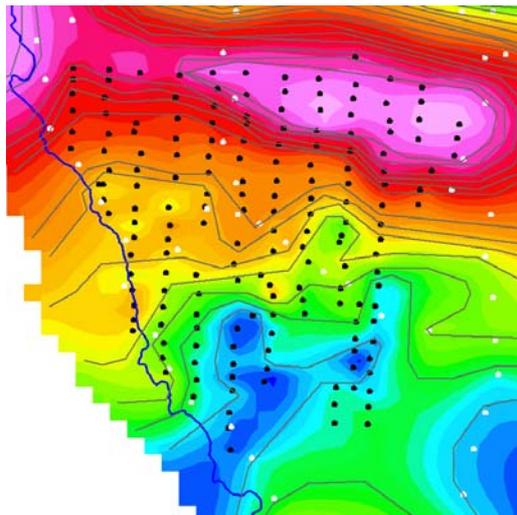
- ✓ MONTMARAULT (\*CM7268)  
Données rapportées au système CGF65 (base de Montmarault). Densité de réduction 2,6. CT jusqu'à 167 km, selon procédure détaillée dans Martelet et Debeglia, (2001).  
Validation du jeu de données sans remarque particulière (**Figure 2**).



**Figure 2 : Eléments d'appréciation de la qualité des nouvelles données de la mission MONTMARAULT : (gauche) pour la localisation des stations, (droite) pour l'intégration des nouvelles stations (points noirs) aux données présentes dans la BGF (points blancs). Trois points anormaux n'ont pas été intégrés à la BGF. Isocontours espacés de 1 mGal.**

✓ PLOEMEUR (\*CM7267)

Données rapportées au système CGF65. Densité de réduction 2,67. CT non-réalisées : la proximité de la côte n'a pas permis, faute de MNT marin suffisamment fin (maille de 50m nécessaire entre 50 m et 3 km des stations), de calculer convenablement les CT. Cependant, la topographie reste très modérée. Validation du jeu de données sans remarque particulière (**Figure 3**).



**Figure 3 : Eléments d'appréciation de la qualité des nouvelles données de la mission PLOEMEUR : pour l'intégration des nouvelles stations (points noirs) aux données présentes dans la BGF (points blancs). Isocontours espacés de 0.3 mGal. La localisation des stations n'a pu être validée par rapport au fond IGN, du fait que le levé était systématique et non le long de routes.**

### **2.1.3. Echanges de données avec le BGI**

En 2004, à l'occasion du Comité de Coordination du BGI (dont le BRGM est membre permanent), il a été convenu de renforcer les liens BRGM-BGI, en particulier pour l'échange de données gravimétriques. Il est rappelé que le BRGM est en charge de la gestion des données gravimétriques terrestres de France métropolitaine, Corse et DOM, tandis que le BGI compile et valide les données gravimétriques à terre et en mer à l'échelle internationale.

En 2005, la mise à jour réciproque des bases de données BRGM et BGI a permis les échanges suivants :

- 5 missions DOM-TOM (détaillées au paragraphe 2.1.1) totalisant 1175 stations ont été récupérées par le BRGM. Trois très anciennes missions en métropole totalisant 41 stations ont également été récupérées, mais de qualité médiocre et comportant peu de stations, elles n'ont pas été intégrées dans la BGF.
- 16 missions de métropole, acquises entre 1993 et 2004, totalisant 17714 stations ont été transmises au BGI.

### **2.1.4. Accès à la base des données gravimétriques sous Infoterre**

L'accès à la base des données gravimétriques et le téléchargement gratuit des données au travers du serveur Infoterre sont complètement opérationnels.

On regrette cependant encore que la sélection des stations gravimétriques ne puisse être réalisée dans une fenêtre rectangulaire de coordonnées définies par l'utilisateur, mais seulement de manière approximative à l'aide des outils zoom et de déplacement. Ceci est inhérent au système Infoterre.

Si une nouvelle base de données géophysiques et un système d'interrogation associé sont mis en place, cette limitation disparaîtra.

## **2.2. EVOLUTION DES SERVICES LIES A LA GRAVIMETRIE DANS INFOTERRE**

### **2.2.1. Base des stations de référence gravimétriques sous Infoterre**

En 2004, un utilitaire de consultation, via Infoterre, de la Base des stations de référence gravimétriques, a été réalisé, avec des fonctionnalités explicitées dans Martelet et Debeglia, (2004).

Cependant, depuis lors, cet utilitaire est resté à utilisation strictement interne (et donc n'est toujours pas, depuis un an, à la disposition du public) ; la raison de cet état de fait, invoquée par l'équipe en charge d'Infoterre, étant la transition d'Infoterre vers sa nouvelle version. Compte-tenu du délai très incertain de mise en ligne du nouvel Infoterre, il apparaît nécessaire d'intégrer ce service d'accès aux stations de référence dans la version actuelle d'Infoterre ; ce qui, malgré des demandes répétées, n'a pu être obtenu à ce jour.

### **2.2.2. Utilitaire de calcul de $g$ à $10^{-4}$ SI près, en ligne**

Pour faire face aux demandes régulières de détermination de la pesanteur dont le BRGM fait l'objet de la part de laboratoires, constructeurs de balances, organismes de certification, etc., l'utilitaire DETG de prédiction de  $g$ , en tout point du territoire, a été réalisé. Cet utilitaire est basé sur un algorithme de prédiction à partir des stations gravimétriques de la BGF. A condition que la couverture gravimétrique à proximité de l'emplacement où l'on désire prédire  $g$  soit suffisante, DETG permet une détermination de  $g$  avec une précision meilleure

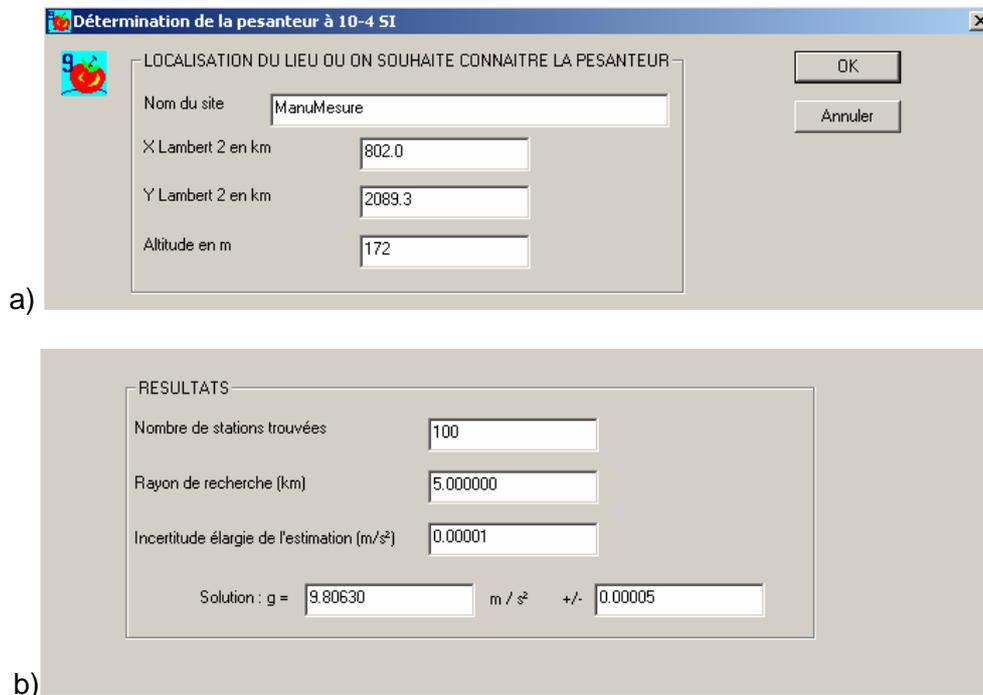
que  $10^{-4}$  SI. Pour les applications nécessitant des précisions supérieures, le BRGM propose de réaliser la détermination de  $g$  sur le site, par liaisons gravimétriques.

De manière à fournir un service aussi rapide et efficace que possible, on a souhaité rendre DETG accessible directement aux utilisateurs *via* Infoterre. Pour cela, en 2005, un travail d'intégration de l'utilitaire dans un Service Web a été réalisé. Comme pour la Base des stations gravimétriques de référence, en attente de la transition d'Infoterre vers sa nouvelle version, cet utilitaire, qui fonctionne, n'a pu être mis à disposition du public.

On présente ci-dessous 1/ les caractéristiques de l'algorithme DETG, 2/ l'ergonomie du Service Web dans lequel DETG a été intégré.

### 2.2.2.1. Description de l'algorithme DETG de prédiction de $g$

La localisation planimétrique ( $X_0$ ,  $Y_0$ ) du point où l'on souhaite réaliser la détermination de  $g$ , doit être connue (dans le système Lambert2 généralisé), sur cartes IGN par exemple, avec une précision sur  $Y$  au km près. L'altitude  $Z_0$  du point où doit être réalisée la détermination doit également être connue (à 5 m près).



**Figure 4 : Interface utilisateur de l'algorithme DETG de détermination de  $g$  à  $10^{-4}$  SI près : a) données en entrée, b) résultat de la détermination.**

$X_0$ ,  $Y_0$  et  $Z_0$  sont introduits dans DETG (**Figure 4a**) qui réalise les actions suivantes :

- Extraction des «  $n$  » stations de la Banque Gravimétrique de la France (BGF), situées dans un rayon de 5 km autour du point ( $n \geq 3$  souhaitable),
- Recueil dans la BGF des valeurs  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , et  $g_{RGF}$  dans le système RGF1983 des points précédemment sélectionnés,
- Correction de latitude :  
 $CL = (Y_0 - Y) / 1200$  mGal,  $Y$  et  $Y_0$  étant exprimés en mètres,
- Correction d'altitude :  
 $CZ = -(Z_0 - Z) * 0.2$  mGal,  $Z$  et  $Z_0$  étant exprimés en mètres,
- Calcul de  $g = g_{RGF} + CL + CZ$  mGal, pour les «  $n$  » stations trouvées à proximité,

- Calcul de la moyenne  $g_m$  et de l'écart-type  $\sigma$  des « n » déterminations de g, ainsi que de l'erreur standard  $ers = \sigma / \sqrt{n}$  et de l'intervalle de confiance,  $err = 3 * ers$ .
- ⇒ **Résultat sous la forme «  $g = g_m \pm err$  » (Figure 4b)**

L'utilisation de cet algorithme doit s'accompagner de quelques précautions :

1. Une détermination de g n'est valable que pour l'endroit où elle a été faite. Tout transfert doit donc s'accompagner d'une correction qui entraîne cependant une perte de précision (en particulier parce que le gradient vertical n'est pas constant et que des effets latéraux des variations topographiques ou géologiques interviennent). Un transfert ne peut donc se faire que sur une distance d'autant plus limitée que la précision recherchée est grande.
2. Un déplacement de 12 m vers le Nord (resp. Sud) correspondra, en moyenne, à la latitude de la France, à une augmentation (resp. diminution) de g de  $10^{-7} \text{ m/s}^2$  (ou  $0.833 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$  pour 1 km). Aucune correction n'est à faire pour un déplacement Est-Ouest.
3. Un déplacement vertical à l'air libre (par exemple dans un bâtiment) de 3.2 cm vers le haut correspondra, en théorie, à une diminution de g de  $10^{-7} \text{ m/s}^2$  (ou  $0.3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$  pour 1 mètre).
4. Un déplacement vertical sur la topographie (variation d'altitude liée à un déplacement horizontal) de 5 cm vers le haut correspondra à une diminution de g de  $10^{-7} \text{ m/s}^2$  (ou  $0.2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$  pour 1 mètre).

#### **2.2.2.2. Ergonomie du Service Web de détermination de g à $10^{-4} \text{ SI}$ près.**

Le Service Web réalisé est conçu comme un mini-site Web : au travers d'une fenêtre d'accueil (**Figure 5**), il propose, outre l'application DETG elle-même, des liens (i) d'information concernant l'algorithme DETG, (ii) pour l'utilisation du Service Web, (iii) un point de contact.

A l'occasion de son portage Web, l'utilitaire DETG a pu bénéficier de quelques nouvelles options d'utilisation, en tirant parti des facilités d'accès à la BD des stations sous Infoterre (**Figure 6**). La détermination de g peut désormais être réalisée :

- par saisie des coordonnées X-Y désirées, dans un formulaire adéquat,
- par sélection d'un point de la BD des stations gravimétriques,

D'autres options pourraient être facilement mises en œuvre, par exemple, par clic direct sur la carte de France, dans Infoterre.

**brgm**

STI/AD  
Avril 2005

## Estimation de la Gravimétrie

(Portage WEB de l'application DetG)

### Présentation

L'objectif de cette tâche est de rendre disponible par Internet une estimation de la gravimétrie en un point donné en France.

L'estimation de  $g$  est faite à partir des données de la banque gravimétrique française (BD-GRAVI).

La première étape consiste en la création d'un Service Web, par portage de l'application DetG.

La seconde est de le rendre accessible via Infoterre.

- Aspects thématiques : [Description de la méthode pour estimer  \$g\$](#)
- Aspects techniques : [Implémentation technique et état d'avancement](#)
  
- [Description WSDL du service](#)
- [Accès au Formulaire de Gravimétrie](#)
- [Exemple d'accès facile direct via URL](#)

a) Pour vos remarques ou commentaires, [Cliquez ici](#).

Figure 5 : Page d'accueil et contenu du Service Web de détermination de  $g$  à  $10^{-4}$  SI près

## Estimation de la gravimétrie : Formulaire d'accès

### - I - Entrer les paramètres X,Y,Z...

A/ ... Soit en les entrant directement

B/ ... Soit en sélectionnant un cas

C/ ... Soit en chargeant un site depuis la BD Gravi

### - II - Lancer l'estimation

### - III - Voir le résultat

+/-

b)

Figure 6 : Formulaire d'accès aux différentes options de détermination de  $g$ .

## **2.3. TRAVAUX EN LIAISON AVEC LA REALISATION D'UN NOUVEAU RESEAU ET CARTE GRAVIMETRIQUE DE LA FRANCE**

Depuis 2000, l'IGN réalise annuellement une campagne de mesures gravimétriques, principalement sur des sites du réseau géodésique RBF (Réseau de Base Français), ou sur des points primordiaux ou nodaux de nivellement. Des points gravimétriques absolus et des points du réseau gravimétrique relatif national RGF83 ont également été réoccupés.

L'objectif principal de ces campagnes est d'améliorer la connaissance du géoïde et de préciser les grilles de conversions altimétriques sur le territoire national. Ces nouvelles mesures constitueraient ainsi une trame pour l'élaboration d'un nouveau réseau gravimétrique national.

Annuellement, l'IGN communique les nouvelles mesures gravimétriques ainsi acquises au BRGM, en vue de leur intégration dans la base gravimétrique nationale. Ces données sont accompagnées des rapports d'acquisition associés (Gattacceca, 2001, 2002, 2003, 2005).

On présente ci-dessous les principaux éléments de synthèse de ces campagnes et les travaux que le BRGM a entrepris pour valider ces données et à terme les intégrer, avec les réseaux existants CGF65 et RGF83, afin de constituer la référence d'une carte gravimétrique de la France réactualisée.

### **2.3.1. Synthèse des méthodes d'acquisition de mesures et d'ajustement du réseau, pour les missions IGN 2000 à 2004**

#### **2.3.1.1. Entre 2000 et 2003**

##### Mesures :

De 2000 à 2003, les mesures ont été effectuées au cours de campagnes annuelles, grâce au prêt par l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) et l'Observatoire Royal de Belgique (ORB), de gravimètres relatifs.

Les mesures gravimétriques ont été réalisées par utilisation simultanée de deux gravimètres relatifs de type Scintrex CG3-M, selon une méthodologie préconisée par M. Diamant (IPGP) :

- ✓ Réalisation de boucles journalières se refermant sur le point de départ et incluant deux à trois réoccupations
- ✓ En chaque station, réalisation de trois séries de mesures de 100 secondes avec chaque gravimètre
- ✓ Estimation des dérives instrumentales journalières grâce aux réoccupations systématiques (au moins le point de départ et le deuxième point de mesures sont réitérés dans la journée)
- ✓ Etalonnage des gravimètres en début et en fin de mission sur le couple de bases absolues de Montpellier (pilier NW) et de l'Aigoual (Salle de ruches du musée de la météorologie), entre lesquelles la différence de  $g$  est estimée à  $311,353 \mu\text{Gal}$ .

##### Traitement et ajustement de réseau :

- ✓ Les valeurs de la pesanteur  $g$  ont été calculées par rapport aux deux points de référence absolus suivants :
  - Pilier NW de la salle de géophysique de l'Université de Montpellier II :  $g$  au sol =  $980487121,0 \mu\text{Gal}$
  - Pilier A1 du BIPM à Sèvres :  $g$  au sol =  $980925990,2 \mu\text{Gal}$
- ✓ Les mesures ont été compilées à l'aide du logiciel CG3TOOL (IRD/IPGP) qui effectue en particulier la calibration des gravimètres, les corrections de dérives, les corrections de marée et de hauteurs de capteur et fournit les différences de  $g$  et l'écart-type associé pour chaque cheminement.

- ✓ La compensation des réseaux a été réalisée par le logiciel GEOLAB (IGN) à l'issue de chaque campagne annuelle. Une compensation finale a enfin été réalisée pour les campagnes 2000, 2001, 2002 et 2003 et a fourni les éléments analysés ci après : valeurs de g au niveau des repères (exceptionnellement, au sol, pour les points 200100000400, -401 et -402) et incertitude associée (intervalle de confiance à 95%).

### **2.3.1.2. Pour l'année 2004 (rapport transmis au BRGM 2<sup>nd</sup> semestre 2005)**

#### Mesures :

En 2004, réalisation de la 5<sup>ème</sup> campagne de mesures, dans le sud, le centre et l'Est de la France (Gattacceca, 2005).

Cette campagne, comme les précédentes, a été réalisée avec 2 gravimètres relatifs. Une nouvelle méthodologie n'utilisant qu'un seul gravimètre par opérateur a été testée et sera utilisée à partir de 2005 afin d'achever la couverture de l'ensemble du territoire en 2007.

- ✓ Etalonnage : en début de mission seulement pour 2 gravimètres. Pas d'étalonnage pour le dernier, faute de temps, le coefficient ayant été fourni par l'Observatoire Royal de Belgique. Ce gravimètre semble faire apparaître un biais à la compensation. Un étalonnage *a posteriori* sera réalisé en remesurant certains points avec un gravimètre absolu.
- ✓ La méthodologie préconisée par M. Diament est progressivement partiellement abandonnée :
  - seul le premier ordre est constitué de boucles journalières avec retour au point de départ,
  - le second ordre va d'un point de premier ordre à un autre,
  - le réseau de détail englobe de 3 à 5 points nouveaux et un point secondaire ou primaire.
- ✓ Estimation de la dérive parfois délicate car peu ou pas de réoccupations dans la journée. La dérive de repos est parfois utilisée.

