

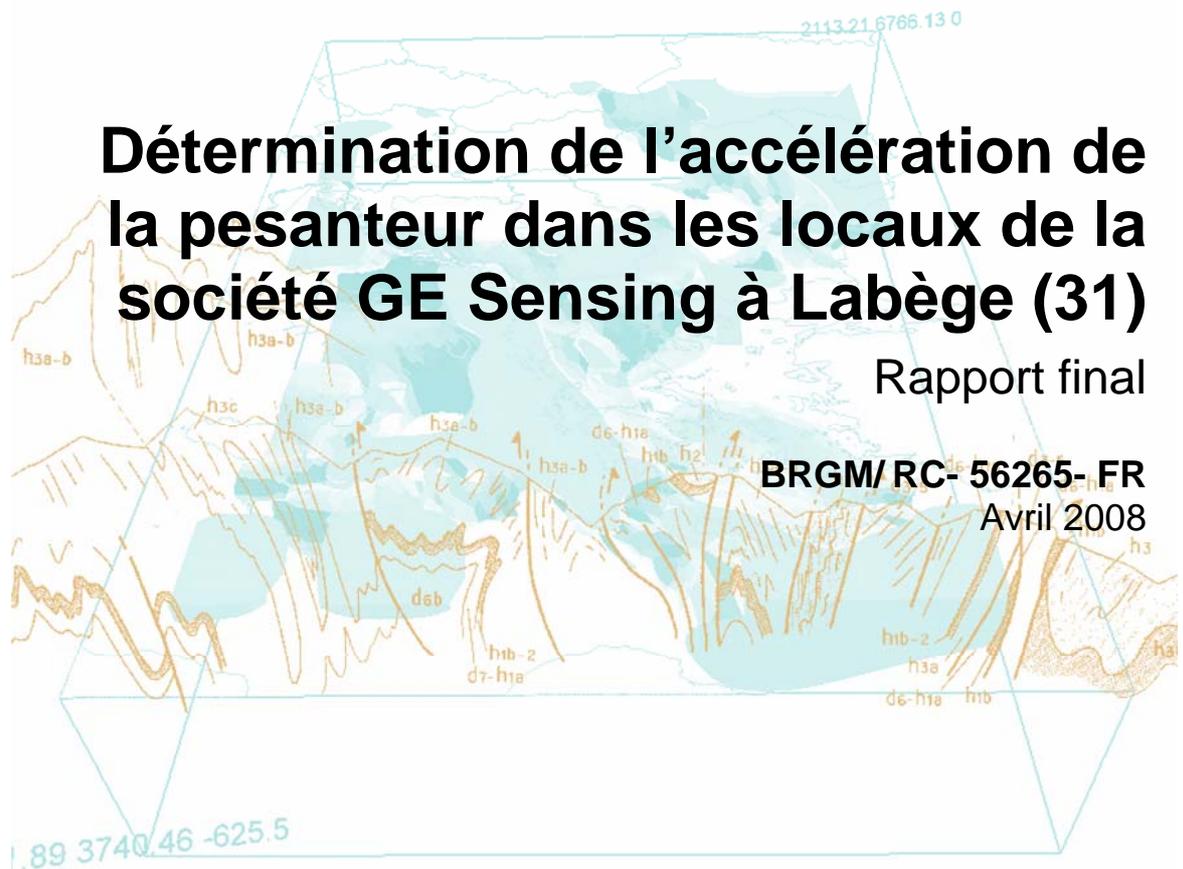
Document public



# Détermination de l'accélération de la pesanteur dans les locaux de la société GE Sensing à Labège (31)

Rapport final

BRGM/RC- 56265- FR  
Avril 2008



GE  
Sensing



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

# Détermination de l'accélération de la pesanteur dans les locaux de la société GE Sensing à Labège (31)

Rapport final

BRGM/RC- 56265- FR  
Avril 2008

**G. Pajot**  
Avec la collaboration de  
**F. Dupont**

**Vérificateur :**

Nom : H.Fabriol

Date :

Signature :

**Approbateur :**

Nom : H. Modaressi

Date :

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.  
**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.**



GE  
Sensing



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

Mots clés :

Pesanteur, Métrologie, Détermination de g, Labège, Haute-Garonne

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Pajot, G. et Dupont F.** (2008) – Détermination de l'accélération de la pesanteur dans les locaux de la société GE Sensing à Labège (31). Rapport final BRGM/RC- 56265-FR, 26 p., 4 fig., 3 ann.