#### Traitement et ajustement de réseau :

- ✓ Traitement par CG3TOOL réalisé à l'IPGP. Compensation par GEOLAB (version 2001).
- ✓ La compensation globale du réseau (mesures 2000 à 2004) fournit une valeur provisoire de g basée sur 2 points fixés, Sèvres et Montpellier et un intervalle de confiance à 95%. Les autres points absolus sont utilisés comme contrôle.
- ✓ Lorsque de nouveaux points absolus seront disponibles dans le nord et l'ouest la compensation finale pourra être mieux contrainte.

### **2.3.1.3. Informations communiquées oralement par l'IGN concernant les mesures 2005**

En 2005, réalisation de la 6<sup>ième</sup> campagne de mesures, dans l'ouest de la France.

Pour les liaisons relatives, mise en œuvre du protocole de mesures testé en 2004, n'utilisant qu'un seul gravimètre par opérateur.

Nouveauté importante : suite à l'achat en commun (IGN-IRD-IPGP) d'un gravimètre absolu portatif de type A10, mise en œuvre de ce gravimètre sur plus d'une centaine de stations, qui devraient à terme constituer la trame de 1<sup>er</sup> ordre du futur réseau gravimétrique national. Une fois que l'erreur sur ce type de mesures (encore peu répandues) sera établie avec précision, on prévoit que les stations A10 contribueront à améliorer sensiblement l'ajustement du réseau. La hauteur de mesure avec le gravimètre A10, 72 cm, étant différente de celle des mesures relatives (une vingtaine de cm), la connaissance précise du gradient vertical du lieu est donc indispensable pour la réduction au sol des mesures et l'intégration des deux sources de données. Ainsi, pour une variation du gradient vertical de  $\pm 60 \mu\text{Gal/m}$  par rapport à la valeur moyenne (variation observée sur le territoire allemand), on aurait une incertitude de  $\pm 40 \mu\text{Gal}$  sur la réduction verticale des mesures réalisées avec le A10.

### 2.3.2. Analyse des données transmises par l'IGN

Les fichiers transmis par l'IGN comportent les éléments suivants :

- ✓ Numéro IGN
- ✓ Valeur de g
- ✓ Intervalle de confiance à 95%
- ✓ Désignation du site suivie, si besoin, du numéro et de la lettre désignant le point dans le site
- ✓ Longitude et latitude RGF93
- ✓ Altitude NGF (IGN69)
- ✓ Remarques
- ✓ Numéro terrain

Pour faciliter la comparaison avec les données antérieures et l'intégration dans la banque gravimétrique, ce fichier a été complété par les données suivantes :

- ✓ Numéro BRGM (pour les bases réoccupées)
- ✓ Département
- ✓ Coordonnées Lambert 2 étendues, calculées à partir des coordonnées géographiques RGF93 grâce au logiciel Circé2000 (IGN)
- ✓ Indication de la valeur de g antérieure dans le champ remarque (pour les bases réoccupées)

#### 2.3.2.1. Estimation de l'incertitude du réseau après l'ajustement réalisé en 2004

Entre 2000 et 2004, l'IGN a réalisé la mesure de 470 stations gravimétriques co-localisées avec des stations du réseau de nivellement RBF. A fin 2004, les mesures couvrent le tiers sud-est de la France, principalement dans les régions montagneuses (Alpes, Pyrénées et Massif Central). Annuellement, un ajustement du réseau est réalisé. L'ajustement du réseau réalisé après les cinq campagnes 2000 à 2004 (Gattacceca, 2005) révèle des écarts-types variant de 8 à 114  $\mu\text{Gal}$  (en excluant les stations du massif du Mont-Blanc dont les écarts sont généralement élevés, et qui avaient été intégrées dans l'ajustement de 2001 uniquement). L'écart-type moyen est de 23  $\mu\text{Gal}$ .

#### 2.3.2.2. Ecarts aux bases anciennes réoccupées

Les écarts observés lors des réoccupations par l'IGN de stations des réseaux existants, réseau relatif national RGF83 et bases absolues, ont été présentés dans Martelet et Debeglia (2004), pour ce qui concerne les mesures IGN 2000 à 2003.

Pour l'ensemble des mesures réalisées de 2000 à 2004, on présente ci-dessous les écarts observés lors des réoccupations par l'IGN, des bases absolues et des bases du RGF83 (d'après Gattacceca, 2005). Les écarts observés ont été reportés dans le **Tableau 1** qui comporte également les incertitudes estimées pour chacun des réseaux avec les caractéristiques suivantes :

- Pour le nouveau réseau IGN, il s'agit des incertitudes élargies correspondant à l'intervalle de confiance à 95%.
- Pour les mesures absolues réalisées récemment par l'EOST avec le gravimètre FG5, les incertitudes données par l'EOST pour la mesure non ramenée au sol doivent être augmentées de l'incertitude sur la réduction au sol, parfois mal connue et des incertitudes sur les variations saisonnières. L'incertitude sur ces mesures absolues a donc été estimée à 5  $\mu\text{Gal}$ , en se basant également sur les résultats des intercomparaisons de gravimètres effectuées à Sèvres, ICAG 94, 97 et 2001 (Vitushkin *et al.*, 2002).

- L'incertitude des mesures absolues du réseau RGF83 établie par A. Sakuma avait été estimée à 24  $\mu\text{Gal}$  en moyenne, (Ogier, 1985). Certaines de ces stations absolues ont été réoccupées par l'EOST entre 1997 et 2001. Après homogénéisation des corrections appliquées, les écarts entre ces deux séries de mesures restent inférieurs à 16  $\mu\text{Gal}$ , dans lesquels est intégrée une possible variation temporelle (Amalvict *et al.*, 2002). Ceci confirme l'estimation précédente établie par Ogier et Sakuma.

Numéro IGN	Nom de la base	Incertitude mesure IGN ( $\mu\text{Gal}$ )	Incertitude mesure ancienne ( $\mu\text{Gal}$ )	Incertitude quadratique de l'écart ( $\mu\text{Gal}$ )	Ecart ( $\mu\text{Gal}$ ) ancienne valeur-IGN
<b>Bases absolues</b>					
200000000002	Base absolue Mont-Aigoual (EOST)	12	5	13	12
200000000003	Base absolue marégraphe Marseille (SHOM ?, G. Woppelmann)	29	?	?	-44
200000000004	Base absolue Marseille Lumigny (RGF83 Sakuma)	28	24	37	-25
200000000004	Base absolue Marseille Lumigny (EOST)	28	5	28.5	-14
200000000006	Base absolue Grasse - Calern (EOST)	37	5	37.3	-8
200300000053	Base absolu Toulouse - pilier (RGF83 Sakuma)	46	24	52	13.
<b>Bases relatives RGF83</b>					
200000000021	1 <sup>er</sup> ordre RGF83 Valbonne 5041	29	63	69	-50
200000000051	Nœud 2eme ordre RGF83 Sisteron 2054	38	63	73	-26
200000000052	Nœud 2eme ordre RGF83 La-Canourgue 2086	33	63	71	61
200000000053	Nœud 2eme ordre RGF83 St-Martin-de-Crau 2036	28	63	69	2
200000000063	1er ordre RGF83 St-Martin-de-Crau 5032	34	63	72	-22
200100000050	Nœud 2eme ordre RGF83 Agde-B 2076 (modifiée)	32	63	71	132
200010000051	1er ordre RGF83 Tarbes-Laloubère 5020	52	63	82	-11
200100000052	1er ordre RGF83 Toulouse 5051 (modifiée ?)	40	63	74	-5
200100002301	2eme ordre RGF83 Tunnel-du-Mt-Blanc 2301	73	80	108	10
200200000053	1er ordre RGF83 Chambéry 5014 (modifiée)	45	63	77	127
200300000054	Base frontalière RGF83 Irun-Biriatou 8007 (modifiée)	52	63	82	-1
200300000055	Nœud 2eme ordre RGF83 Bayonne B 2176 (modifiée)	48	63	79	-1
200300000056	1er ordre RGF83 Clermont Ferrand 5043	33	63	71	77
200400000057	2eme ordre RGF83 Lyon 2043 (modifiée)	33	80	87	92
200400000058	1er ordre RGF83 Chambéry Château 5014 (modifiée)	46	63	78	78
200400000059	2eme ordre RGF83 Limoges 2133 (modifiée)	65	80	103	134
200400000060	2eme ordre RGF83 Argenton-sur-creuse 2202 (modifiée)	58	63	86	227

**Tableau 1 – Ecart entre les mesures du nouveau réseau IGN et les anciennes valeurs d'après rapport IGN 2004 (en grisé, stations pour lesquelles une modification du site a été constatée).**

- Les incertitudes élargies des bases du réseau RGF83 avaient été estimées, lors de la réalisation du réseau, à 63  $\mu\text{Gal}$  pour les bases de premier ordre, les nœuds du réseau de deuxième ordre et les bases frontalières. Elle serait de 80  $\mu\text{Gal}$  pour les bases de deuxième ordre (Ogier, 1985).

Les incertitudes moyennes des deux réseaux (intervalle de confiance à 95%) sont de l'ordre de 63 et 80  $\mu\text{Gal}$  pour les premier et deuxième ordres du RGF83 et 46  $\mu\text{Gal}$  (2 fois l'écart-type) pour le réseau IGN (d'après Gattacceca, 2005). En moyenne, des écarts de l'ordre de 84  $\mu\text{Gal}$  sont donc acceptables.

On constate que toutes les stations pour lesquelles l'écart excède cette valeur ont été signalées comme modifiées ou détruites ; par exemple Agde B, Chambéry et Champagnole, pour ne citer que les bases fondamentales du RGF83.

**Ainsi, à l'heure actuelle, les réoccupations réalisées par l'IGN ne font pas apparaître de distorsion sensible, sauf peut-être sur la base de Clermont IPG 5043.**

Pour cette base, on a maintenant 5 déterminations de g, données ci-après avec leur intervalle de confiance à 95 % (mais en négligeant l'incertitude sur l'étalonnage des gravimètres relatifs) :

RGF83	: 980556.962 $\pm$ 0.063 mGal
BRGM 2001 (Debeglia, Dupont, 2002)	: 980556.846 $\pm$ 0.016 mGal
IGN 2003	: 980556.894 $\pm$ 0.041 mGal
IGN 2004	: 980556.885 $\pm$ 0.033 mGal
IGN 2005 (A10)	: 980556.883 $\pm$ (?) mGal

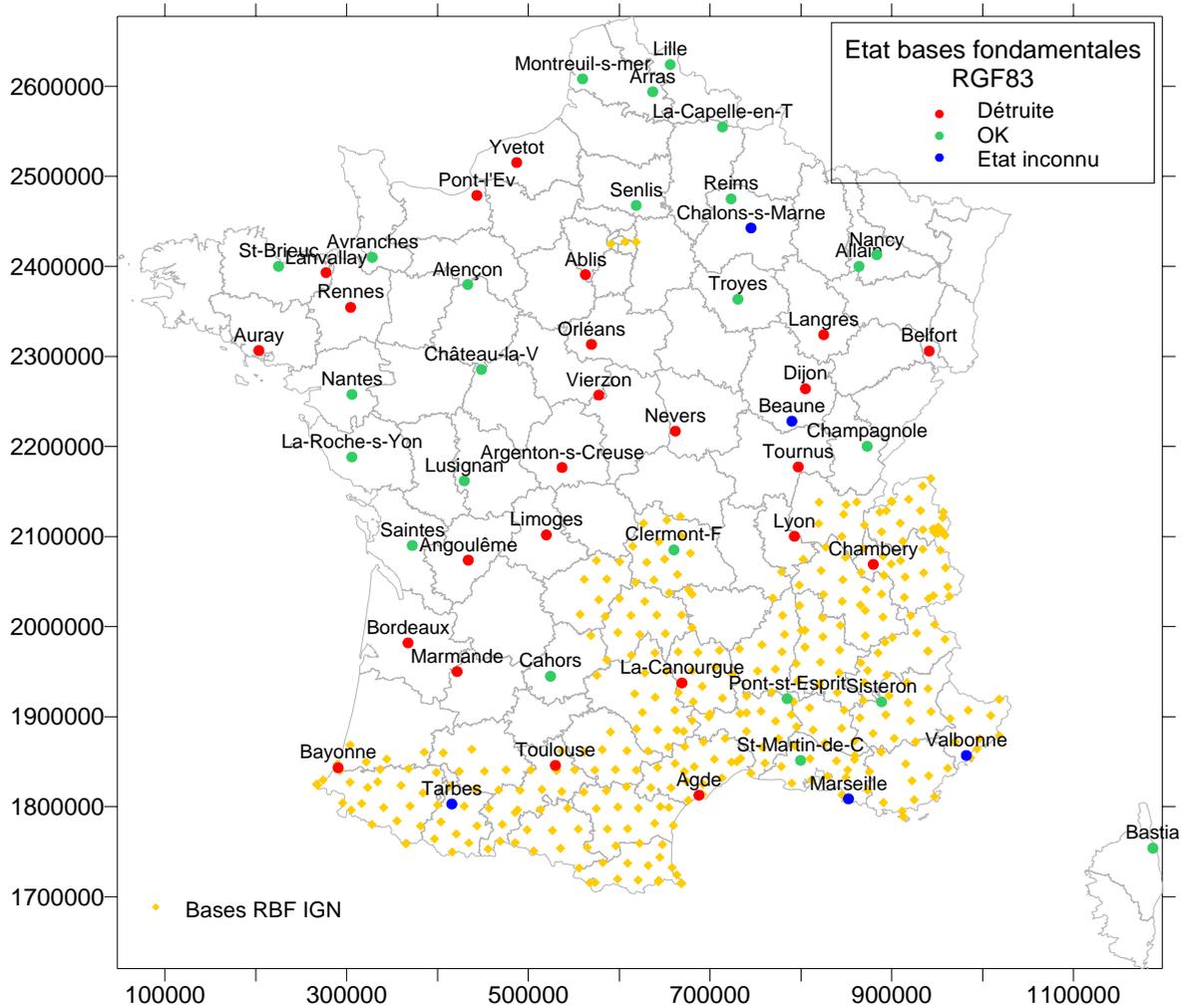
Pour cette station, une mesure absolue FG5, financée par le BRGM, doit être réalisée en Décembre 2005, qui viendra compléter les déterminations existantes, et permettra de préciser ce que l'on peut d'ores et déjà entrevoir : **il apparaît que la valeur RGF83 de la base Clermont IPG 5043 doit être surestimée de 50 à 80  $\mu\text{Gal}$ .**

La correction de cet écart n'aura sur la carte gravimétrique de France qu'une influence négligeable. Cependant, il est à noter qu'une distorsion du réseau de 100  $\mu\text{Gal}$  ne permet pas, pour une prestation de rattachement de laboratoire métrologique, d'assurer la précision de  $10^{-6} \text{ m/s}^2$  qui est assez fréquemment demandée.

Pour conclure cette analyse, il est important de signaler que, du fait de la modification et/ou de la destruction des stations RGF83 (**Figure 7**) que l'IGN a tenté de réoccuper, la comparaison des deux réseaux est très incomplète.

**Il apparaît donc urgent d'effectuer des rattachements systématiques entre les 53 bases RGF83 fondamentales encore préservées (ou leurs bases satellites, ou le nœud de second ordre le plus proche) et les nouvelles stations IGN.**

Ultérieurement des rattachements des bases frontalières et portuaires devraient être également effectués.



**Figure 7 – Localisation et état des bases RGF83 fondamentales et des nouvelles bases RBF de l'IGN à fin 2003 (points jaunes).**

### 2.3.3. Ecart entre le nouveau réseau et la carte des stations gravimétriques

La réalisation d'un nouveau réseau gravimétrique doit s'accompagner d'une mise à jour de la carte gravimétrique en conséquence. Ainsi, on est amené à s'assurer de la compatibilité (ou non) du nouveau réseau avec la couverture dense des 410 000 stations gravimétriques qui constituent la carte gravimétrique de la France. Cette couverture dense s'appuie sur le réseau de bases gravimétriques CGF65.

Des rattachements de ces bases (ainsi que celles du RGF83, comme on l'a vu au paragraphe précédent), sont donc nécessaires pour mettre en évidence d'éventuels écarts entre réseaux, indiquant des distorsions du nouveau réseau ou de la cartographie existante.

#### 2.3.3.1. Liaisons gravimétriques entre nouveaux points IGN et anciennes bases gravimétriques

En 2004, pour chaque nouvelle station de base mesurée par l'IGN entre 2000 et 2003, une prédiction de  $g$  avait été réalisée, à partir de l'ensemble des stations de la banque gravimétrique française, à l'aide du logiciel VALIDG réalisé à cet effet (Martelet et Debeglia, 2004).

On rappelle que cette prédiction consistait à calculer, la valeur de la pesanteur, par méthode des moindres carrés, à partir des stations de la BGF (corrigées de l'altitude et de la latitude), situées à proximité du point pour lequel est réalisée la prédiction.

Pour quelques unes des stations IGN présentant les plus forts écarts lors de la prédiction par VALIDG, des opérations de rattachement par liaisons relatives ont été réalisées, afin de mieux comprendre la cause de ces écarts.

D'une part, les stations IGN ont été rattachées à 1 ou 2 points de référence, d'autre part des bases RGF83 et CGF65 proches ont été rattachées aux mêmes références.

Initialement, le programme prévoyait de contrôler 7 bases, 4 situées dans le Massif Central et les Cévennes, 3 dans la région Sud-Est. Pour des raisons d'inaccessibilité de deux des bases IGN et de destructions ou de modifications de certaines des bases BRGM, le programme n'a pu être entièrement réalisé. Seulement 4 bases IGN sur les 7 bases prévues ont ainsi pu être rattachées.

Les liaisons ont été réalisées par F. Dupont, du 16 au 24 juin 2005, à l'aide des 2 gravimètres relatifs du BRGM : SCINTREX CG3-M-9403245 et SCINTREX CG5-28.

Ces gravimètres ont été étalonnés au préalable, le 20/4/2005, sur la base d'étalonnage absolue Orléans (BRGM) – Sèvres B (BIPM). Cet étalonnage a fourni les coefficients suivants :

- SCINTREX CG3-M-9403245 :  $0.9997538 \pm 0.0001460$
- SCINTREX CG5-28 :  $0.9995209 \pm 0.0002072$

Les liaisons ont été compilées par le logiciel BRGM LIBASE, qui applique les corrections de marées et d'altitude, estime les dérives et calcule la différence de g moyenne obtenue pour chaque liaison. Ce logiciel effectue ensuite l'ajustement du réseau.