# Synthèse

Le BRGM a effectué des déterminations de la valeur de l'accélération de la pesanteur (g) dans les locaux de la société GE Sensing à Labège (Haute-Garonne) en avril 2008. Plusieurs valeurs de g ont été déterminées dans le Laboratoire du bâtiment B et le gradient vertical  $\gamma$  a été calculé à partir des mesures.

La base absolue 9003 située dans l'Observatoire Jolimont à Toulouse (Haute-Garonne) a été utilisée pour le rattachement des mesures effectuées à Labège.

Les valeurs de l'accélération de la pesanteur obtenues sont :

- $9804283,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ou 980428,36 mGal au sol, dans le laboratoire du rez-de chaussée du bâtiment B, près de l'établi.
- $9804281,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ou 980428,11 mGal sur l'établi, dans ce même laboratoire.

Une détermination supplémentaire a été effectuée en un point situé à environ 8m du point au sol et la valeur de g obtenue est  $9804283,7 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ou 980428,37 mGal.

L'incertitude sur la détermination est inférieure au dixième de milliGal (soit inférieure à  $10^{-6} \text{ m/s}^2$  en absolu).



# Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>7</b>
1.1. CONTEXTE ET MOYENS MIS EN ŒUVRE.....	7
1.1.1. Contexte .....	7
1.1.2. Moyens .....	7
1.2. PRINCIPE DE LA DÉTERMINATION DE g .....	7
1.2.1. Principe de la mesure .....	7
1.2.2. Formule pour le calcul de g à partir des mesures.....	7
<b>2. Réalisation .....</b>	<b>9</b>
2.1. POINTS DE MESURE.....	9
2.1.1. Site.....	9
2.1.2. Base de référence .....	9
2.1.3. Stations.....	10
2.1.4. Répétition des mesures .....	11
2.2. TRAJETS POUR LA LIAISON À LA BASE DE RÉFÉRENCE .....	11
<b>3. Résultat du traitement des mesures.....</b>	<b>13</b>
3.1. VALEURS DE L'ACCELERATION DE LA PESANTEUR .....	13
3.2. INCERTITUDE DE LA DETERMINATION .....	13
3.2.1. Gradient vertical.....	13
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>15</b>
<b>5. Bibliographie.....</b>	<b>17</b>

<b>Annexe 1 Bases gravimétriques à proximité de Labège .....</b>	<b>19</b>
<b>Annexe 2 Transfert de la valeur de g .....</b>	<b>21</b>
INFLUENCE DE L'ALTITUDE .....	21
Correction dite « à l'air libre » .....	21
Correction dite « de plateau » .....	21
INFLUENCE DE LA LATITUDE .....	21
<b>Annexe 3 Calcul de l'incertitude.....</b>	<b>23</b>

## Liste des illustrations

Figure 1 : Situation des locaux de la société GE Sensing à Labège. ....	9
Figure 2 : Localisation, à l'intérieur de l'Observatoire Jolimont, de la base 9003 du réseau gravimétrique français RGF83, d'après le site <a href="http://infoterre.brgm.fr/">http://infoterre.brgm.fr/</a> .....	10
Figure 3 : Positions des points où g a été déterminée dans les locaux de la société GE Sensing à Labège.....	11
Figure 4 : Bases gravimétriques à proximité de Labège (31) (source Infoterre <sup>TM</sup> , ©brgm, ©GEOSIGNAL.).....	20

# 1. Introduction

## 1.1. CONTEXTE ET MOYENS MIS EN ŒUVRE

### 1.1.1. Contexte

A la demande de la société GE Sensing, le BRGM a procédé, en avril 2008, à la détermination de la valeur de l'accélération de la pesanteur  $g$  dans ses locaux à Labège, Haute-Garonne.