On présente en **Annexe 3** les résultats obtenus lors de ces liaisons, et la synthèse de ceux-ci au paragraphe ci-dessous.

### **Synthèse et conclusion des liaisons de bases réalisées en 2005 dans le centre et le SE de la France**

Afin de comprendre les écarts mis en évidence dans (Martelet et Debeglia, 2004), entre les nouvelles bases IGN et la couverture des stations gravimétriques, des mesures de rattachement de ces bases avec des points de référence des anciens réseaux CGF65 et RGF83 ont été réalisées, dans le centre et le sud-est de la France.

En effet, les premières expériences de comparaison des mesures IGN avec la carte gravimétrique CGF65 (Martelet et Debeglia (2004), mais aussi l'étude réalisée à l'IGN par Duquenne *et al.*, 2004), mettent en évidence :

- que cette comparaison n'est pas triviale,
- qu'il est nécessaire pour la mener à bien correctement de prendre en compte l'effet de la topographie et sans doute, des hétérogénéités de densités locales.

Les résultats obtenus sur les points présentés ci-dessus, qui ont fait l'objet de liaisons en 2005, montrent notamment, la nécessité de développer une méthodologie adaptée de validation des nouvelles mesures IGN, en particulier en zone de relief accidenté, là où sont constatés les écarts les plus importants. **La procédure VALIDG devrait donc être améliorée (cf. 2.3.3.2, ci après)**

Par ailleurs, les liaisons 2005 ont permis de constater que parmi les nouvelles bases établies par l'IGN, de nombreux sites sont situés sur des sommets et à proximité de forts reliefs (par exemple, sites de la chaîne du Mont-Blanc, site de Valleraugue situé au sommet d'une tour, elle-même située au sommet de l'Aigoual).

Cette implantation permet de corriger un peu la mauvaise répartition des stations gravimétriques françaises, généralement localisées en des points faciles d'accès, en fond de vallée ou dans des zones à relief modéré (cols, plateaux, etc).

Elle a cependant l'inconvénient de fournir des valeurs de pesanteur difficiles à interpoler ou à corriger, car correspondant à des situations exceptionnelles. L'intégration de ces nouveaux points dans les réseaux de stations existantes est donc délicate. Or cette intégration est nécessaire, que ce soit pour leur validation par comparaison avec ces mesures ou pour le calcul de nouvelles cartes d'anomalie de Bouguer ou de géoïde.

Elle nécessiterait cependant une connaissance de la topographie proche supérieure à celle des meilleurs MNT. Il serait donc nécessaire que tous les éléments utiles à la correction des effets topographiques ou de site soient relevés sur le terrain avec une très grande précision (comme on le fait en prospection microgravimétrique). Dans certains cas, et malgré ces précautions, on sait que l'incertitude sur les corrections topographiques restera importante et que certains points ne pourront pas être corrigés valablement (présence d'une calotte glaciaire d'épaisseur inconnue, par exemple).

**En pratique, on préférerait donc une implantation gravimétrique évitant la proximité de forts reliefs et de milieux très hétérogènes.**

Il y a donc une certaine incompatibilité entre certains nouveaux points IGN et l'implantation souhaitable pour une station gravimétrique, surtout si elle doit être utilisée pour des calculs nécessitant la correction des effets topographiques (calcul de géoïde en particulier).

Cela est moins vrai si ces stations doivent être utilisées comme base de référence, à condition que la position à stationner soit définie de manière très précise pour que les effets topographiques soient toujours identiques.

Enfin, l'utilisation de ces points en tant que station de référence pourra parfois apparaître inadaptée, du fait de leur mauvaise accessibilité (chemins difficiles et longs, sites parfois fermés) et de la difficulté à retrouver la bonne station.

En ce qui concerne les écarts entre nouvelles stations IGN et la carte gravimétrique CGF65, les liaisons réalisées ici, mettent en évidence un certain nombre d'écarts (synthèse réalisée dans le **Tableau 2**). Ces écarts sont beaucoup plus faibles que ceux qui étaient présumés par les calculs de géoïde, mais certains semblent cependant significatifs. En particulier, les biais suivants semblent se dessiner et devront être confirmés :

- **Dans la région de Clermont-Ferrand, les valeurs des réseaux gravimétriques RGF83 et CGF65 semblent surestimés d'environ 0.1 mGal.** Cet effet est significatif en métrologie, en particulier pour l'estimation de la valeur de  $g$  à  $10^{-6}$  près. Son influence sur la carte gravimétrique de France peut, par contre, être considérée comme négligeable.
- **Dans le secteur de l'Aigoual, un écart semblable, d'environ 0.1 mGal est observé au niveau des bases CGF65 de Ganges et du Vigan.** Cet écart faible qui reste à préciser est sans conséquence puisque les bases CGF65 ne sont pas utilisées en métrologie de la pesanteur.
- **A l'Est de Marseille, les bases CGF65 de Gemenos et Ollioule semblent surestimées d'environ 0.3 mGal.** La tendance observée à Clermont et dans la région de l'Aigoual semble donc se confirmer et même s'amplifier.

Ces premiers résultats montrent l'intérêt des contrôles par rattachement relatifs pour la validation des nouvelles bases et la vérification des anciens réseaux et carte gravimétrique. Cette démarche doit donc être poursuivie et amplifiée parallèlement aux validations numériques, que l'on présente ci-dessous.

Stations IGN	Ecart prédiction- mesure (mGal)	Référence rattachement	Ecart max rattachement station IGN ( $\mu$ Gal)	Ecart max rattachement bases CGF proches ( $\mu$ Gal)	Ecart max rattachement bases RGF83 proches ( $\mu$ Gal)	Cause probable de l'écart
6342201 a Solignat1 (Puy d'Ysson)	7	Clermont-IPG- RGF83	326	-16	-104	Effet topographique
6342201 a Solignat1 (Puy d'Ysson)	7	Clermont-IPG- IGN	258	-84	-172	Effet topographique
1905801 a Combres- sol1	8.8	Clermont-IPG- RGF83	42	-10	29	1 point erroné dans la base gravimétrique
1905801 a Combres- sol1	8.8	Clermont-IPG- IGN	-26	-78	-38	1 point erroné dans la base gravimétrique
3033906 a Vallerau- gue (Aigoual)	5.6	Bases absolues EOST Montpellier et Aigoual	-107	-119	*** pas de base RGF à proximité	Effet topographique
Fontaine- Aigoual	11	Bases absolues EOST Montpellier et Aigoual	-118	-119	*** pas de base RGF à proximité	Effet topographique
8310301 a Le Revest- Les Eaux	13	Base absolue EOST Marseille	*** station non réoccupée : confusion avec 8310301 g	-327	*** pas de base RGF à proximité	Effet topographique
8306501 a -Gassin 01	6	Base absolue EOST Marseille	*** station non réoccupée : inaccessible	-167	-98	Effet topographique

**Tableau 2 – Synthèse des liaisons 2005 de bases IGN et CGF65-RGF83.**

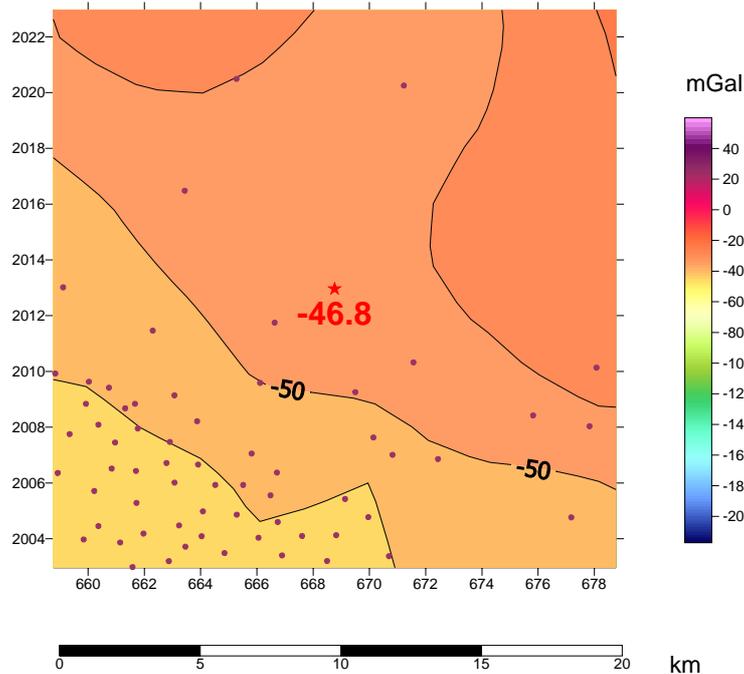
### **2.3.3.2. Comparaison par VALIDG des nouveaux points IGN et de la carte gravimétrique CGF65**

Afin de s'affranchir des limitations constatées ci-avant au sujet de la procédure VALIDG, dans sa version 2004, deux modifications principales y ont été tout d'abord apportées en 2005 :

- Désormais, on ne compare plus g mais une anomalie de Bouguer. Les corrections de terrain (CT) intégrées ont été calculées selon la procédure explicitée dans Martelet et Debeglia (2001).
- Un test de validation des stations utilisées pour la prédiction a également été ajouté, en éliminant les stations manifestement erronées (présentant un écart à la moyenne supérieur à 2 fois l'écart-type).

Après ces modifications de la procédure VALIDG, une première comparaison entre mesures IGN et valeurs prédites a été réalisée sur les 379 stations IGN mesurées entre 2000 et 2003 (celles de 2004 nous étant parvenues tardivement).

Pour les stations présentant un écart supérieur à 5 mGal, un examen plus détaillé a été réalisé. Un contourage de la grille Bouguer à la maille 1\*1 km (sur 20\*20 km autour du point IGN) montre que, pour certaines d'entre elles, la valeur IGN s'insère bien dans la carte des stations existantes. L'exemple présenté, Figure 16, illustre clairement une mauvaise prédiction liée à une répartition hétérogène des stations autour du point où est réalisée l'estimation. On en a donc conclu que **la procédure de prédiction par moindres carrés utilisée dans VALIDG était trop sommaire : elle a donc été remplacée par une estimation de surface par triangulation (module DSURF de la librairie IMSL, méthode surface fitting, Akima 1978).**



**Figure 16 – Illustration du fait que la prédiction par moindres carrés aboutit à une mauvaise estimation liée à une répartition hétérogène des stations autour du point où est réalisée la prédiction : la valeur IGN de -46.8 mGal s'intègre correctement dans la carte des stations existantes, alors que la prédiction par moindres carrés était de -53.3 mgal. La prédiction par la méthode Akima aboutit par contre à -46.3 mGal ce qui est compatible avec les mesures.**

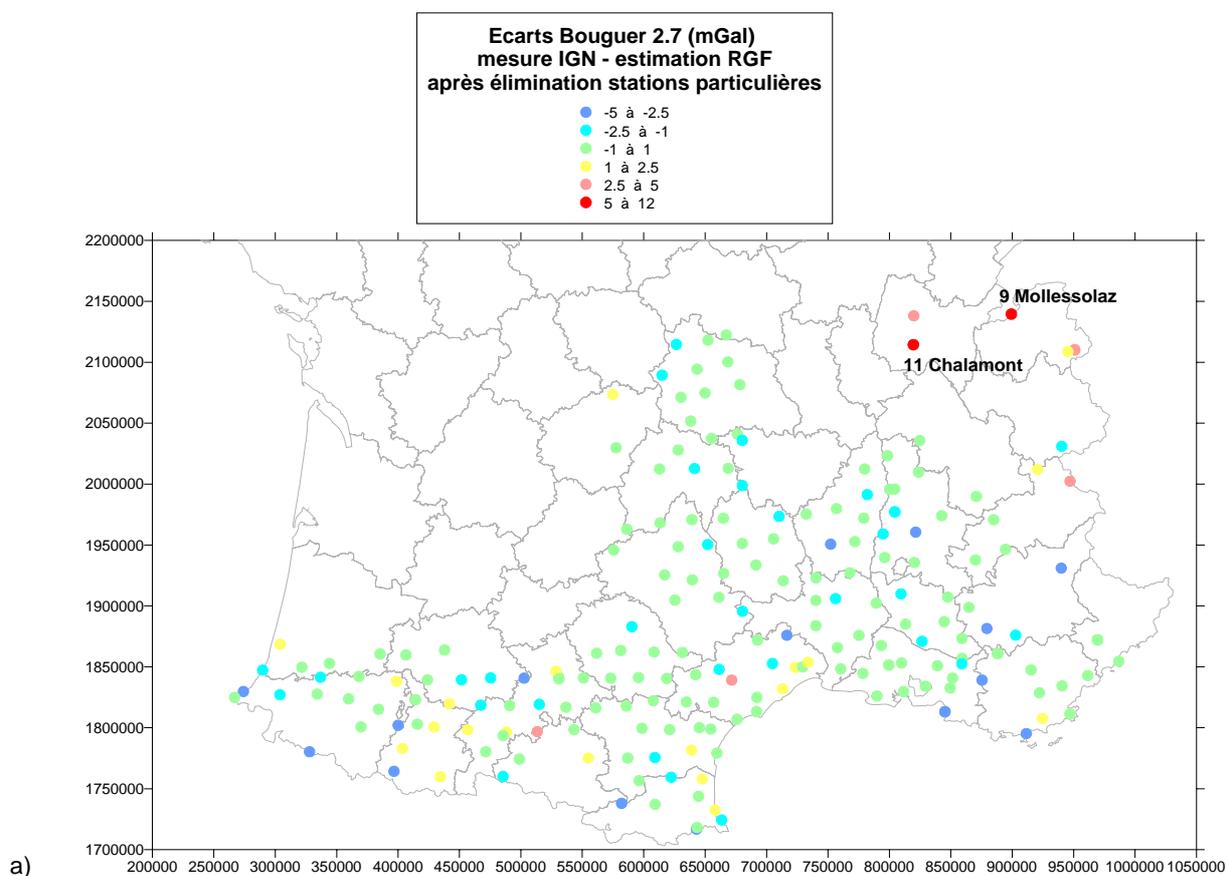
En utilisant cette nouvelle version de VALIDG, la comparaison entre mesures IGN et valeurs prédites a été refaite. Des 379 stations IGN 2000-2003 ont été écartées celles pour lesquelles la prédiction était *a priori* impossible ou non significative :

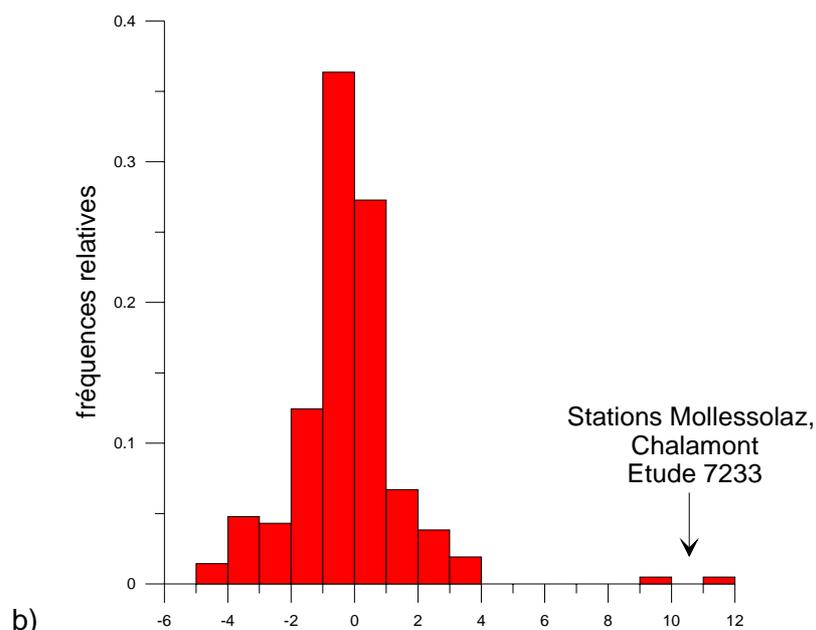
- mesures en tunnel,,
- points pour lesquels le calcul des corrections de terrain est actuellement impossible (MNT marin côtier non-disponible, par exemple),
- points pour lesquels la prédiction est impossible à cause d'une trop faible densité de stations de la BGF à proximité (moins de 4 stations dans un rayon de 5 km),
- points caractérisés par une prédiction douteuse du fait d'une trop grande variabilité latérale (écart en valeur absolue entre l'estimation par Akima et la moyenne des Bouguer pondérée par la distance supérieur à 3 mGal),
- points où l'altitude indiquée par le MNT diffère de plus de 15 m de l'altitude de la station et points où la CT calculée diffère de plus de 5 mGal de la moyenne des CT des points proches (forte topographie, erreur de positionnement en x, y ou z).

Certaines des stations où la prédiction n'a pas été réalisée, selon ces critères, pourront être réintégrées ultérieurement. A ce titre, **une action paraît indispensable en 2006 : vérifier et améliorer le positionnement des stations de la BGF et refaire les CT correspondantes.**

En effet, l'estimation est faussée si la localisation ou l'altitude du site et des stations de la base sont imprécises : une erreur de 5 m en altitude introduit une erreur de 1 mGal, et une erreur de 1 km sur la localisation, cause une erreur de 0.833 mGal. Auxquelles s'ajoutent des erreurs pouvant atteindre plusieurs mGal lors du calcul de la correction de terrain. Enfin, en région montagneuse, l'incertitude sur le gradient vertical gravimétrique et les effets topographiques introduisent des imprécisions supplémentaires.

Pour les 209 stations où la prédiction a été réalisée (**Figures 17a et b**), les écarts obtenus varient entre -5 et 11 mGal, dont 2 écarts supérieurs à 5 mGal en valeur absolue. A noter que le résultat de la comparaison est sensiblement différent de celui obtenu avec la version 2004 de VALIDG ; en particulier, pour les zones de relief qui, en 2004, présentaient logiquement des écarts généralement élevés.



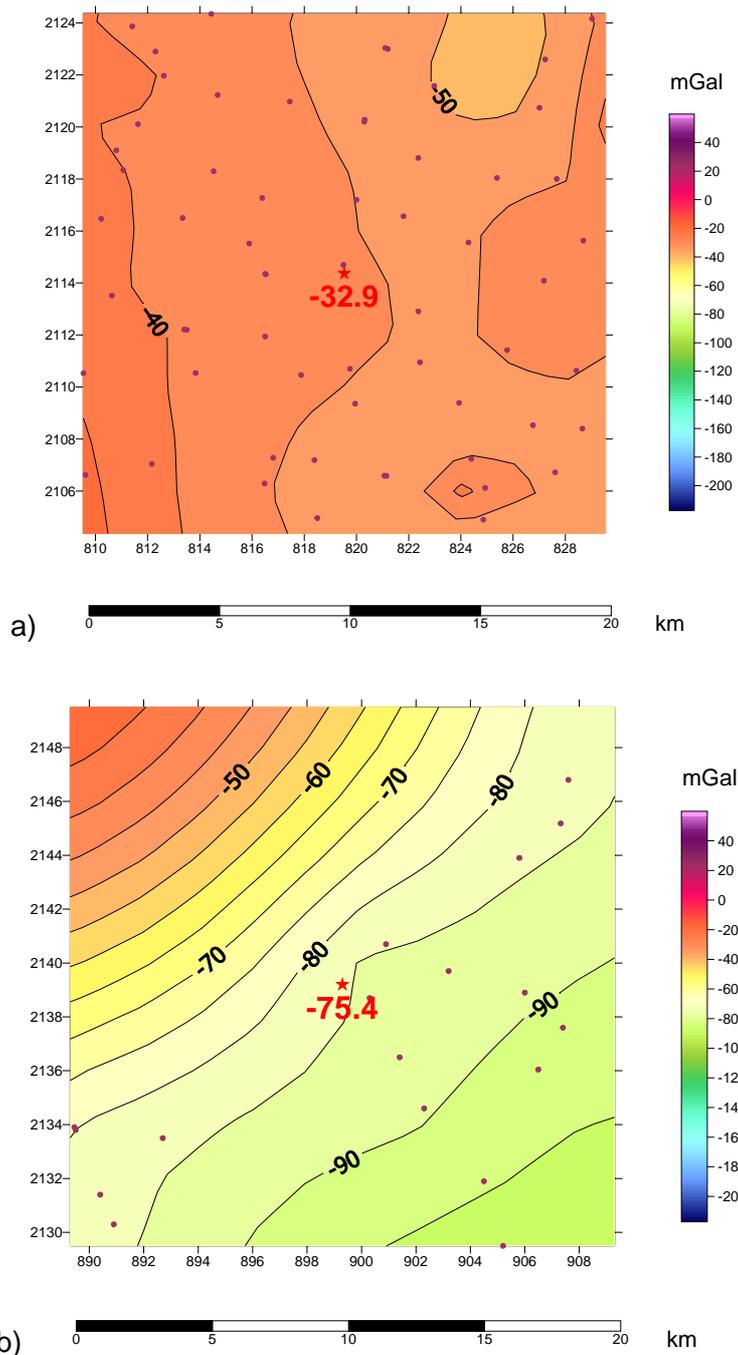


**Figure 17 – a) Ecart aux stations et b) histogramme des écarts (en mGal) entre la valeur de Bouguer prédite et la valeur mesurée par l'IGN, pour les stations 2000-2003.**

Pour les 2 stations où l'écart dépasse 5 mGal, Mollessolaz (Annemasse) et Chalamont, un examen plus détaillé a été réalisé :

- on a vérifié qu'il ne s'agit pas de points particuliers (topographie accidentée, monumentation particulière),
- on a vérifié les coordonnées utilisées,
- on a vérifié qu'il y avait bien un écart entre la valeur d'anomalie de bouguer découlant des mesures IGN et la valeur d'anomalie de Bouguer aux stations de la BGF les plus proches (**Figures 18 a et b**),
- on a relevé les noms des études gravimétriques concernées.

Pour ces 2 stations, les points de la BGF localisés aux abords de la nouvelle station IGN appartiennent à la même étude, 7233 (Alpes IGN 1970), qui semble donc erronée d'une dizaine de milligals et devra être vérifiée et corrigée.



**Figure 18 – Comparaison de la valeur IGN à la carte des stations de la BGF existantes, pour les sites de : a) Chalamont (0107406), b) Mollessollaz.**

Après avoir optimisé la prédiction utilisée dans VALIDG, son utilisation en routine pour la prédiction de l'anomalie de Bouguer sur l'ensemble des nouvelles stations IGN devrait donc, comme on l'a illustré ci-dessus, permettre de mettre en évidence des écarts entre nouvelles déterminations IGN et la carte gravimétrique CGF65. Pour les points anormaux, une analyse fine des causes possibles d'écart devrait permettre de déterminer qui de la carte ancienne ou de la nouvelle station IGN est en cause. Des mesures de terrain pourront être nécessaires pour les points où les causes de l'écart constaté ne seront pas identifiées.

Menée à son terme, cette action devrait contribuer à améliorer significativement la qualité de la carte gravimétrique nationale, en particulier en mettant en évidence des erreurs systématiques sur certaines études.

## **2.4. ACTIONS MENEES DANS LA COMMUNAUTE GRAVIMETRIQUE FRANÇAISE**

### **2.4.1. Comité de coordination du BGI (Bureau Gravimétrique International)**

En tant que membre permanent du Comité de Coordination du BGI, le BRGM a participé (représenté par G. Martelet), aux discussions et décisions concernant l'activité de cet organisme international, hébergé en France. Le compte-rendu de séance est présenté en **Annexe 3**. Parmi les points abordés, on retiendra l'inquiétude du directeur du BGI (J. P. Barriot), quant aux moyens de plus en plus réduits du BGI, assurés essentiellement par quelques organismes français (CNES, IGN, BRGM, ESGT, SHOM, INSU, IRD).

### **2.4.2. Participation à la journée "Pôle de Compétences National en Gravimétrie"**

Lors du Comité de Coordination du BGI, le CNES a émis l'idée d'une journée de réflexion regroupant les différents acteurs de la gravimétrie en France, avec pour objectif, à terme, de fédérer la communauté gravimétrique nationale au sein d'un Pôle de Compétences National en Gravimétrie.

Le BRGM, (représenté par G. Martelet), a participé à cette réunion de prospective qui s'est déroulé le 12/05/05, au CNES à Paris. Le compte-rendu de cette journée est présenté en **Annexe 4**.

La réflexion engagée à l'initiative du CNES, avait pour but de : 1/ coordonner les actions en relation avec les missions de gravi spatiale récentes (CHAMP, GRACE) et à venir (GOCE), 2/ structurer la communauté gravimétrique (laboratoires et organismes), dont les actions se déclinent déjà autour de Services (BGI, FROG), groupements (GRGS) ou programmes (G2, GGP), 3/ améliorer la visibilité des actions gravi-géoïde à l'échelle nationale.

Cette discussion a fait ressortir les points principaux suivants :

- nécessité de définir les utilisateurs et leurs besoins vis-à-vis du pôle thématique,
- nécessité de coordonner les actions en gravi au niveau national pour répondre aux problèmes de la communauté et des utilisateurs (amélioration géoïde, validation et valorisation des données spatiales, réseau gravimétrique national, ...),
- réaliser cette coordination en prenant en compte :
  - les structures existantes, les personnels, les matériels,
  - l'intérêt des intervenants,
  - les objectifs scientifiques/techniques à prioriser.
- nécessité d'accompagner la création du pôle de programmes scientifiques fléchés au niveau national pour favoriser les passerelles entre disciplines (ex : gravi spatiale – hydro),
- le pôle doit, au niveau national préparer ce qui se monte au niveau européen.

Au terme de la discussion a été retenue l'idée de rédiger un dossier de projet du pôle thématique à soumettre fin 2005, lors d'un Comité Inter-Organismes, aux organismes potentiellement contributeurs (CNES, CNRS-INSU, IGN, SHOM, BRGM, ...). La formule d'un comité de rédaction (3-4 personnes) secondé par des relecteurs de chacun des organismes présents lors de la réunion, a été retenue.

### **2.4.3. Implication du BRGM dans la réalisation d'un nouveau Réseau et d'une nouvelle Carte Gravimétrique de la France**

Faisant suite à sa participation dans diverses réunions au sein de la communauté gravimétrique française, G. Martelet avait informé (CR Journées CNES, en date du 12/05/05)

les directions de programme du BRGM sur l'avancement des mesures réalisées par l'IGN, d'un équivalent de réseau gravimétrique de 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> ordre, et par l'équipe de Strasbourg, de mesures absolues de la pesanteur sur le territoire.

G. Martelet alertait les directions sur la nécessité d'une action rapide du BRGM, accompagnée d'une implication significative et en partenariat avec ces organismes, conformément à ce que suppose son statut de Bureau Gravimétrique National.

En conséquence, une réunion interne au BRGM regroupant des représentants DSP, DR et CDG s'est tenu le 24/06/05 concernant l'implication du BRGM dans la réalisation d'un nouveau réseau gravimétrique de la France, (CR de la réunion présenté en **Annexe 5**).

Ont été abordés : (i) l'historique de l'implication BRGM dans les réseaux gravimétriques nationaux existants, (ii) les raisons de s'impliquer dans la réalisation du nouveau réseau, (iii) une proposition de plan d'action concertée SP-DR, (iv) un 1<sup>er</sup> chiffrage correspondant aux actions envisagées.

Au terme de la discussion, le Directeur du Service Public (L. Beroud) et le représentant de la Direction de la Recherche (P. Ledru), en présence des responsables de CDG (D. Vaslet et C. Truffert), ont donné un accord de principe pour l'implication financière des 2 directions, sur le plan d'action proposé.

Signe fort de la volonté d'implication de la DR dans l'action Réseau Gravimétrique : à la demande de P. Ledru, plusieurs actions ont débuté dès 2005, sur financement DR. Il s'agit de :

- La rédaction d'une proposition de projet (2006-2007-2008), co-financée par les directions DSP et DR (la fiche signalétique de Projet est jointe en **Annexe 6**).
- Initier des liaisons gravimétriques entre bases gravimétriques des anciens réseaux CGF65 et RGF83 avec les nouvelles bases gravimétriques mesurées par l'IGN. Une mission a été réalisée à mi-Décembre 2005, dont les résultats seront intégrés aux travaux 2006.
- La sous-traitance à l'EOST de 2 nouvelles mesures de gravimétrie absolue sur les sites du Puy de Dôme et de Clermont-Ferrand. Mesures programmées en Décembre 2005.
- L'IGN, l'équipe de Strasbourg et les autres acteurs potentiellement impliqués dans la réalisation d'un nouveau réseau gravimétrique national (Université de Montpellier, IPGP, EPSHOM, BGI), ont été avertis de l'action entreprise au BRGM, dans le but d'initier les collaborations nécessaires. Une réunion organisée à cet effet par le BRGM, s'est tenue à la SGF à Paris, en date du 21/11/05 (CR de la réunion présenté en **Annexe 7**).
- La participation d'une équipe BRGM à l'ICAG 2005, intercomparaison de gravimètres relatifs et absolus, réunion organisée par le Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres.
- La rédaction d'un cahier technique détaillant les actions à mener en vue de la réalisation du nouveau réseau et carte gravimétrique national. Ce cahier a été approuvé par DR et DSP et constitue une base de réflexion pour les collaborations à entreprendre avec les partenaires extérieurs.

### 3. Description des tâches à réaliser en 2006

#### 3.1. RECAPITULATIF DES TACHES AVEC ESTIMATION DU TEMPS

En 2006, on prévoit les actions suivantes :

- ✓ **Tâche 1** : Réaliser la mise à jour des campagnes de mesure gravimétriques (activité permanente).
- ✓ **Tâche 2** : Contrôle d'ensemble du positionnement des stations et bases gravimétriques.
- ✓ **Tâche 3** : Inter-validation par VALIDG des nouvelles bases IGN 2000 à 2004 et de la carte gravimétrique CGF65.
- ✓ **Tâche 4** : Participer aux réunions du Comité de direction du BGI et réunion plénière du CNFGG.

<b>Tâche 1</b>	5 jours
<b>Tâche 2</b>	8 jours
<b>Tâche 3</b>	10 jours
<b>Tâche 4</b>	2 jours
<b>Total projet</b>	<b>25 jours</b>

Il est à noter qu'en 2006, les 25 jours d'activité prévus dans la fiche de Service Public Banque Gravimétrique de la France (BGF), principalement destinés à l'amélioration de la BGF, seront accompagnés d'actions de recherche financés par le Direction de la Recherche du BRGM, en relation étroite avec l'action de Service Public. Ces actions, selon le compte-rendu de réunion en **Annexe 6**, s'inscrivent dans un programme, en collaboration avec l'IGN et les autres acteurs de la gravimétrie en France, pour la réalisation d'un nouveau Réseau et d'une nouvelle Carte Gravimétrique de la France à l'échéance de 2008.

#### 3.2. DELIVRABLES ATTENDUS

- ✓ Rapport "Compte rendu des mises à jour des campagnes de mesure » (Ministère).
- ✓ Mise en ligne à partir d'Infoterre de : 1/ de l'utilitaire de calcul de  $g$  à  $10^{-4}$  SI près,  
2/ la BD des stations de référence gravimétriques.

#### 3.3. TACHES RESTANT A REALISER ULTERIEUREMENT

A plus longue échéance, certaines actions paraissent indispensables pour améliorer la qualité des produits et des services mis à disposition des utilisateurs, en créer de nouveaux et assurer la position du BRGM dans la communauté gravimétrique française. Certains axes jugés importants sont récapitulés ci-dessous, en complément des objectifs 2006 :

- ✓ Pour compléter les données ponctuelles figurant dans les bases existantes, il faudrait concevoir, réaliser et mettre à disposition un catalogue de grilles de champs de potentiel (gravimétrie / magnétisme) sur le territoire national.  
Le BRGM prévoit à court terme de se doter d'un nouveau système de gestion et mise à disposition de données géophysiques, qui constituera le support nécessaire pour mener à bien cette tâche (Infoterre ne permettant pas la gestion de grilles).
- ✓ En relation avec la réalisation du nouveau réseau gravimétrique national, il sera nécessaire de compléter la base des Bases de référence par des tables permettant de décrire les nouvelles liaisons entre bases réalisées dans le cadre de prestations, d'étalonnages de gravimètres ou de l'établissement du réseau.

Pour permettre une mise à jour de la table des déterminations de g, un applicatif de traitement et compensation de réseau relié à la table de liaisons serait également souhaitable.

## 4. Bibliographie

- ✓ Akima H., 1978 – A method of bivariate interpolation and smooth surface fitting for irregularly distributed data points, ACM Transactions on Mathematical Software, 4, 148-159.
- ✓ Amalvict M., Debeglia N. and Hinderer J., 2002 - The absolute gravity measurements performed by Sakuma in France, revisited 20 years later., in International Association of Geodesy - 3rd meeting of the International Gravity and Geoid Commission - Gravity and Geoid 2002, ed. I.N. Tziavos.
- ✓ Debeglia et Dupont, 2002 – Projet de réalisation d'un nouveau réseau gravimétrique français. Liaisons gravimétriques entre des bases du réseau français de référence RGF83 et des bases absolues récentes. BRGM/RP-51502-FR, 55p.
- ✓ Duquenne F., Duquenne H. et Gattacceca T., 2004, A new gravity network collocated with GPS network in France, EUREF Symposium, 2-4/06/2004, Bratislava, Slovaquie.
- ✓ Gattacceca T., 2001, Campagne de mesures gravimétriques dans le Sud-Est de la France, Rapport IGN IT/G 222.
- ✓ Gattacceca T., 2002, Campagne de mesures gravimétriques dans les Pyrénées orientales, les Alpes du Nord, le massif du Mont Blanc et l'aéroport de Hyères-Toulon, Rapport IGN CR/G 144.
- ✓ Gattacceca T., 2003, Campagne de mesures gravimétriques dans les Pyrénées, le Massif Central et le massif du Mont Blanc. Rapport IGN CR/G 177.
- ✓ Gattacceca T., 2005, Campagne de mesures gravimétriques dans le sud, le centre et l'est de la France. Mesures gravimétriques du réseau RBF - Opération n° 5 Rapport SGN n° 28116
- ✓ Martelet G. et Debeglia N., 2001, Homogénéisation et validation des corrections de terrain gravimétriques jusqu'à la distance de 167km, en vue de réactualiser la Banque Gravimétrique Française, rapport BRGM/RP-51287-FR, 41p.
- ✓ Martelet G. et Debeglia N., 2004, Banque gravimétrique de France : travaux réalisés en 2004, tâches à réaliser en 2005. BRGM/RP-53588-FR, 42p., 17 fig., 2 tabl., 3 ann.
- ✓ Ogier M., 1985, Le réseau gravimétrique français RGF83. Fascicule 15. Précision. Rapport interne du BRGM, 1985GPH107
- ✓ Vitushkin L., Becker M., Jiang Z., Francis O., van Dam T.M., Faller J., Chartier J.-M., Amalvict M., Bonvalot S., Debeglia N., Desogus S., Diament M., Dupont F., Falk R., Gabalda G., Gagnon C. G. L., Gattacceca T., Germak A., Hinderer J., Jamet O., Jeffries G., Käker R., Kopaev A., Liard J., Lindau A., Longuevergne L., Luck B., Maderal E.N., Mäkinen J., Meurers B., Mizushima S., Mrlina J., Newell D., Origlia C., Pujol E.R., Reinhold A., Richard Ph., Robinson I.A., Ruess D., Thies S., Van Camp M., Van Ruymbeke M., Villalta Compagni M.F.de, Williams S., Results of the Sixth International Comparison of Absolute Gravimeters, ICAG-2001, Metrologia, 2002, 39(5), 407-424.

## **5. Annexes**

### **ANNEXE 1 - FICHES DESCRIPTIVES DES NOUVELLES MISSIONS ENTREES DANS LA BGF EN 2005**

Fiche établie le : 22/09/05	N° Code Minier : *CM7269
Nom de l'étude (à défaut, ville principale entre parenthèses) : MONT-LOUIS	Année : 1996
Réalisée par : Université Paul Sabatier (Toulouse)	Pour le compte de : BRGM

**Caractéristiques du levé :**

Gravimètre : n° TH  WE  NA  WO  LR  CG3  CG5  Autre :  
 Position : RNG  PT COTE  LUNETTE  BARO  GPS  GPSdiff  Autre :  
 Carte(s) :

Nombre de points	: 598	Répartition des stations :
Densité moyenne de mesure	: ~0.3 st/km <sup>2</sup>	sur itinéraires à large mailles <input type="checkbox"/>
Superficie	: 1900 km <sup>2</sup>	semis de points ou profils serrés <input checked="" type="checkbox"/>

**Compilation :**

C.T. : non  manuelle  informatique  jusqu'à 167 km  
 Système de référence : CGF65  RGF83  IGSN71  Autre :  
 Densité : 2.67  
 Coeff. d'étalonnage gravimètre :

**Banque gravimétrique :**

• INFORMATISATION

Nb. de points	: 597	Estimation de l'erreur (mGal)	
Densité	: 2.7	Erreur (hors CT)	Erreur totale
Zone Lambert	: II étendu	Erreur absolue : 0.35	1
		Erreur quadratique : 0.23	0.69

Formule de conversion utilisée :  $\alpha =$   $\beta =$   
 Autre :

Contenu de la Banque

N° Code Minier  g observé  altitude  numéro de station   
 Bouguer  X,Y  latitude, longitude   
 densité  C.T.  zone Lambert

• OBSERVATIONS

Les CT ont été calculées au BRGM jusqu'à 167 km par informatique : grilles au pas de 50m, 250m et 1km respectivement dans les couronnes 50m-3km, 3km-10km et 10km-167km. L'erreur moyenne estimée sur les CT est de 0.65 mGal.