### 1.1.2. Moyens

Les mesures nécessaires ont été réalisées par François Dupont, avec le gravimètre Scintrex CG3-M 9403245 du BRGM, étalonné en avril 2007 sur la ligne d'étalonnage Montpellier-Mont Aigoual.

## 1.2. PRINCIPE DE LA DÉTERMINATION DE $g$

### 1.2.1. Principe de la mesure

Le gravimètre Scintrex est un appareil dit « de zéro » : la pesanteur est déterminée en mesurant une force de rappel (en l'occurrence la tension d'un ressort) qui vient s'y opposer. C'est un instrument « relatif », en ce sens qu'il ne permet pas de mesurer la valeur (absolue) de la pesanteur en un point donné, mais les variations de celle-ci (temporelles ou spatiales) entre deux mesures. Pour connaître la valeur de la pesanteur en un point donné, on effectue donc une série de boucles (ou programmes) incluant, d'une part, la station où l'on veut déterminer la valeur de  $g$ , et d'autre part une station de référence où la valeur de  $g$  est déjà connue.

### 1.2.2. Formule pour le calcul de $g$ à partir des mesures

Si l'on note :

- $g_0$  l'accélération de la pesanteur à la base de référence et  $L_0$  la valeur brute lue sur le gravimètre en cette base lors de l'ouverture du programme de mesure,
- $g_S$  l'accélération de la pesanteur à déterminer en une station donnée et  $L_S$  la valeur brute lue sur le gravimètre en cette station,
- $K_G$  le coefficient d'étalonnage du gravimètre (ici :  $1,0001866 \pm 0,0000249$ ),
- CLS la correction luni-solaire, c'est-à-dire la prise en considération des variations temporelles de la pesanteur en un point donné, dues aux mouvements respectifs et aux attractions mutuelles entre la Terre, la Lune et le Soleil (cette correction peut atteindre

jusqu'à  $2,10^{-6} \text{ m/s}^2$ ). Elle est calculée, de 5 minutes en 5 minutes aux coordonnées des points de mesure (méthode ETGTAB, H.G. Wenzel).

- CDVE la correction de dérive instrumentale (prise en compte des modifications des propriétés mécaniques du ressort au cours du programme de mesure),

alors la variation spatiale  $\Delta g$  de l'accélération de la pesanteur entre la base de référence et la station où l'on veut déterminer la valeur de la pesanteur est :

$$\Delta g = g_o - g_s = (L_o - L_s)K_G + CLS + CDVE$$

La correction de dérive est déterminée à partir des mesures réalisées à la base en ouverture et fermeture de programme, à l'aide de la formule :

$$CDVE = \frac{(L_f - L_o)K_G + (CLS_f - CLS_o)}{H_f - H_o}$$

où :

- $L_f$  est la valeur lue à la base lors de la fermeture du programme ;
- $L_o$  est la valeur lue à la base lors de l'ouverture du programme ;
- $K_G$  est le coefficient d'étalonnage du gravimètre ;
- $CLS_f$  est la correction luni-solaire à l'heure de la fermeture ;
- $CLS_o$  est la correction luni-solaire à l'heure de l'ouverture ;
- $H_f$  est l'heure de la lecture à la fermeture ;
- $H_o$  est l'heure de la lecture à l'ouverture.

## 2. Réalisation

### 2.1. POINTS DE MESURE

#### 2.1.1. Site

Les locaux de la société GE Sensing, où la valeur de l'accélération de la pesanteur a été déterminée, sont localisés sur la Figure 1.