Fiche établie le : 22/09/05	N° Code Minier : *CM7268
Nom de l'étude (à défaut, ville principale entre parenthèses) : MONTMARAULT	Année : 2005
Réalisée par : Université d'Orléans (ISTO)	Pour le compte de : ISTO-BRGM

**Caractéristiques du levé :**

Gravimètre : n° TH  WE  NA  WO  LR  CG3  CG5  Autre :  
 Position : RNG  PT COTE  LUNETTE  BARO  GPS  GPSdiff  Autre :  
 Carte(s) :

Nombre de points	: 518		Répartition des stations :
Densité moyenne de mesure	: ~0.4	st/km <sup>2</sup>	sur itinéraires à large mailles <input type="checkbox"/>
Superficie	: 1500	km <sup>2</sup>	semis de points ou profils serrés <input checked="" type="checkbox"/>

**Compilation :**

C.T. : non  manuelle  informatique  jusqu'à 167 km  
 Système de référence : CGF65  RGF83  IGSN71  Autre :  
 Densité : 2.6  
 Coeff. d'étalonnage gravimètre :

**Banque gravimétrique :**

• INFORMATISATION

Nb. de points	: 515	Estimation de l'erreur (mGal)	
Densité	: 2.7	Erreur (hors CT)	Erreur totale
Zone Lambert	: II étendu	Erreur absolue	: 0.35 0.65
		Erreur quadratique	: 0.23 0.38

Formule de conversion utilisée :  $\alpha =$   $\beta =$

Autre :

Contenu de la Banque

N° Code Minier  g observé  altitude  numéro de station   
 Bouguer  X,Y  latitude, longitude   
 densité  C.T.  zone Lambert

• OBSERVATIONS

Les CT ont été calculées au BRGM jusqu'à 167 km par informatique : grilles au pas de 50m, 250m et 1km respectivement dans les couronnes 50m-3km, 3km-10km et 10km-167km. L'erreur moyenne estimée sur les CT est de 0.3 mGal.

Fiche établie le : 22/09/05	N° Code Minier : *CM7267
Nom de l'étude (à défaut, ville principale entre parenthèses) : PLOEMEUR	Année : 2005
Réalisée par : Université de Rennes	Pour le compte de : Univ. Rennes

**Caractéristiques du levé :**

Gravimètre : n° TH  WE  NA  WO  LR  CG3  CG5  Autre :  
 Position : RNG  PT COTE  LUNETTE  BARO  GPS  GPSdiff  Autre :  
 Carte(s) :

Nombre de points	: 178		Répartition des stations :
Densité moyenne de mesure	: ~9	st/km <sup>2</sup>	sur itinéraires à large mailles <input type="checkbox"/>
Superficie	: 20	km <sup>2</sup>	semis de points ou profils serrés <input checked="" type="checkbox"/>

**Compilation :**

C.T. : non  manuelle  informatique  jusqu'à 167 km  
 Système de référence : CGF65  RGF83  IGSN71  Autre :  
 Densité : 2.6  
 Coeff. d'étalonnage gravimètre :

**Banque gravimétrique :**

• INFORMATISATION

Nb. de points	: 178	Estimation de l'erreur (mGal)	
Densité	: 2.7	Erreur (hors CT)	Erreur totale
Zone Lambert	: II étendu	Erreur absolue	: 0.16 -
		Erreur quadratique	: 0.11 -

Formule de conversion utilisée :  $\alpha =$   $\beta =$

Autre :

Contenu de la Banque

N° Code Minier  g observé  altitude  numéro de station   
 Bouguer  X,Y  latitude, longitude   
 densité  C.T.  zone Lambert

• OBSERVATIONS



## ANNEXE 3 - LIAISONS GRAVIMETRIQUES ENTRE NOUVEAUX POINTS IGN ET ANCIENNES BASES GRAVIMETRIQUES

### Base IGN 6342201 a - Solignat I

Cette base (**Figure A3-1**) est située dans le Puy-de-Dôme (63), au sud de Clermont-Ferrand, au sommet d'un relief volcanique (Puy d'Ysson). L'écart entre la valeur de g mesurée par l'IGN et l'estimation par VALIDG était pour ce point de 7 mGal.



Réseau Géodésique Français

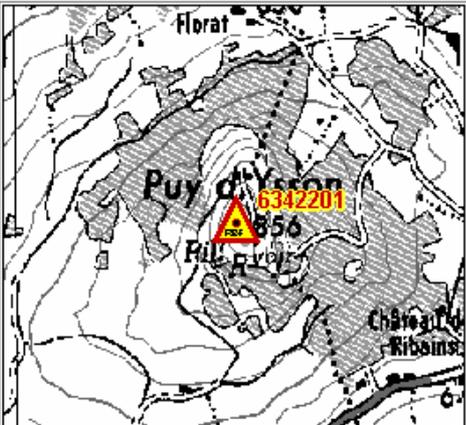
Service Géodésie Nivellement  
Site géodésique

## SOLIGNAT I

<i>Département</i>	PUY-DE-DOME ( 63 )	N° Site: <b>6342201</b>
<i>Commune</i>	SOLIGNAT	
<i>Lieu-dit</i>	PUY D'YSSON	site NTF d'ordre 1 - site RBF



Azmut de la prise de vue : 375 gr



Extrait de la carte n° 2533  
BESSE-EN-CHANDESSE

Points du site : ( Cliquez sur la désignation des points ci-dessous pour obtenir les coordonnées )

( A )	Borne 1904 du SGA : Repere hemispherique 1994 en laiton de 12 mm de diametre
( B )	Rocher : Repere hemispherique 1994 en laiton de 18 mm de diametre
( C )	Rocher : Repere 1954 en bronze (non retrouvé en 2000)

**Figure A3-1 - Description de la base Solignat (d'après fiche géodésique de l'IGN).**

Cette base a été rattachée à la base de Clermont grâce aux liaisons suivantes réalisées le 16 juin :

**Clermont** – cave IPG (5043) → Lempdes (1853/2093) → Issoire (2092/1397) → **6342201** → Issoire → Lempdes → **Clermont**

Ces liaisons ont été compilées en prenant comme référence la valeur de g à Clermont-Ferrand sur la base de 1<sup>er</sup> ordre RGF83 n°5043, située dans la cave de l'IPG (Accès Livraison CEMAGREF, rue de Rochefeuille). Cette base a la valeur suivante dans le système RGF83 :

$g = 980556.962 \pm 0.06$  (incertitude élargie à 95 % estimée en moyenne à 0.06 mGal pour le premier ordre du RGF83).

Cette base a été réoccupée par l'IGN en 2003, la campagne étant référencée par rapport aux bases absolues de Sèvres et Montpellier. La valeur qui avait été obtenue est :

$g = 980556.894 \pm 0.041$  (intervalle de confiance à 95 % ou incertitude élargie = 1.96 fois l'écart type)

Ces deux estimations sont donc compatibles, les barres d'erreurs se recouvrant partiellement.

La base 5043 de Clermont et des bases voisines, 7019, Clermont – Chambre de commerce, 7015, Orcines et 9200 (sommet du Puy-de-Dôme), ont été également réoccupées par le BRGM, en 2001 (Debeglia et Dupont, 2002), et par l'IGN avec le gravimètre absolu A10, en 2005 (Communication personnelle de T. Gattacceca). Pour ces 4 points, les valeurs obtenues en 2001, référencées sur les bases absolues récentes d'Orléans, de l'Aigoual et de Montpellier, étaient inférieures à la valeur RGF 83. Il en est de même des mesures absolues réalisées en 2005 par l'IGN (**Tableau A3-1**). D'après ces mesures, il semble donc que, dans la région de Clermont, les valeurs RGF83 sont surestimées de l'ordre d'une centaine de  $\mu$ Gal.

Bases	g RGF83 (mGal)	g BRGM2001 (mGal)	g absolu 2005 (mGal)
5043 (Clermont – IPG)	980556.962	980556.846	980556.8831
7019 (Clermont – Chambre de commerce)	980565.169	980565.090	980565.1147
7015 Orcines	980489.141	980489.004	980488.9824
9200 (Puy-de-Dôme – pilier granite)	-	980341.967	980341.9593

**Tableau A3-1- Comparaison des valeurs RGF83 de 4 bases de la région de Clermont avec les résultats des mesures relatives faites par le BRGM en 2001 et des mesures absolues réalisées par l'IGN en 2005**

Les bases de Lempdes et Issoire sont des bases CGF65 qui ont été réoccupées lors de l'établissement du réseau RGF83 de deuxième ordre. La valeur initiale dans le système CGF de ces bases peut être convertie en RGF83 en utilisant la formule de passage générale du CGF vers le RGF. L'incertitude de cette estimation dépend de l'incertitude sur l'établissement des bases CGF65 et de l'incertitude sur la formule de conversion et n'est pas connue avec précision. La réoccupation de ces bases a fourni une valeur RGF83 plus précise, l'incertitude élargie moyenne de ce réseau étant estimé à 0.08 mGal. Pour estimer un éventuel biais de la carte gravimétrique ou des stations de mesure de la banque gravimétrique française, c'est cependant l'écart avec la valeur CGF, reconvertie en RGF qui doit être examinée, puisque la carte gravimétrique de France est référencée par rapport au réseau CGF65.

Les liaisons 2005 réalisées avec les gravimètres CG3 et CG5 ont été compilées indépendamment en utilisant comme référence la valeur de g à Clermont dans le système

RGF83 (**Tableau A3-2**), puis la valeur de g à Clermont dans le système IGN2003 (**Tableau A3-3**). Les écarts entre les mesures effectuées avec les deux gravimètres sont faibles. Si on excepte la base IGN de Solignat A (Puy d'Ysson), où l'écart dépasse 0.5 mGal, ce qui indique des mesures très perturbées, les écarts ne dépassent généralement pas 25 µGal. Il est donc possible et plus simple pour analyser les résultats de travailler sur la valeur moyenne des mesures faites avec les 2 gravimètres CG3 et CG5 (**Tableau A3-4**).

Base	g-cg3	Inc	g-cg5	Inc	STATION N nement	Valeur référence	Ref	Inc-ref	Valeur CGF recalculée en RGF
Lempdes	980567.683	0.063	980567.696	0.062	2	980567.705	RGF83	0.08	980567.793
Issoire	980544.763	0.063	980544.789	0.063	2	980544.783	RGF83	0.08	980544.809
Solignat-a	980442.793	0.064	980442.276	0.063	1	980442.209	IGN2003	0.04	***
Pontgibaud	980519.382	0.062	980519.390	0.063	1	980519.393	RGF83	0.08	***
Bromont- Lamothe	980497.169	0.065	980497.186	0.064	2	***	***	***	980497.148
Pontaumur	980538.824	0.064	980538.835	0.064	2	980538.84	RGF83	0.08	980542.586
Combréssol-a	980487.356	0.063	980487.351	0.063	1	980487.311	IGN2003	0.044	***

**Tableau A3-2 – Liaisons autour de Clermont-Ferrand - Ajustement sur la valeur de g à Clermont-Ferrand dans le système RGF83 : valeurs de g et incertitudes en mGal obtenues en compilant indépendamment les liaisons au CG3 et au CG5**

Base	g-cg3	Incerti tude	g-cg5	Incerti tude	STATION N nement	Valeur référence	Ref	Incerti tude-ref	Valeur CGF recalculée en RGF
Lempdes	980567.615	0.063	980567.628	0.062	2	980567.705	RGF83	0.08	980567.793
Issoire	980544.695	0.063	980544.721	0.063	2	980544.783	RGF83	0.08	980544.809
Solignat-a	980442.725	0.064	980442.208	0.063	1	980442.209	IGN2003	0.04	***
Pontgibaud	980519.315	0.062	980519.322	0.063	1	980519.393	RGF83	0.08	***
Bromont- Lamothe	980497.101	0.065	980497.118	0.064	2	***	***	***	980497.148
Pontaumur	980538.756	0.064	980538.768	0.064	2	980538.84	RGF83	0.08	980542.586
Combréssol-a	980487.288	0.063	980487.283	0.063	1	980487.311	IGN2003	0.044	***

**Tableau A3-3 - Liaisons autour de Clermont-Ferrand - Ajustement sur la valeur de g à Clermont-Ferrand dans le système IGN 2003 RGF83 : valeurs de g et incertitudes en mGal obtenues en compilant indépendamment les liaisons au CG3 et au CG5**

Base	g-moy-ref- BRGM	Ecart	g-moy-ref- IGN	Ecart	Station nement	Valeur référence	Ref	Incerti tude-ref	Valeur CGF recalculée en RGF
Lempdes	980567.689	0.006	980567.621	0.006	2	980567.705	RGF83	0.08	980567.793
Issoire	980544.776	0.013	980544.708	0.013	2	980544.783	RGF83	0.08	980544.809
Solignat-a	980442.535	0.259	980442.467	0.259	1	980442.209	IGN2003	0.04	***
Pontgibaud	980519.386	0.004	980519.318	0.004	1	980519.393	RGF83	0.08	***
Bromont- Lamothe	980497.177	0.008	980497.109	0.008	2	***	***	***	980497.148
Pontaumur	980538.83	0.006	980538.762	0.006	2	980538.84	RGF83	0.08	980542.586
Combréssol-a	980487.353	0.002	980487.285	0.002	1	980487.311	IGN2003	0.044	***

**Tableau A3-4 – Liaisons autour de Clermont-Ferrand - Moyennes des liaisons au CG3 et au CG5 : valeurs de g et écart à la moyenne en mGal**

Ces valeurs moyennes ont été ensuite comparées aux références existantes, IGN2003<sup>1</sup>, RGF83 ou CGF (**Tableau A3-5**) :

- À Solignat A, l'écart avec la mesure réalisée par l'IGN en 2003 est de 258  $\mu$ Gal, si la compilation est effectuée avec la valeur IGN de la base de Clermont. Cet écart est difficile à expliquer. Une différence d'implantation entre le point stationné et le point RBF est improbable car il faudrait une différence d'altitude de plus d'un mètre pour provoquer cet écart. Par ailleurs les points intermédiaires, Lempdes et Issoire semblent correctement estimés (respectivement 16 et 7  $\mu$ Gal de différences avec les valeurs RGF). Le plus probable est que les mesures sur le Puy d'Ysson aient été fortement perturbées, sans doute par le vent, ce que montrent les résultats discordants des deux gravimètres. On peut remarquer cependant que la valeur obtenue au CG5 est très proche de la valeur IGN (**Tableau A3-3**). C'est donc probablement la mesure au CG3 qui a été la plus affectée par les intempéries.
- Les valeurs obtenues à Lempdes et Issoire, en se calant sur la valeur IGN à Clermont, sont respectivement 84 et 75  $\mu$ Gal en dessous des valeurs RGF83. Elles sont également inférieures, respectivement de 172 et 101  $\mu$ Gal, aux valeurs CGF65.

**Quoiqu'il en soit, l'écart de 7 mGal entre la mesure faite par l'IGN au Puy d'Ysson et l'estimation de g en ce point à partir des stations de la banque gravimétrique, ne peut être dû à une distorsion des réseaux de bases, qui sont validés par les présentes mesures, au moins à quelques dizaines de  $\mu$ Gal près pour le RGF et à quelques centaines de  $\mu$ Gal pour le CGF et pour la base IGN de Solignat A.**

**En conséquence, cet écart est certainement attribuable à la présence, à proximité du point de mesure, de forts effets topographiques causés par le relief volcanique du Puy d'Ysson, combinés avec un gradient vertical anormal, dû à la lithologie particulière de ce relief, effets non pris en compte par la procédure VALIDG.**

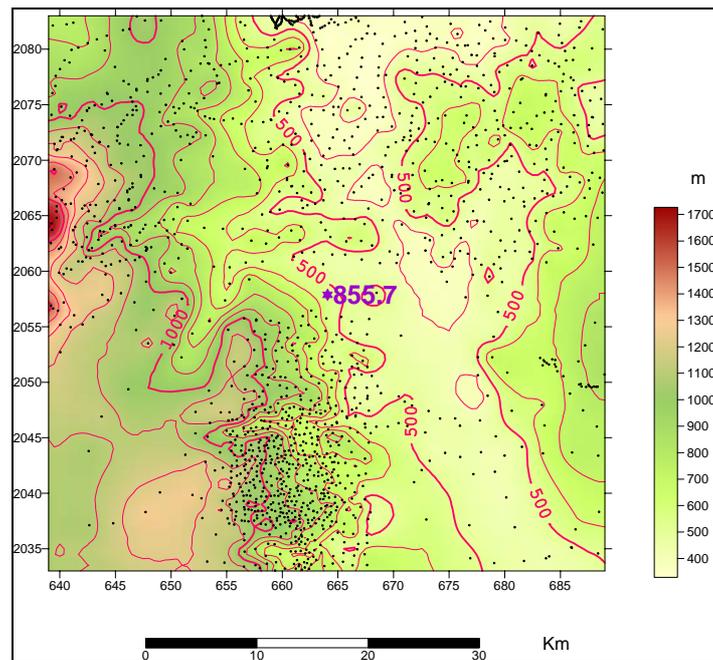
Bases	Référence à Clermont	Ecart avec référence IGN (mGal)	Ecart avec référence RGF83 (mGal)	Ecart avec référence CGF65 (mGal)
Solignat-a	IGN	0.258	***	***
Combressol-a	IGN	-0.026	***	***
Solignat-a	RGF83	0.326	***	***
Combressol-a	RGF83	0.042	***	***
Lempdes	IGN	***	-0.084	-0.172
Issoire	IGN	***	-0.075	-0.101
Pontgibaud	IGN	***	-0.074	***
Bromont-Lamothe	IGN	***	-0.038	-0.038
Pontaurmur	IGN	***	-0.078	***
Lempdes	RGF83	***	-0.016	-0.104
Issoire	RGF83	***	-0.007	-0.032
Pontgibaud	RGF83	***	-0.006	***
Bromont-Lamothe	RGF83	***	***	0.029
Pontaurmur	RGF83	***	-0.010	***

**Tableau A3-5 – Liaisons autour de Clermont-Ferrand – Ecart en mGal avec les références IGN2003, RGF83 et CGF65**

<sup>1</sup> Les mesures IGN sont généralement ramenées à la hauteur du repère, tandis que les mesures BRGM sont rapportées au sol (ou à l'altitude du support du gravimètre). Pour les besoins de la comparaison, les valeurs indiquées par l'IGN ont été, si nécessaire, également ramenées au sol par application d'une correction d'altitude calculée avec un gradient vertical de 0.3 mGal/m.

Une extraction des points de la banque gravimétrique situés à proximité du site du Puy d'Ysson (dans un rayon de 25 km) montre :

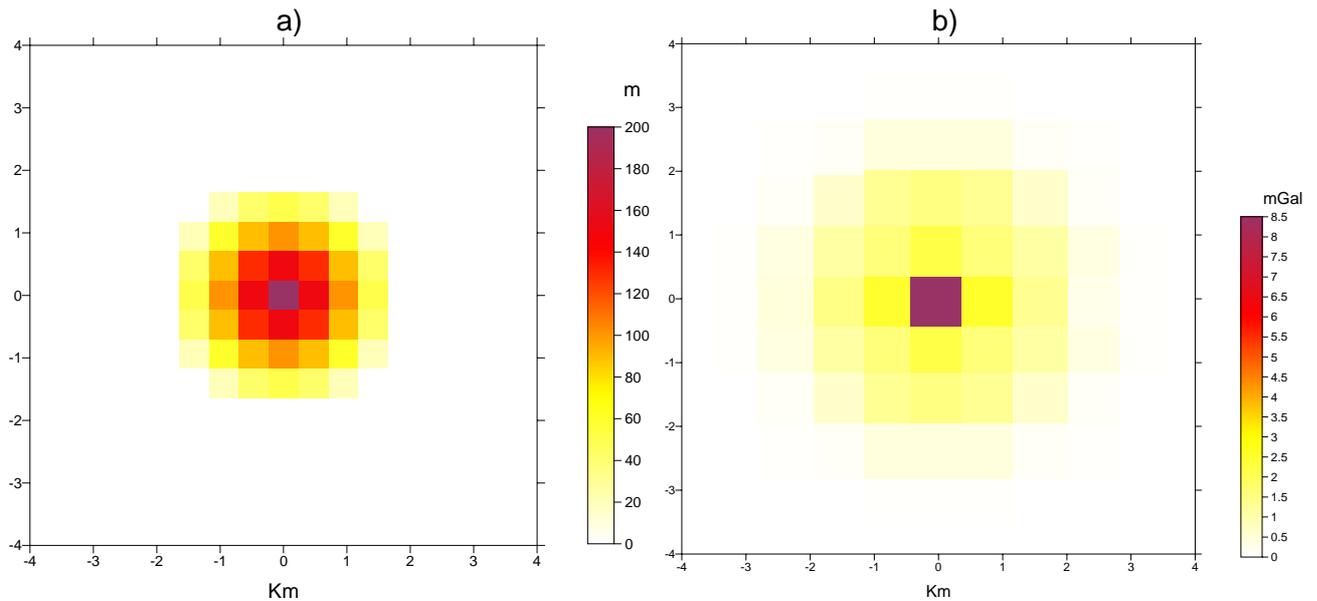
- la position en net surplomb de la station Puy d'Ysson, par rapport aux stations environnantes (**Figure A3-2**),
- que les corrections topographiques calculées pour les stations de la banque varient de 0 à 17 mGal, et ne peuvent donc pas être négligées lors de la procédure de prédiction par VALIDG.



**Figure A3-2 - Topographie des stations gravimétriques situées à proximité du point RBF 6342201 (Puy d'Ysson) et altitude de ce point.**

La correction topographique, estimée pour un relief conique de 2 km de diamètre et 200 m de haut (**Figure A3-3-a**), serait de l'ordre de 8.5 mGal (**Figure A3-3-b**). Cet effet topographique est du même ordre que l'écart de prédiction de 10 mGal obtenu au Puy d'Ysson.

Ceci confirme qu'en ce point, la comparaison de la mesure IGN avec la carte gravimétrique CGF65, nécessite que l'effet topographique soit pris en compte aussi précisément que possible.



**Figure A3-3 – a) Topographie synthétique d'un cône de 2 km de diamètre et 200 m de haut, b) Effet gravimétrique (mGal) induit par le relief en un point situé au sommet.**

### Base IGN 1905801 a - Combressol I

Cette base (**Figure A3-4**) est située en Corrèze (19), entre Ussel et Egletons, à proximité de la RN 89, dans un contexte topographique peu accentué. L'écart indiqué par la procédure VALIDG avec la banque gravimétrique était de 8.8 mGal.

Cette base a été rattachée à la base de Clermont grâce aux liaisons suivantes réalisées le 17 juin :

**Clermont** – cave IPG (5043) -> Pontgibaud (2139) -> Bromont-Lamothe (1854) -> Pontaumur (789/2138) -> **1905801** -> Pontaumur -> Bromont -> Pontgibaud -> **Clermont**

Les mesures ont été compilées comme pour la base précédente (**Tableaux A3-2 à A3-5**).

La base de Pontaumur est une base CGF65 réoccupée lors de l'établissement du réseau RGF83 de deuxième ordre. On y dispose donc de deux valeurs de référence, la valeur RGF83 et la valeur CGF convertie en RGF. La base de Pontgibault est une base RGF83. La base de Bromont-Lamothe est une base CGF65 non réoccupée ultérieurement.

Pour l'ensemble de ces liaisons les écarts entre les estimations CG3 et CG5 ne dépassent pas 16  $\mu$ Gal.

L'estimation de g à la base de Combressol A par rattachement à la valeur IGN de Clermont ne diffère que de 26  $\mu$ Gal de la valeur indiquée par l'IGN (**Tableau A3-5**). Les valeurs obtenues aux 3 bases intermédiaires sont également parfaitement compatibles avec les valeurs RGF83 et CGF65. Comme précédemment, et si on se cale sur la valeur IGN à Clermont, ces bases sont entre 38 et 75  $\mu$ Gal en dessous des valeurs RGF83. Elles sont également inférieures d'une centaine de  $\mu$ Gal aux valeurs

CGF65. Ces mesures confirment que, dans la région de Clermont, les données de la banque gravimétrique doivent être surestimées d'environ une centaine de  $\mu\text{Gal}$ .

Ces différences n'expliquent cependant pas l'écart entre la mesure IGN à Combressol et l'estimation par VALIDG. Cet écart ne peut pas non plus s'expliquer par la topographie relativement peu contrastée. On a donc examiné les stations de la banque gravimétrique situées à proximité de la base de Combressol, ce qui a permis de mettre en évidence un point très fortement erroné (**Figure A3-5**) qui fausse obligatoirement l'estimation. **Dans l'avenir, la procédure VALIDG devrait comporter quelques tests élémentaires de validité des stations prises en compte dans le calcul.**



Réseau Géodésique Français

*Service Géodésie Nivellement*

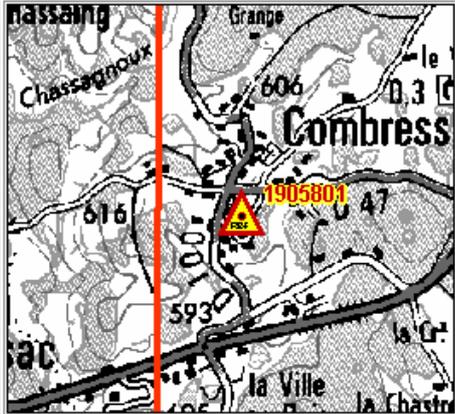
*Site géodésique*

## COMBRESSOL I

<i>Département</i>	CORREZE ( 19 )	N° Site: <b>1905801</b>
<i>Commune</i>	COMBRESSOL	
<i>Lieu-dit</i>	A l'Aure	site NTF d'ordre 4 - site RBF



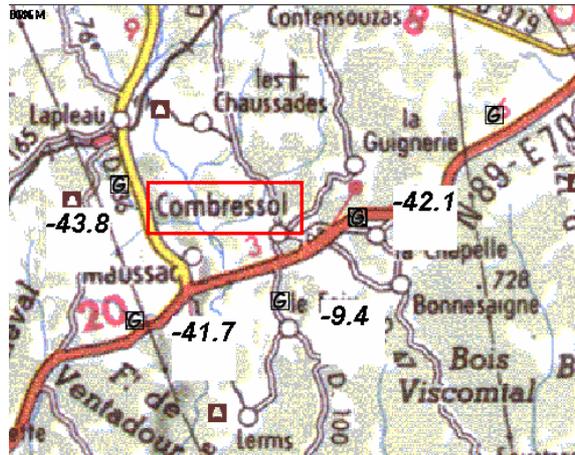
Azimut de la prise de vue : 80 gr



Extrait de la carte n° 2333  
BORT-LES-ORGUES

Points du site : ( Cliquez sur la désignation des points ci-dessous pour obtenir les coordonnées )	
( A )	<a href="#">Borne 1956 en granit gravee IGN : Repere hemispherique 1994 en laiton de 12 mm de diametre</a>
( B )	<a href="#">Clocher : Centre croix</a>
( C )	<a href="#">Clocher : Centre boule</a>
( D )	<a href="#">Eglise : Repere 1956 en fer scelle dans le seuil de l'entree principale</a>

**Figure A3-4 - Description de la base Combressol (d'après fiche géodésique de l'IGN).**



**Figure A3-5 – Anomalie de Bouguer aux stations gravimétriques situées à proximité de la base de Combressol. Une des stations utilisées pour la prédiction dans VALIDG est fortement erronée.**

### **Bases IGN 3033906 a - Valleraugue 06 et Fontaine Aigoual :**

La base de Valleraugue (**Figure A3-6**) est située dans le Gard (30) sur la tour de l'observatoire localisé au sommet de l'Aigoual. Un écart de 5.6 mGal y a été calculé par VALIDG.

La base de Fontaine Aigoual est une base intermédiaire non-monumentée, située sur la route D986, entre Valleraugue et l'Aigoual. L'écart noté avec l'estimation par VALIDG y est de 11 mGal.

Ces bases ont été rattachées aux bases absolues de Montpellier et de l'Aigoual grâce aux liaisons suivantes réalisées le 20 juin:

**Montpellier pilier SE absolue -> Ganges (1425) -> Le Vigan (1250) -> Fontaine Aigoual -> 3033906-> Aigoual absolue -> 3033906-> Fontaine Aigoual -> Le Vigan (1250) -> Ganges (1425) -> Montpellier**

Les bases Ganges et le Vigan sont des bases CGF65 non réoccupées en RGF83.

Les valeurs de référence utilisées sont les suivantes :

- Montpellier pilier SE (Salle de Géophysique de l'université de Montpellier) :  $980487.137 \pm 0.004$
- Aigoual (Salle des ruches du musée de la météorologie) :  $980175.768 \pm 0.004$

Les mesures des deux gravimètres ont été compilées séparément, puis moyennées (**Tableau A3-6**). Les différences entre les valeurs de g résultant des mesures des deux gravimètres restent, pour toutes les bases de ce tableau, inférieures à 30  $\mu$ Gal.

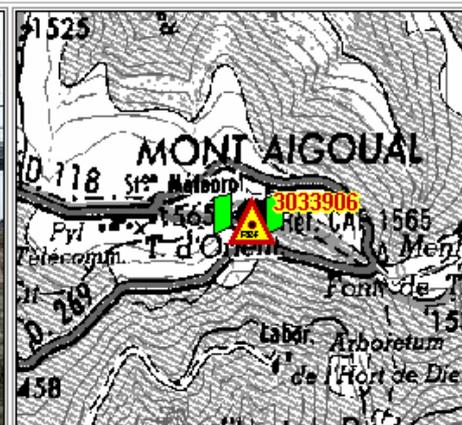
Les écarts par rapport aux valeurs de référence, IGN, RGF et CGF ont été ensuite calculés (**Tableau A3-7**).

## VALLERAUGUE VI

Département :	GARD ( 30 )	N° Site: <b>3033906</b>
Commune :	VALLERAUGUE	
Lieu-dit :	MONT-AIGOUAL	site NTF d'ordre 1 - site RBF



Azimut de la prise de vue : 190 gr



Extrait de la carte n° 2640  
MEYRUEIS

Points du site : ( Cliquez sur la désignation des points ci-dessous pour obtenir les coordonnées )

( A )	Tour de l'observatoire : Machicoulis : Repere Ouest 1956 en bronze GM
( B )	Tour de l'observatoire : Machicoulis : Repere Sud 1956 en bronze GM
( C )	Tour de l'observatoire : Machicoulis : Repere Nord 1956 en bronze GM
( D )	Tour de l'observatoire : Machicoulis : Repere Est 1956 en bronze GM



Azimut de la prise de vue : 315 gr

Figure A3-6 - Description de la base Valleraugue (d'après fiche géodésique de l'IGN)

Bases	gmoy	ecart	Stationnement	Valeur référence	Ref	Incertitude-ref	Valeur CGF recalculée en RGF
Ganges	980468.958	0.006	2	***	***	***	980469.078
Le-Vigan	980443.554	0.008	2	***	***	***	980443.650
Fontaine-Aigoual	980294.825	0.015	2	980294.943	IGN2003	0.023	***
Valleraugue-a	980168.5995	0.008	2	980168.707	IGN2000	0.024	***
Gemenos	980445.869	0.013	1	***	***	***	980446.183
Ollioule	980460.513	0.004	1	***	***	***	980460.799
Le-Revest-a	980357.647	0.015	1	***	Le-Revest-g	***	***
Brignoles	980426.133	0.005	2	***	***	***	980426.302
Le-Cannet	980463.490	0.003	2	980463.589	RGF83	0.08	980463.652

**Tableau A3-6 – Liaisons autour de l’Aigoual et dans le Sud-Est - Moyennes des liaisons au CG3 et au CG5 : valeurs de g et écart à la moyenne en mGal**

Bases	Ecart avec référence IGN (mGal)	Ecart avec référence RGF83 (mGal)	Ecart avec référence CGF65 (mGal)
Ganges	***	***	-0.119
Le-Vigan	***	***	-0.097
Fontaine-Aigoual	-0.118	***	***
Valleraugue-a	-0.107	***	***
Gemenos	***	***	-0.327
Ollioule	***	***	-0.286
Le-Revest-a	***	***	***
Brignoles	***	***	-0.167
Le-Cannet	***	-0.098	-0.161

**Tableau A3-7 – Liaisons autour de l’Aigoual et dans le Sud-Est - Ecart en mGal avec les références IGN2003, RGF83 et CGF65**

Sur les deux sites de l’IGN, proches du sommet de l’Aigoual, les valeurs résultant du présent rattachement sont inférieures d’une centaine de  $\mu\text{Gal}$  aux valeurs données par l’IGN. La compensation du réseau IGN ayant été réalisée avec un seul point fixe, celui de Montpellier, on peut estimer qu’une incertitude de 100  $\mu\text{Gal}$  au sommet de l’Aigoual (différence d’altitude par rapport à Montpellier de 311.34 m) est possible. En effet cela correspondrait à une incertitude relative sur la liaison Montpellier-Aigoual égale à :

$0.100/311.340 = 3.10^{-4}$ , incertitude compatible avec l’ordre de grandeur des incertitudes admissibles sur les coefficients d’étalonnage. Le résultat des liaisons BRGM utilisant deux points fixes de référence, Montpellier et Aigoual, pourrait donc être plus fiable. A noter cependant que lors de la compensation du réseau, l’IGN avait obtenu pour la base absolue de l’Aigoual laissée libre, une valeur ne différant que de 14  $\mu\text{Gal}$  de la valeur absolue ce qui semble indiquer une faible incertitude sur l’étalonnage utilisé.

Aux bases CGF65, Ganges et Le Vigan, on observe un écart d’une centaine de  $\mu\text{Gal}$ , les valeurs CGF étant surestimées par rapport aux nouvelles mesures. Il se peut cependant que cet écart ne soit pas significatif, compte-tenu de l’incertitude sur le réseau CGF et sur la conversion CGF vers RGF83. Cependant, il faut noter qu’il est comparable à ce qui a été observé dans la région de Clermont-Ferrand.

Il résulte de ces liaisons que tant les valeurs des bases IGN que celles des bases CGF sont valides à quelques 100  $\mu\text{Gal}$  près. Les écarts de 5 à 11 mGal présumés d’après la procédure VALIDG entre les nouvelles bases IGN et les stations de la banque gravimétrique sont donc probablement, comme dans le cas du Puy d’Ysson,

imputables à des effets topographiques qui n'ont pas été pris en compte par la procédure.

---

**Base IGN 3417501 b Moureze I (Clermont l'Hérault):**

Cette base n'a pu être rattachée, car non accessible du fait de travaux.

---

**Base IGN 8310301 a - Le Revest-les-Eaux**

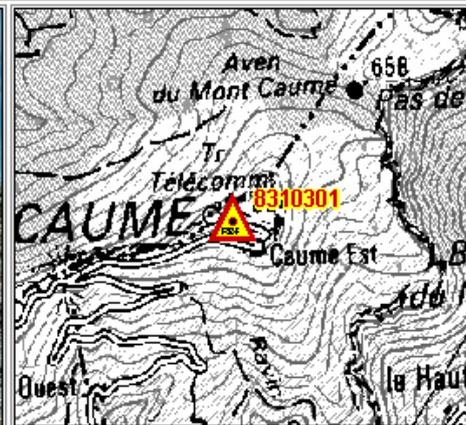
Cette base (**Figure A3-7**) est située dans le Var (83), au nord de Toulon et comporte deux sites de mesures, l'un situé au sommet du Cap Gros (points a, b, c, d), l'autre situé au sommet du mont Caumes (points e, f, g, h, i, j). Un écart de 13 mGal y a été calculé par VALIDG. Les tableaux des points stationnés font tous référence au point « a » et c'est donc ce point que nous avons réoccupé.