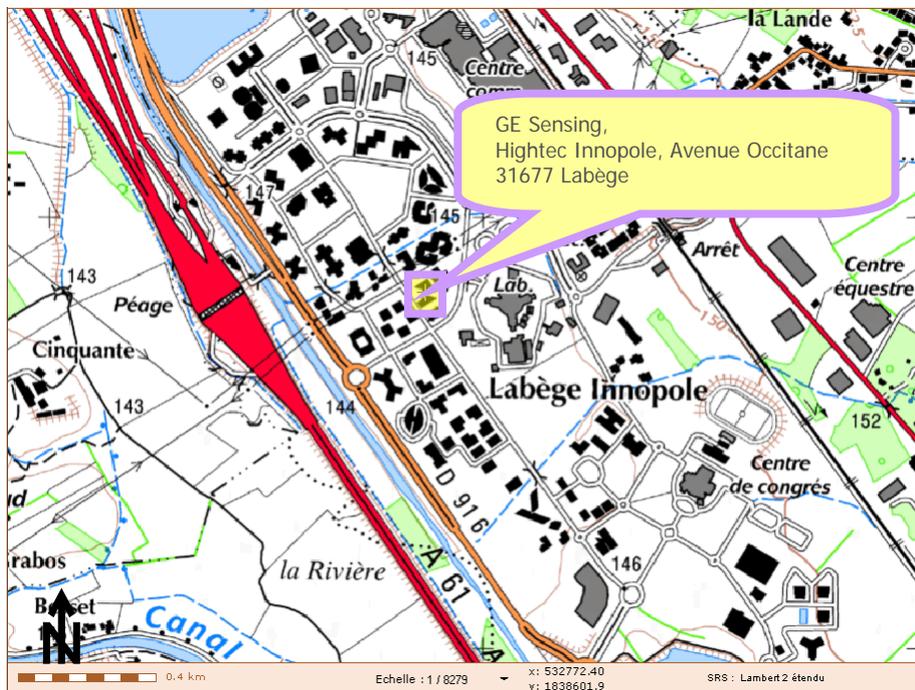


Figure 1 : Situation des locaux de la société GE Sensing à Labège.  
Source de l'image : Infoterre, ©brgm, ©IGN.

#### 2.1.2. Base de référence

Les bases gravimétriques à proximité de Labège sont représentées sur la Figure 4 en annexe. La base de référence retenue, afin d'obtenir la meilleure incertitude possible sur la détermination de  $g$  à Labège, est la base 9003 du réseau gravimétrique RGF 83 (base « absolue ») située dans l'Observatoire Jolimont à Toulouse (Haute-Garonne). La valeur de l'accélération de la pesanteur (acquise grâce au gravimètre absolu FG5#228, les mesures ayant été réalisées par Nicolas Lemoigne les 10 et 11 avril 2006) en cette base est, au niveau du sol et à  $0,009 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  près:

$$g = 9\,804\,276,98 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2 \text{ ou } 980427,7 \text{ mGal.}$$

La Figure 2, obtenue via le site web Infoterre du BRGM, montre sa localisation à l'intérieur de l'Observatoire.