## LE REVEST-LES-EAUX I

Département :	VAR (83)	N° Site: <b>8310301</b>
Commune :	EVENOS	
Lieu-dit :	LE MONT CAUMES	site NTF d'ordre 2 - site RBF



Azimut de la prise de vue : 25 gr



Extrait de la carte n° 3346  
TOULON

Points du site : ( Cliquez sur la désignation des points ci-dessous pour obtenir les coordonnées )	
( A )	Rocher sommital : Repere hemispherique 1993 en inox de 25 mm de diametre
( B )	Rocher nord-ouest : Repere hemispherique 1993 en inox de 12 mm de diametre
( C )	Rocher nord-est : Repere hemispherique 1993 en inox de 12 mm de diametre
( D )	Rocher sud : Repere hemispherique 1993 en inox de 12 mm de diametre

**Figure A3-7 - Description de la base Le Revest-les-Eaux (d'après fiche géodésique de l'IGN).**

Cette base a été rattachée à la base absolue de Marseille grâce aux liaisons suivantes réalisées le 22 juin :

**Marseille absolue** -> Gemenos (1464) -> Ollioules (1831) -> **8310301 a** et retour

La valeur de référence utilisée pour la base de Marseille correspond à une mesure absolue, effectuée par l'EOST en 2001 et est la suivante :

Marseille :  $980456.106 \pm 0.004$

Les bases de Gemenos et d'Ollioule sont des bases CGF65 non réoccupées.

Les mesures des deux gravimètres ont été compilées séparément, puis moyennées (**Tableau A3-6**) et les écarts par rapport aux valeurs de référence, IGN, RGF et CGF ont été ensuite calculés (**Tableau A3-7**).

A la base 8310301-a, on observe un fort écart entre la valeur résultant de la compilation de ces liaisons et la valeur indiquée par l'IGN. Après vérification des coordonnées, il s'est avéré que l'IGN avait occupé non pas le site a, mais le site g, ce qui explique cette différence mais rend toute comparaison impossible.

A la base de Gemenos, on observe un écart de 327  $\mu\text{Gal}$ , la valeur CGF étant surestimée par rapport à la valeur résultant des nouvelles liaisons. F. Dupont a noté que cette base a été modifiée, un dallage ayant été réalisé. L'altitude du point a donc pu changer. Cependant, il faudrait une différence d'altitude de plus de 1,5 m pour expliquer un tel écart, ce qui est très improbable.

**L'écart de plus de 300  $\mu\text{Gal}$  observé à Gemenos est donc probablement significatif. La valeur CGF de la base d'Ollioule semble également surestimée de presque 300  $\mu\text{Gal}$  par rapport à la valeur calculée à l'issue de ces liaisons. D'autres mesures seraient nécessaires pour savoir si ces écarts correspondent à des erreurs ponctuelles ou s'ils sont dus à un biais systématique du réseau CGF dans ce secteur.**

---

### Base IGN 8306501 a - Gassin 01

Cette base n'a pu être rattachée, car non accessible, le terrain étant clôturé (terrain militaire). La durée de la mission était par ailleurs trop courte pour qu'une autorisation d'accès soit obtenue à temps. Les liaisons suivantes ont cependant été réalisées le 23 juin :

**Marseille absolue** -> Brignoles (1833) -> Le Cannet-des-Maures (1468/2150) et retour

La base de Brignoles est une base CGF65 non réoccupée. La base du Cannet-des-Maures est une base CGF réoccupée en RGF.

Les mesures des deux gravimètres ont été compilées séparément, puis moyennées (**Tableau A3-6**) et les écarts par rapport aux valeurs de référence, IGN, RGF et CGF ont été ensuite calculés (**Tableau A3-7**).

**La compilation de ces liaisons semble indiquer que dans ce secteur également, les valeurs CGF sont surestimées, de 167  $\mu\text{Gal}$  à Brignoles et de 161  $\mu\text{Gal}$  au Cannet-des-Maures. La valeur RGF serait également surestimée, de 98  $\mu\text{Gal}$ , au Cannet. Cette dernière estimation est cependant peu significative car inférieure à la somme des incertitudes sur les deux réseaux (80 $\mu\text{Gal}$  pour le RGF et de l'ordre d'une vingtaine de  $\mu\text{Gal}$  pour les présentes liaisons).**

---

### Base IGN04144B - La Palud-s-Verdon B

Les liaisons projetées n'ont pu être réalisées faute de temps. Pour mémoire, ces liaisons étaient les suivantes :

**Calern absolue** -> Seranon (1483 et/ou 1474) -> Comps (1482) -> Trigances (1485) -> **044144 b** et retour

## **ANNEXE 4 – COMPTE-RENDU DE SEANCE DU COMITE DE COORDINATION 2005 DU BGI**

### **Minutes de la réunion du Comité de Coordination du BGI du 18/01/2005**

Présents : J.-P. Barriot (BGI), B. Langellier (BGI), H. Duquenne (LAREG/IGN), M. Diament (IPG), N. Florsch (MEN), J. Hinderer (EOST), S. Bonvalot (IRD), M.-F. Lalancette (SHOM), P. Ultré-Guérard (CNES), G. Balmino (GRGS), G. Martelet (BRGM), O. Jamet (LAREG/IGN), J.J. Walch (GRGS), M. Menvielle (CNFGG).

#### 1/ Rapport d'activité du BGI

Le rapport des activités du BGI en 2003-2004, donné en annexe, est lu par le Directeur du BGI, J.P. Barriot, et approuvé par le Comité. J.P. Barriot souligne qu'environ un million de nouveaux points gravimétriques sont en cours d'intégration, grâce à un très gros effort de collecte. En ce qui concerne le scannage et la mise en ligne Internet de la cartothèque du BGI, le Comité recommande que les cartes les plus précieuses soient transférées aux archives de l'IGN (soit à Saint-Mandé soit à IGN-Espace à Toulouse) afin d'assurer leur préservation à terme.

Le projet d'acquisition aérogravimétrique sur la Mer Ligure est aussi commenté et des précisions sur les coûts sont demandées. J.P. Barriot précise que ces coûts sont une fonction directe du type d'avion utilisé et de l'importance du levé. La flotte actuelle de l'INSU est d'autre part peu adaptée, l'ATR42 étant surdimensionné, et le Falcon 500 trop rapide. Une correction complète de l'accélération verticale induite par les mouvements de l'avion sur le gravimètre impliquerait la mise en place de cinq récepteurs GPS sur l'avion, ce qui est compliqué et cher (problèmes de re-certification de l'avion après la modification). J.P. Barriot précise que tous ces points (y compris la nécessité d'une modélisation de l'attitude de l'avion) sont en cours d'étude, et qu'un dossier complet sera transmis pour évaluation au Comité TOSCA. H. Duquenne réaffirme l'intérêt de l'IGN pour ce type de mesure, et indique que le système d'acquisition accélérométrique développé par l'ESGT et l'IGN pourrait être utilisé en complément lors de ces vols. Une demande d'utilisation de moyens techniques sera transmise à l'INSU dès que possible. M. Diament rappelle la difficulté à financer ce type de campagne d'acquisition dans le cadre des budgets actuels.

#### 2/ Discussion sur le maintien du BGI en France.

Le Comité réaffirme que le Bureau Gravimétrique International doit être soutenu par la communauté française en géodésie et en géophysique, par son rôle unique, à caractère public et international, de base de données gravimétriques, et de vitrine de l'activité scientifique française. Il rappelle qu'il s'agit d'une conclusion unanime du Comité d'audit du BGI, qui s'est réuni en 2004, et qui est joint en annexe, et qu'un tel maintien implique que des ressources adéquates, en moyens humains et financiers, soient allouées au BGI.

#### 3/ Discussion sur la Convention définissant les moyens de fonctionnement du BGI

J.P. Barriot lit le projet de Convention tel qu'il l'a transmis aux membres du Comité avant cette réunion. De nombreuses modifications y sont alors apportées, article après article (elles sont données dans le projet joint en annexe). O. Jamet précise que l'IGN ne souhaite plus de conventions reconductibles par tacite reconduction si elles font apparaître des implications financières, mais précise que ce n'est apparemment pas le cas de celle du BGI.

J.P. Barriot indique qu'une solution pratique serait de réduire la portée de la Convention à deux ans, et sa durée de dénonciation à trois mois. O. Jamet informe que la Direction de l'IGN envisage de ne pas remplacer l'ingénieur IGN affecté au BGI après le départ en retraite de celui-ci ; il demande alors qu'elle serait la position du Comité et des autres intervenants de la Convention si l'IGN retirait effectivement son soutien en

moyens humains. P. Ultré-Guérard répond que le CNES y verrait sans aucun doute un signe très négatif. Le Comité se félicite alors du rôle de l'IGN dans le BGI, souligne son importance cruciale, et souhaite le voir se poursuivre. J.P. Barriot précise que le rôle de l'ingénieur IGN actuellement en poste est central, car c'est lui qui gère la base de données gravimétriques. La suppression de ce poste porterait bien évidemment un coup très dur au BGI. J.P. Barriot précise qu'une description précise des fonctions du personnel du BGI sera incluse dans le projet de Convention. Le Comité de Coordination demande à J.P. Barriot de mentionner explicitement tous ces points dans les minutes. O. Jamet précise que l'IGN prendra sa décision en Avril 2005, et que tout élément de soutien doit lui être transmis avant cette date. Il précise aussi que le LAREG soutient fortement l'implication de l'IGN dans le BGI. Le Comité demande à N. Florsch qu'une lettre d'appui du Ministère de l'Education et de la Recherche soit transmise à l'IGN.

La réunion du Comité est levée à 16 h.

Le Secrétaire de Séance,  
J.P. Barriot

## ANNEXE 5 – COMPTE-RENDU DE LA REUNION DE PROSPECTIVE "POLE DE COMPETENCE NATIONAL EN GRAVIMETRIE"



CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES  
juin 2005

PARIS, le 10

DSP/OT/PUG-05/542

### CR de la réunion de « Réflexion sur un Pôle de compétence thématique en gravimétrie »

12 mai 2005, Cnes Paris

#### 1) Introduction : motivations et objectifs de la réunion par P. Ultré-Guérard (Voir planches jointes).

Les éléments de contexte à prendre en compte pour la réflexion sont les suivants :

- Les nombreuses données gravimétriques de capteurs variés (sol, air, terre, mer, espace),
- Les compétences au sein de la communauté française de l'instrumentation à l'exploitation,
- Les services existants (Bureau Gravimétrique international, Bureau FROG pour l'exploitation des données de GOCE),
- Les utilisateurs (cf communauté GDR-Géodésie-Géophysique) et les différentes applications scientifiques (hydrologie, géophysique, océanographie...),
- Les questions sur l'organisation et la visibilité de la communauté...

#### 2) Présentation générale sur les pôles de compétences thématiques inter-organismes par J.-L. Counil (voir planches jointes).

Il ne faut pas confondre le rôle des experts, chargés de produire la donnée et qui appartiennent de fait au pôle et des utilisateurs qui sont « en dehors » du pôle : les experts sont aussi des utilisateurs (il faut qu'ils trouvent leur intérêt dans le pôle !) mais ne doivent pas être les seuls pour que le système fonctionne tout à fait bien. Il est essentiel d'avoir un besoin exprimé par les utilisateurs. Tous les sujets ne se prêtent pas à faire un pôle (ex : sciences planétaires).

Dans le cas de l'observation de la Terre, il faut tenir compte de GMES (Global Monitoring for Environment and Security) dans les conditions aux limites et de la possibilité d'avoir des services à vocation plus opérationnelle au sein du GMES.

#### 3) Présentation d'un exemple concret : ICARE pour les nuages, aérosols et rayonnements, par F.-M. Bréon (voir planches jointes).

Pôle mis en place autour des missions Parasol (microsat du Cnes), Calipso (coopération Cnes/Nasa) et plus généralement des missions formant l'Aqua-Train.

Le fonctionnement :

Le pôle est régi par un certains nombres de principes (Comité directeur, Comité d'utilisateurs...). En pratique, le pôle présente une grande réactivité et souplesse par rapport à des demandes nouvelles et non prévues au départ (peut réagir dans la semaine à des requêtes soumises par email).

Ouverture, adaptation en fct des besoins : récupération de données aux USA par exemple.

Le centre de données est ouvert au monde entier : importance d'avoir un accès très facile aux données. Mais possibilité de limiter cet accès en fonction de la donnée (arborescence avec mot de passe sur certaines parties).

Des quicklooks permettent de visualiser l'essentiel de l'information (ici les nuages) pour ne pas télécharger des données inutilement.

Les activités du pôle comprennent une partie R&D et une partie plus opérationnelle sur l'archivage et la validation des données de l'A-train (Parasol et Imageur IR sur Calipso).

Les moyens :

Le pôle Icare bénéficie d'un investissement important de la région Nord, lié à l'abandon du projet Soleil dans cette région.

Pas de sous-traitance industrielle.

10 personnes au Centre de Gestion et de Traitement des Données (CGTD) (5 permanents et 5 CDD). CGTD est implanté là où sont concentrés les moyens (LOA).

Le reste est délocalisé.

FMB, responsable scientifique, n'est pas au LOA ce qui permet de limiter l'exclusivité du LOA.

Moyens fournis par : Cnes, région, CNRS, Univ. de Lille.

2 CNRS permanents (1 mobilité + 1 embauche) + 3 Universitaires (embauche ?)

#### **4) Discussion :**

On peut envisager de nombreuses variantes par rapport au modèle présenté avec ICARE. Mais il y a 2 bases essentielles à la constitution du pôle : Importance du besoin et d'un laboratoire leader.

Les experts vs les utilisateurs : on ne peut que constater qu'en gravimétrie, il y a plus d'utilisateurs de géoïde que de producteurs, la distinction doit donc pouvoir se faire assez naturellement.

#### **Point de vue des experts :**

Il faut identifier les experts dans la communauté et identifier les problèmes existants et voir comment le pôle permettrait de les résoudre et d'améliorer l'organisation de la communauté nationale. Exemple : pas de vision collective par rapport au réseau gravimétrique national. Les experts ne s'investiront pas s'ils n'ont pas d'intérêt propre dans l'affaire.

Le BGI constate une absence de comité d'utilisateurs. Il faut améliorer la procédure d'évaluation et le retour des utilisateurs de ce service.

#### **Point de vue des utilisateurs :** assez peu représentés à la réunion.

Océanographie (CLS) : intérêt très fort pour un tel pôle, y voit une amélioration potentielle de la qualité par rapport à ce qui existe déjà.

NB : Si on veut s'adresser à des utilisateurs non géodésiens, il faut leur proposer des produits qui répondent à leur besoin et ce n'est pas nécessairement un géoïde (ex : en hydrologie).

Météologie (Syrté) : Construction d'un gravimètre absolu à Trappes : ils ont besoin de la connaissance du champ et des phénomènes sur 10 ans mais ne souhaitent pas forcément s'investir dans la production de modèle. Ils se considèrent donc pas comme des experts mais bien comme des utilisateurs (autre laboratoire impliqué : LNE). Voit un intérêt à une structure coordonnée de type pôles (portail unique, compétence centralisée, label qualité...).

Ifremer : preneur d'un pôle pour faire remonter certains besoins (bathymétrie).

**Les besoins :** l'accès aux données est en général assez simple, le problème que rencontrent les utilisateurs vient plutôt du traitement et de la validation de ces données (ex : GRACE).

Comment positionner un pôle national par rapport aux projets européens comme GOCE pour lequel il existe une organisation au niveau de l'ESA ? Mais notons que la

validation à l'ESA est assurée par des géodésiens et il manque l'aspect validation géophysique ... voilà un sujet d'intérêt pour le pôle.

On ne peut plus considérer un instrument tout seul avec sa précision : Il faut associer les instrumentalistes à la démarche de pôle pour avoir une meilleure connaissance de la donnée et de ce qui peut la corrompre (exemple des trous dans les données de GRACE)...

Idem pour les données sol du parc des gravimètres relatifs par exemple : on dénombre assez peu d'utilisateurs (si on compare au GPS par ex.) parce que les mesures sont complexes et nécessitent une bonne connaissance des phénomènes et des instruments.

Il est naturel qu'il y ait des projets (de type cal/val par exemple) qui émanent du pôle, ils n'en auront que plus de poids. Il peut aussi y avoir des projets qui viennent d'ailleurs (pas de pensée unique).

A-t-on vraiment besoin d'un pôle avec ce qui est déjà fait par le Cnes (géoïdes spatiaux) et par l'IGN géoïde national précis ? Il faut étudier la question car les produits ne sont pas nécessairement que des géoïdes et même pour des produits de ce type des chercheurs s'adressent à des structures comme le GFZ.

Comment se positionne le pôle par rapport à ce qui existe déjà ?

- Groupe de Recherche Géodésie Spatiale (GRGS) : Le GRGS doit clairement faire partie des experts et s'investir dans ce pôle.

- GDR-Géodésie-Géophysique (G2) : La notion de pôle n'est pas incompatible avec la communauté G2 où se trouvent à la fois les experts géodésiens et les utilisateurs en géophysique.

- BGI et FROG sont des services qui doivent se poursuivre, mieux se coordonner et s'intégrer dans le pôle (rôle d'experts + portails vers les utilisateurs).

#### **Point de vue des organismes :**

Les organismes mettent déjà des moyens dans ces structures : il faut réfléchir à la meilleure utilisation possible de ces moyens. En effet, il ne s'agit pas de remplacer ce qui existe mais de structurer les affaires existantes et d'avoir une meilleure coordination et plus de lisibilité. Il ne s'agit pas de doubler les moyens existants mais d'accroître la masse critique.

On ne peut pas déconnecter cette notion de pôle des activités de recherche et notamment des programmes de recherche à caractère incitatif.

Il faut réfléchir à 2 aspects : l'aspect coordination des experts et l'aspect identification des besoins utilisateurs (ex modèle de gravi et hauteurs d'eau pour les hydrologues). Il faut faire un classement des priorités dans les différents besoins..

Constitution d'un groupe de rédacteur :

Michel Diamant, Jacques Hinderer, Georges Balmino, Nicolas Florsh (ne pas oublier les besoins des utilisateurs non experts).

La logique de constitution du pôle doit être la suivante :

- 1) Viser une meilleure organisation des moyens existants ;
- 2) Augmenter le nombre des utilisateurs ;
- 3) Augmenter les moyens associés si besoin.

Le problème du futur responsable scientifique (la locomotive !) est évoqué : qui est prêt à s'investir à 30% ?

Prévoir une rédaction finalisée pour fin 2005. Première version pour la rentrée 2005.

**ANNEXE 6 – COMPTE-RENDU DE LA REUNION INTERNE BRGM POUR DISCUSSION DE L'IMPLICATION DU BRGM DANS LA REALISATION D'UN NOUVEAU RESEAU GRAVIMETRIQUE DE LA FRANCE**

<b>COMPTE RENDU DE REUNION</b>	
Rédacteur : G. Martelet	Entité : CDG/MA
Projet : Banque Gravimétrique de la France - PSP05CDG51	
Objet : Réflexion Réseau Gravimétrique Français au BRGM	
Date : 24/06/2005	Lieu : Orléans
<u>Participants</u> : L. Beroud, N. Debeglia, Ph. Jousset, P. Ledru, C. Truffert, D. Vaslet, G. Martelet	
<u>Diffusion</u> : participants et D. Bonijoly, H. Fabriol, D. Bonnefoy, F. Le Lann, J.F. Sureau	

<b>RESUME ET CONCLUSIONS</b>	<b>Commentaires</b>
<p>Faisant suite à sa participation dans diverses réunions au sein de la communauté gravimétrique française, G. Martelet, en charge de la fiche SP Banque Gravimétrique de la France, avait informé (CR Journées CNES, en date du 12/05/05) les directions de programme du BRGM sur l'avancement des mesures réalisées par l'IGN, d'un équivalent de réseau gravimétrique de 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> ordre, et par l'équipe de Strasbourg, de mesures absolues de la pesanteur sur le territoire.</p> <p>G. Martelet alertait les directions sur la nécessité d'une réaction rapide du BRGM, accompagnée d'une action significative et en partenariat avec ces organismes, pour réaffirmer le BRGM dans ses prérogatives de Bureau Gravimétrique National.</p> <p>Un court texte rappelant (i) l'historique de l'implication BRGM dans les réseaux gravimétriques nationaux existants, (ii) les raisons de s'impliquer dans la réalisation du nouveau réseau, (iii) une proposition de plan d'action concertée SP-DR, (iv) un 1<sup>er</sup> chiffrage correspondant aux actions envisagées, a été transmis au préalable de la réunion à l'ensemble des participants.</p> <p>En séance, les principaux points de ce document ont été présentés et discutés.</p> <p>Ressort des discussions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un consensus général sur la nécessité pour le BRGM de conserver ses prérogatives d'organisme en charge de la gestion des données gravimétriques nationales (action SP),</li> <li>- pour qu'il en soit ainsi, alors qu'un nouveau réseau est en train de voir le jour (mesures IGN), il est indispensable que le BRGM s'investisse aux côtés de l'IGN, pour la synthèse et l'estimation précise de la précision du nouveau réseau,</li> <li>- que cette implication requiert une excellence scientifique</li> </ul>	

<p>soutenue par un volet métrologique et méthodologique, ainsi que quelques mesures complémentaires (en particulier des mesures absolues) et un minimum de validations de terrain (action DR),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- et qu'en conséquence, l'ensemble de cette action permettra (i) de conforter le rôle du BRGM en tant qu'organisme national en gravimétrie, (ii) le repositionnera au niveau européen, (iii) sera l'occasion de re-dynamiser la gravimétrie dans l'établissement, à la fois par la refonte de la carte gravimétrique de la France, et par des projets d'accompagnement (aéro-gradiométrie, suivi temporel de réservoirs, surveillance de l'envoyage des mines de fer de Lorraine ...) intéressant les thématiques finalisées.</li> </ul> <p>Au terme de la discussion, le Directeur du Service Public (L. Beroud) et le représentant de la Direction de la Recherche (P. Ledru), en présence des responsables de CDG (D. Vaslet et C. Truffert), ont donné un accord de principe pour l'implication financière des 2 directions, sur le plan d'action proposé.</p> <p>Comme signe fort de la volonté d'implication de la DR dans l'action Réseau Gravimétrique, P. Ledru a par ailleurs proposé que lui soit soumis une proposition d'actions à débiter dès 2005.</p>		
<b>ACTIONS</b>	<b>Responsable</b>	<b>Délai</b>
<p>Une proposition de projet établie sur la base des points discutés en séance devra être rédigée. Elle sera transmise à P. Ledru et L. Beroud pour visa de la DR et de DSP respectivement.</p> <p>En parallèle, les contacts au sein de l'IGN et de l'équipe de Strasbourg seront avertis dans le but d'initier une collaboration. Le document de synthèse co-signé par DR et DSP devra constituer la base de réflexion pour cette collaboration.</p> <p>Par ailleurs, des propositions d'actions à mener dès 2005 seront soumises à P. Ledru.</p>	<p>Martelet/Debeglia/Jousset</p> <p>Martelet/Debeglia</p> <p>Martelet/Debeglia/Jousset</p>	<p>Juillet</p> <p>Juillet</p> <p>fin Juin</p>

## ANNEXE 7 – FICHE SIGNALÉTIQUE DE PROJET 2006-2008 SOUMISE A DR-DSP, POUR LA PARTICIPATION DU BRGM AU NOUVEAU RESEAU ET CARTE GRAVIMETRIQUE DE LA FRANCE

### FICHE SIGNALÉTIQUE DE PROJET (2006-2008)

<b>1</b>	<b>Intitulé :</b> Nouveau Réseau Gravimétrique de la France (NRGF)																				
<b>2</b>	<p><b>Clients :</b> DR - DSP</p> <p><b>Montant BRGM prévisionnel du projet (2006 à 2008) (€HT) :</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Dont, DR (k€HT) :</th> <th style="width: 10%;">2005</th> <th style="width: 10%;">2006</th> <th style="width: 10%;">2007</th> <th style="width: 10%;">2008</th> <th style="width: 10%;">Dont, SP (k€HT) :</th> <th style="width: 10%;">2005</th> <th style="width: 10%;">2006</th> <th style="width: 10%;">2007</th> <th style="width: 10%;">2008</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>20 ?</td> <td>75</td> <td>75</td> <td>75</td> <td></td> <td>20</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	Dont, DR (k€HT) :	2005	2006	2007	2008	Dont, SP (k€HT) :	2005	2006	2007	2008		20 ?	75	75	75		20	20	20	20
Dont, DR (k€HT) :	2005	2006	2007	2008	Dont, SP (k€HT) :	2005	2006	2007	2008												
	20 ?	75	75	75		20	20	20	20												
<b>3</b>	<p><b>Services BRGM :</b> CDG - ARN</p> <p><b>Responsables :</b> G. Martelet, N. Debeglia</p> <p><b>Collaborations :</b> IGN, EOPGS, USTL, autres acteurs de la gravimétrie en France</p>																				
<b>4</b>	<p><b>Objectifs du projet :</b></p> <p>Les travaux présidés par le BRGM, sous l'égide du CNIG entre 1999 et 2000, ont montré la nécessité de réaliser un nouveau réseau gravimétrique national de précision et proposé les solutions techniques pour y parvenir.</p> <p>Pour répondre à ce qui constituait une de ses priorités, l'amélioration du géoïde national, l'IGN a entamé la mesure de stations gravimétriques co-localisées avec son réseau de nivellement de précision, le RBF, et prévoit pour 2007 l'achèvement de la couverture de la métropole en mesures compatibles avec les spécifications d'un réseau de 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> ordre.</p> <p>En parallèle, l'équipe de l'EOPGS, à Strasbourg, qui opérait le seul gravimètre absolu français (de type FG5), a réalisé plusieurs déterminations de g de haute précision sur une quinzaine de sites métropolitains qui pourraient constituer la trame d'un futur réseau fondamental.</p> <p>Historiquement, le BRGM a réalisé l'essentiel des deux réseaux gravimétriques nationaux CGF65 et RGF83. Par ailleurs, il a été constamment impliqué dans la réalisation de la carte gravimétrique de la France, tant dans la réalisation de campagnes de mesures que dans leur archivage, compilation et diffusion. La gestion des données gravimétriques nationales est d'ailleurs une mission du BRGM.</p> <p>En collaboration avec l'IGN, les Universités de Strasbourg et Montpellier ainsi que les autres acteurs de la gravimétrie en France, le BRGM souhaite tirer le meilleur parti des mesures réalisées par ces organismes pour mener à bien la réalisation du NRGF.</p> <p>S'appuyant sur son expérience en matière de réseau gravimétrique et sa connaissance de l'historique des réseaux et missions gravimétriques anciennes, le BRGM se propose de contribuer à l'établissement du NRGF, notamment, en participant à la compilation des nouvelles mesures et à la compensation du réseau, et en réalisant le rattachement des réseaux anciens, la mise à jour de la carte gravimétrique de la France, ainsi que l'archivage et la mise à disposition de l'ensemble de ces données.</p> <p><b>Délivrables :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nouveau réseau gravimétrique de la France (NRGF)</li> <li>- Nouvelle carte gravimétrique de la France</li> <li>- Articles/rapports et communications scientifiques</li> <li>- Archivage et la mise à disposition de l'ensemble de ces données</li> </ul>																				

<b>5</b>	<b>Phasage du projet</b> ( <i>principales étapes et résultats attendus pour chacune</i> ) :
<p>Le projet est initié en 2005 (demande de financement complémentaire transmis à DR 06/2005) et son déroulement est prévu sur 3 ans (2006 à 2008). Les tâches génériques suivantes sont identifiées :</p> <p>T1 – Métrologie.  T2 – Analyse / synthèse de données.  T3 – Acquisition de données (liaisons gravimétriques).  T4 – Intégration des données et calculs.  T5 – Développements méthodologiques (réseau, MàJ carte gravimétrique).  T6 – Publication des développements méthodologiques et des résultats.  T7 – Archivage et mise à disposition.  T8 – Transfert de compétences.  T9 – Sous-traitance mesures fondamentales (FG5 Strasbourg / Montpellier).</p>	

<b>6</b>	<b>Chronogramme simplifié</b>
----------	-------------------------------

Principaux objectifs	2006				2007				2008			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nouveau réseau gravimétrique de précision</b>												
Données/calculs	T2		T3	T4	T2		T3	T4	T4			
Méthodes			T1/T5		T1/T5							
Valorisation			T6				T6		T7		T6/T7	
Divers	T8/T9				T8/T9							
<b>Nouvelle carte gravimétrique de la France</b>												
Données/calculs					T2		T3	T4	T2/T4			
Méthodes			T5		T1/T5				T5			
Valorisation							T6				T6/T7	
Divers					T8				T8			

T1, T2

Tâches 1,2, ...

Programmé sur la période

**ANNEXE 8 – COMPTE-RENDU DE LA REUNION DE CONCERTATION  
BRGM-IGN-EOST-LDL-IPGP-EPSHOM-BGI POUR L'IMPLICATION DU  
BRGM DANS LA REALISATION D'UN NOUVEAU RESEAU  
GRAVIMETRIQUE DE LA FRANCE**

<b>COMPTE RENDU DE REUNION</b>	
Rédacteur : G. Martelet	Entité : CDG/MA
Projet : Metphy - PDR05CDG03	
Objet : Concertation inter-organismes actions Réseau Gravimétrique de la France	
Date : 21/11/2005	Lieu : SGF Paris
<p><u>Participants</u> : N. Debeglia (BRGM), M. Diament (IPGP), F. Duquenne (IGN), H. Duquenne (IGN), J. Hinderer (EOST), O. Jamet (IGN), M.F. Lequentrec-Lalancette (EPSHOM), N. Le Moigne (LDL), G. Martelet (BRGM), M. Sarrailh (BGI)</p> <p><u>Excusés</u> : R. Bayer (LDL), J.P. Barriot (BGI)</p> <p><u>Diffusion</u> : participants, excusés, P. Ledru, L. Beroud, C. Truffert, D. Vaslet, H. Modaresi, H. Fabriol, Ph. Jousset</p>	

<b>RESUME ET CONCLUSIONS</b>	<b>Commentaires</b>
<p>Suite à l'accord (en date du 24/06/05), des directions de programme SP et DR du BRGM, en présence des responsables du Service CDG, de contribuer financièrement à la réalisation du Nouveau Réseau Gravimétrique National (NRGF), il a été recommandé d'en tenir informé les organismes extérieurs partenaires de ce projet, dès 2005 et d'entamer une concertation avec eux.</p> <p>C'est dans ce cadre que s'est tenue la présente réunion, à laquelle, outre le BRGM, prenaient part des représentants du : BGI, EOST, EPSHOM, IGN, IPGP, LDL.</p> <p>En séance, les principaux points de l'ordre du jour ont donné lieu à des présentations et/ou ont été discutés.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction, court rappel du contexte,</li> <li>- Travaux récents des organismes, en relation avec le NRGF,</li> <li>- Actions déjà prévues par les organismes, échéances, -----</li> <li>- Champs d'action principaux des organismes et interfaces,</li> <li>- Actions coordonnées à venir (mesures, méthodologie, co-encadrement d'étudiants ...),</li> <li>- Modalités de collaboration (bien-fondé de conventions, entre quels organismes, ...).</li> </ul> <p>Ressort des discussions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la constatation qu'au sein des organismes en présence, les différentes composantes pour la réalisation du NRGF existent : mesures, compétences, instruments,</li> <li>• un consensus général sur la nécessité d'une action coordonnée entre les organismes, pour :</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (i) mener à terme de façon cohérente et dans les meilleurs délais, la réalisation du réseau gravimétrique et la mise à jour de la carte gravimétrique de France,</li> <li>○ (ii) assurer que chaque organisme, selon ses intérêts propres, puisse retirer le plus grand bénéfice de la réalisation conjointe du projet.</li> </ul> <p>Les principaux thèmes discutés et les actions associées sont développés ci-dessous.</p>		
<b>ACTIONS</b>	<b>Responsable</b>	<b>Délai</b>
<p><u>Mesures fondamentales (FG5)</u>  Une première compilation des mesures FG5 réalisées sur le territoire a été établie à partir des informations transmises au BRGM par l'EOST et le LDL : avec environ 15 stations mesurées, les 2/3 des stations absolues FG5 initialement prévues en métropole sont réalisées à fin 2005.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour chacune de ces mesures et celles à venir, apparaît la nécessité de réaliser des fiches descriptives (selon modèle BGI), et une synthèse des informations annexes disponibles : qualité du positionnement, collocalisation avec RGP, RBF ..., gradient gravimétrique mesuré (à quels niveaux)/ou pas mesuré, existence d'un rapport, ...</li> </ul> <p>A terme, les mesures fondamentales devront toutes être précisément localisées en planimétrie et altitude (précision centimétrique), et pour les nouvelles, collocalisées avec un site du RGP autant que possible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour les stations existantes, imprécisément positionnées, nécessité de réaliser leur rattachement géodésique.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le BRGM prévoit de financer un programme de mesures absolues (2006-2007), destiné à compléter les mesures fondamentales existantes. Ce programme doit être discuté le plus rapidement possible. Deux mesures sont déjà programmées par EOST et BRGM à Clermont-Ferrand et au sommet du Puy de Dôme en Décembre 2005.</li> <li>- Les informations concernant les mesures absolues seront à terme archivées au BGI.</li> </ul> <p><u>Articulation des travaux entre organismes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'IGN prévoit de mener à bien l'achèvement des mesures gravimétriques collocalisées avec le réseau géodésique de précision RBF : 200 stations absolues A10 équivalentes à un 1<sup>er</sup> ordre et 1020 stations relatives équivalentes au 2<sup>nd</sup> ordre. L'IGN prévoit également de réaliser la compensation de ce « réseau gravimétrique géodésique », qui serait alors « étiqueté » IGN.</li> <li>- Le BRGM, à qui incombe statutairement la diffusion de la gravimétrie de la France, réalisera : <ul style="list-style-type: none"> <li>- une validation des résultats de l'IGN, en particulier pour ce qui est de la précision du réseau collocalisé RBF,</li> <li>- le rattachement et la compensation des anciens réseaux CGF65 et RGF83, par rapport au réseau collocalisé RBF et aux bases absolues FG5 et une synthèse aboutissant à un nouveau référentiel pour la carte gravimétrique française,</li> <li>- la mise à jour de la carte gravimétrique de la France, par « compensation » des études par rapport à cette nouvelle</li> </ul> </li> </ul>	<p style="text-align: center;">BGI</p> <p style="text-align: center;">IGN ?/ organismes propriétaires des sites</p> <p style="text-align: center;">EOST-LDL / BRGM</p>	<p style="text-align: center;">1<sup>er</sup> trim. 2006</p> <p style="text-align: center;">fin 2005, tout début 2006</p>

<p>référence. Ces données recompensées seront mise à la disposition de l'IGN, selon un calendrier à préciser, afin d'être intégrées au calcul de quasi-géoïde que l'IGN prévoit de réaliser en 2008</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les modalités de publications, archivage, diffusion ... devront faire l'objet d'accords au travers d'une convention.</li> <li>- L'IGN continue à transmettre au BRGM les résultats de ses campagnes de mesures annuelles et inversement, le BRGM lui fournit toute information nécessaire à la réoccupation de bases des anciens réseaux.</li> <li>- Le co-encadrement, bi- ou multi-partites, de travaux de thèses (apparemment difficiles à mettre en place sur cette thématique), ou plus simplement de stages d'étudiants, paraît une façon d'assurer une collaboration étroite entre organismes.</li> </ul> <p>Soumettre sujets rapidement (Master Pro, EOST, ESGT) pour stages à réaliser en 2006.</p>	<p>à discuter entre organismes</p>	
<p><u>Modalités de collaboration</u></p> <p>Une convention multipartite regroupant les divers organismes impliqués dans le NRGF ne paraît pas forcément utile. Une/des conventions bipartites, au cas par cas semblent plus appropriées. L'ensemble des contributeurs du NRGF étant détaillés dans les documents publiés en phase finale du projet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une convention IGN-BRGM apparaît nécessaire pour détailler notamment, domaines d'intervention, échéances, propriétés, droits ... de l'un, l'autre, ou des deux organismes. Les bases techniques d'une telle convention sont à poser aussi rapidement que possible.</li> <li>- Voir modalités d'affichage de l'action NRGF au sein de l'accord cadre BRGM-EPSHOM.</li> </ul>	<p>BRGM initie le document</p> <p>BRGM / EPSHOM</p>	<p>tout début 2006</p> <p>début 2006</p>
<p><u>Points divers</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réseau hors métropole : cette action n'est à l'heure actuelle pas intégrée dans les plans d'action ni de l'IGN, ni du BRGM. Des mesures absolues existent déjà dans certains de ces territoires. En relation avec les travaux de surveillance que mènent les Observatoire dans ces territoires, une contribution particulière pour l'appui à l'établissement du réseau gravimétrique serait intéressante.</li> <li>- Répétition du réseau : à l'heure actuelle, l'IGN ne pense pas prendre part à cette action ; cette action n'a pas non plus fait l'objet de discussion au BRGM. M. Diament et J. Hinderer suggèrent que cette mission pourrait constituer une tâche d'Observatoire, au même titre que l'enregistrement continu du champ magnétique, et en liaison avec des thématiques de géodynamique, métrologie ...</li> <li>- Suggestion de H. Duquenne de trouver une appellation plus adéquate que NRGF, dont l'aspect « Nouveau » est généralement rapidement dépassé.</li> </ul>	<p>IPGP / EOST</p> <p>IPGP / EOST</p> <p>« appel à idées »</p>	<p>début 2006</p> <p>nom officiel figurera dans conventions</p>



**Centre scientifique et technique**  
**Services CDG - ARN**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 33 (0)2 38 64 34 34