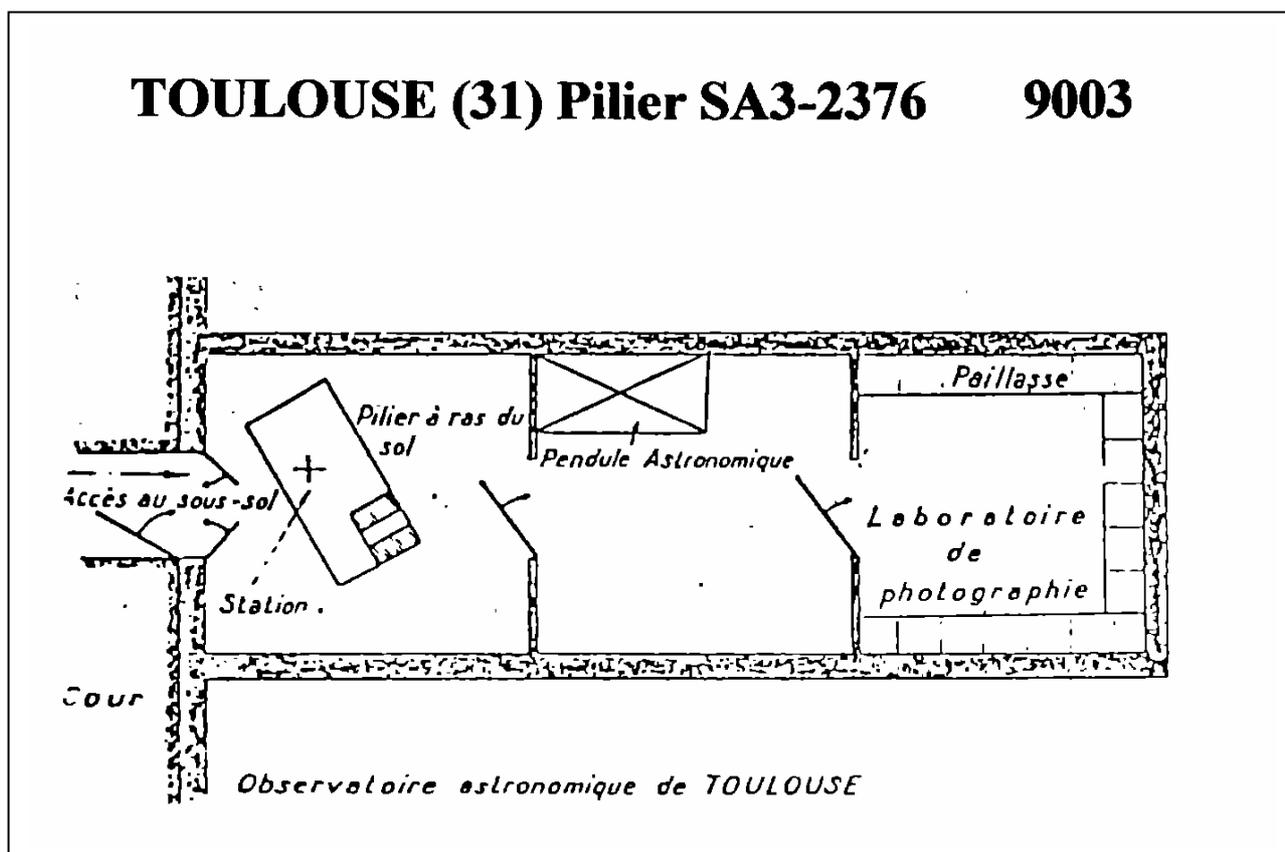


Figure 2 : Localisation, à l'intérieur de l'Observatoire Jolimont, de la base 9003 du réseau gravimétrique français RGF83, d'après le site <http://infoterre.brgm.fr/>

### 2.1.3. Stations

La valeur de la pesanteur a été déterminée en deux points du laboratoire du rez-de-chaussée du bâtiment B (« Arizona »). Les positions de ces deux points relativement au laboratoire sont représentées sur la Figure 3. Sur cette figure, le triangle plein noir matérialise la position du point où  $g$  a été déterminée au sol, par rattachement à la base absolue de Toulouse. Le triangle vide est un point où la valeur de  $g$  a été déterminée par rattachement au point précédent. Enfin, des mesures ont également été effectuées à l'aplomb du premier point sur l'établi (« table ») afin de déterminer le gradient vertical local.

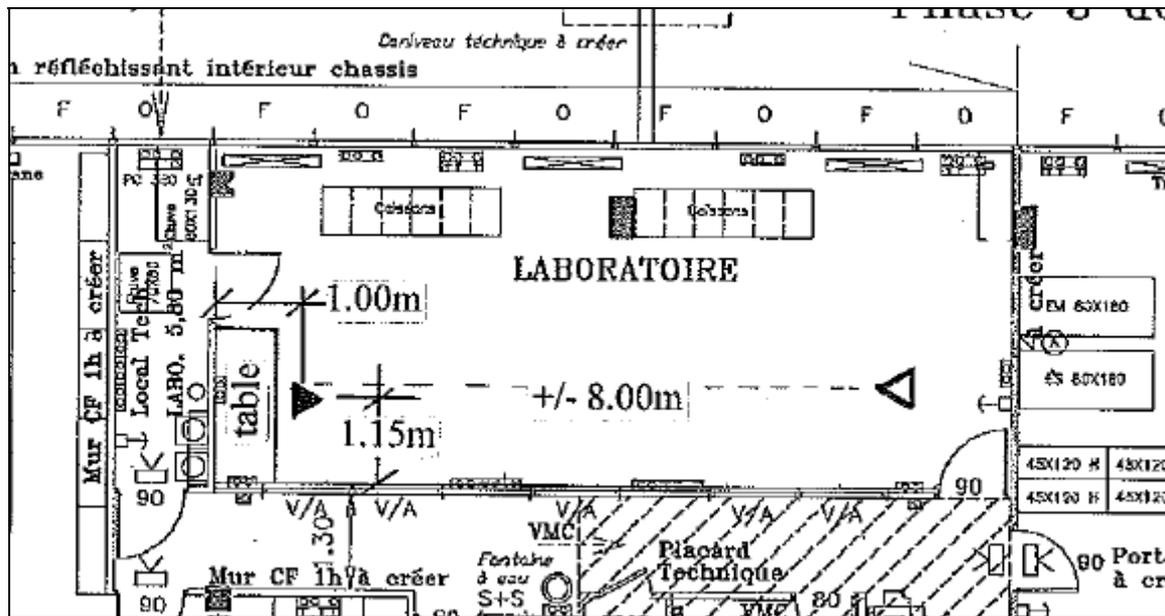


Figure 3 : Positions des points où  $g$  a été déterminée dans les locaux de la société GE Sensing à Labège.

#### 2.1.4. Répétition des mesures

A chaque stationnement en un point, les mesures ont été répétées entre quatre et neuf fois afin de diminuer l'erreur (élimination des valeurs aberrantes et calcul de moyennes) sur les mesures relatives.

#### 2.2. TRAJETS POUR LA LIAISON À LA BASE DE RÉFÉRENCE

Quatre allers-retours ont été effectués entre le point au sol du laboratoire et la base de référence.



## 3. Résultat du traitement des mesures

### 3.1. VALEURS DE L'ACCELERATION DE LA PESANTEUR

Les valeurs de l'accélération de la pesanteur, obtenues par rattachement à la base de référence 9003 du réseau RGF 83 ont été calculées à l'aide du logiciel DeltaG2 du BRGM. Les valeurs obtenues sont :

- $9804283,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ou 980428,36 mGal au sol, près de l'établi.
- $9804283,7 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ou 980428,37 mGal au sol, à 8 m de l'établi.

### 3.2. INCERTITUDE DE LA DETERMINATION

L'incertitude sur les différences de g entre la base de référence 9003 et le point au sol près de l'établi est :

$$0,06 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$$

Celle sur les différences entre le point au sol et celui éloigné de 8 m est :

$$0,03 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$$

L'incertitude sur la valeur de l'accélération de la pesanteur à la base de référence 9003 est :

$$0,009 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2.$$

Dans les deux cas l'erreur totale sur la valeur de g, somme de l'incertitude sur la liaison et de l'incertitude sur la valeur à la base de référence, est garantie inférieure à  $10^{-6} \text{ m/s}^2$ .

#### 3.2.1. Gradient vertical

Les mesures effectuées au sol et sur l'établi du Laboratoire ont permis d'établir la valeur du gradient vertical local :

$$-0,293 \text{ mGal/m soit } -2,93 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-2}$$



## 4. Conclusion

Les mesures réalisées en Avril 2008 dans les locaux de la société GE Sensing à Labège, Haute-Garonne, ont permis de retenir les valeurs de l'accélération de la pesanteur suivantes :

- $9804283,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ou 980428,36 mGal au sol, au point près de l'établi, dans le Laboratoire du rez-de-chaussée du bâtiment B.
- $9804281,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ou 980428,11 mGal sur l'établi, dans ce même laboratoire.
- $9804283,7 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ou 980428,37 mGal pour le point éloigné de 8 m.

Le gradient vertical local a été estimé à  $2,93 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-2}$ , négatif en s'élevant.



## 5. Bibliographie

Ogier, M., 1983. Le nouveau réseau gravimétrique français. *Bulletin d'information du BGI* **53** (1983), pp. 150–162.



## **Annexe 1**

### **Bases gravimétriques à proximité de Labège**

Les bases gravimétriques utilisables pour la détermination de la pesanteur dans les locaux de la société GE Sensing à proximité de Labège ont été répertoriées à l'aide de l'outil Infoterre<sup>TM</sup>, et sont représentées sur la Figure 4.

En raison de l'ordre des différentes bases et des précisions des déterminations de la pesanteur qui y ont été réalisées, la base absolue 9003 du réseau gravimétrique français a été désignée comme étant celle permettant d'obtenir la meilleure incertitude parmi celles disponibles. Elle a donc été choisie et utilisée pour le rattachement de la mesure effectuée à Labège.

Accélération de la pesanteur dans les locaux de la société GE Sensing à Labège (31)

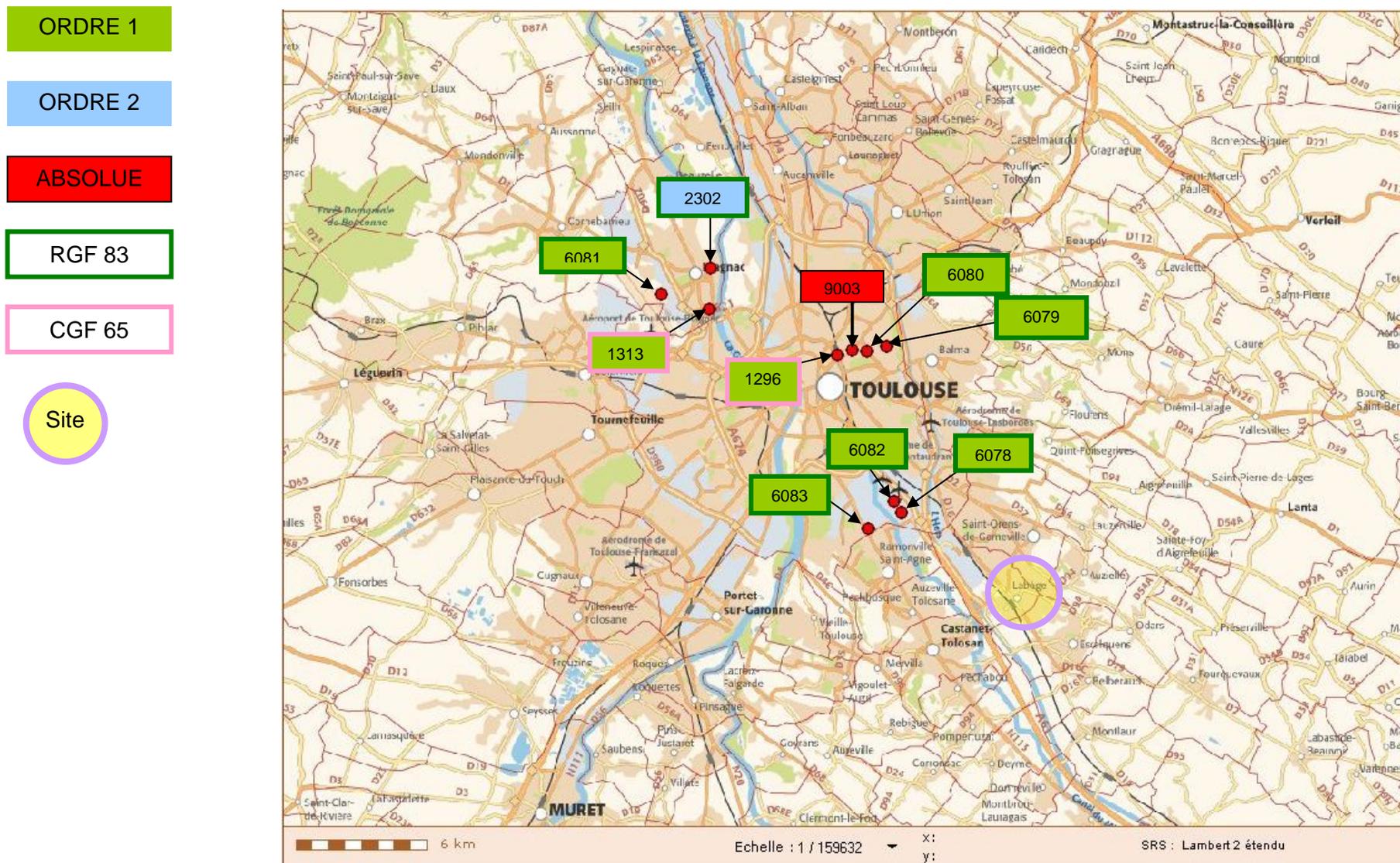


Figure 4 : Bases gravimétriques à proximité de Labège (31) (source Infoterre™, ©brgm, ©GEOSIGNAL.)

## Annexe 2

### Transfert de la valeur de g

La valeur de g peut être déterminée en un point donné à partir de sa valeur en un autre point, à condition de prendre en considération certains effets décrits ici.

#### INFLUENCE DE L'ALTITUDE

##### Correction dite « à l'air libre »

Dans l'air libre, la valeur de g peut être calculée en un point d'altitude  $z+h$  (en mètres) à partir de sa valeur en un point d'altitude  $z$  et de mêmes coordonnées horizontales si l'on applique une correction de  $3,09 \cdot 10^{-6} h \text{ m/s}^2$ , négative vers le haut et positive vers le bas. La valeur  $3,09 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-2}$  est le gradient vertical moyen de la pesanteur et doit être remplacée par le gradient vertical local lorsqu'il est connu.

##### Correction dite « de plateau »

Cette correction est en relation avec la densité du terrain superficiel et devra donc être appliquée dans le cas où l'on voudrait calculer, comme précédemment, la valeur de g en un point d'altitude  $z+h$  (en mètres) à partir de sa valeur en un point d'altitude  $z$ , avec présence de masse entre les deux points. Cette correction, négative vers le bas, qui s'ajoute à la précédente est  $0,419 \cdot 10^{-6} \rho h \text{ m/s}^2$  où  $\rho$  est la densité du terrain superficiel (la valeur de  $\rho$  généralement admise pour le béton, est 2).

#### INFLUENCE DE LA LATITUDE

La valeur de g varie en fonction de la latitude. Elle est de  $9830000 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  à l'équateur. La formule à utiliser pour la correction de latitude est :

$$g_0 = 978049(1 + 0,0052884 \sin^2(\varphi) - 0,0000059 \sin^2(2\varphi)) \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

où  $g_0$  est la valeur de la pesanteur sur l'Ellipsoïde International et  $\varphi$  la latitude. En France cette correction est approximativement de  $0,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  pour un déplacement de 12 m dans le sens nord-sud.

En général les corrections indiquées pour les variations de latitude ou d'altitude sont valables dans les limites du local où se trouve la base. Dans tous les cas la modification de la valeur de la pesanteur par le calcul entraîne une perte de précision sur la valeur utilisée, car l'effet gravimétrique des bâtiments n'est pas pris en compte.



## Annexe 3

### Calcul de l'incertitude

Pour chaque couple de bases, l'incertitude  $\sigma$  sur la différence de pesanteur entre les deux bases est calculée selon :

$$\sigma = \sqrt{4 \frac{\text{Var}(\Delta g)}{n} + \sigma_{etal}^2},$$

où :

- $n$  est le nombre de liaisons effectuées entre les deux bases ;
- $\sqrt{\text{Var}(\Delta g)}$  est l'écart-type des différences de pesanteur calculées entre les deux bases sur l'ensemble des liaisons effectuées ;
- $\sigma_{etal}$  est l'incertitude sur le coefficient d'étalonnage.

Pour connaître l'incertitude sur la valeur de  $g$  en une base donnée, il faut ajouter à cette différence l'incertitude sur la valeur de  $g$  à la base de référence issue de RGF 83 (Ogier et al., 1983).



**Centre scientifique et technique**  
**Service Aménagement et Risques Naturels**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34