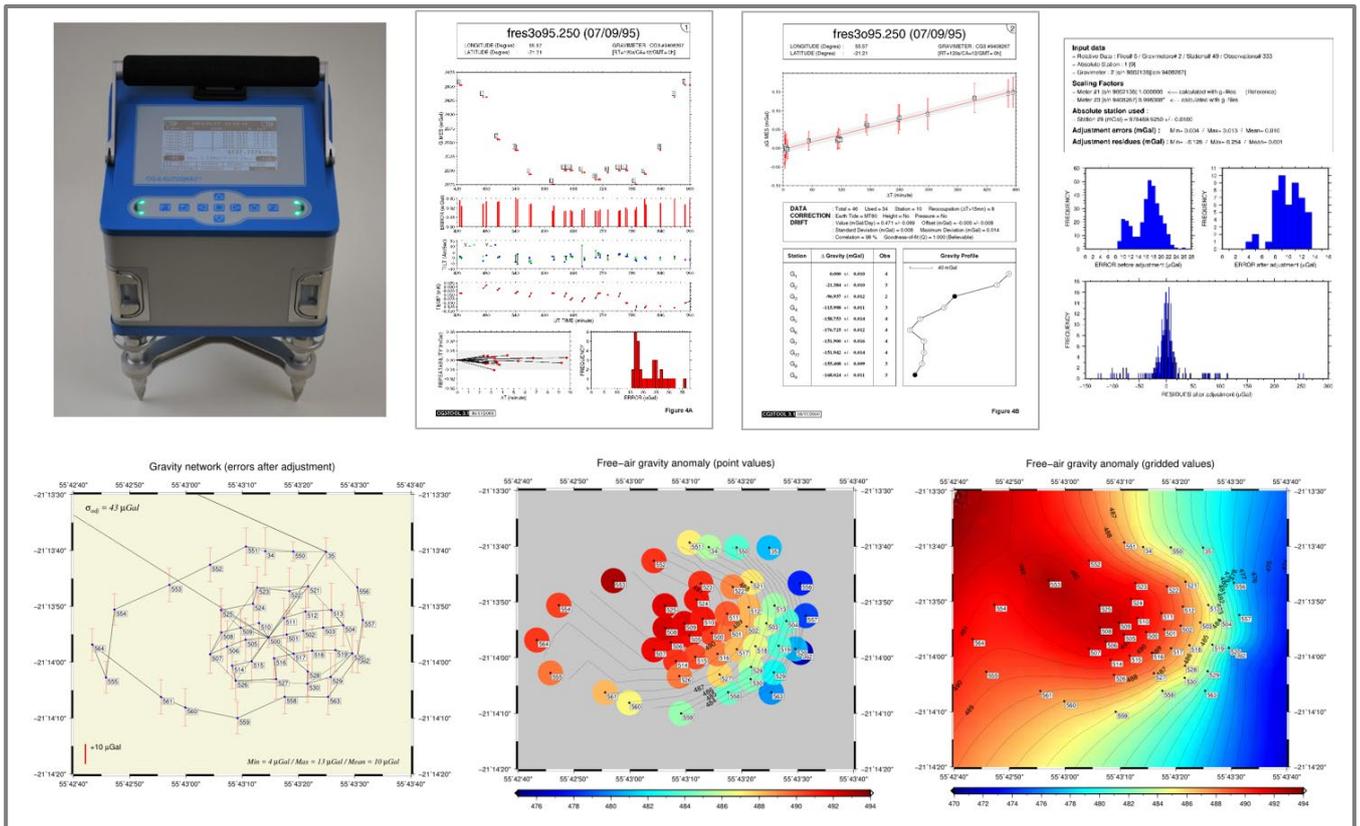


CG6TOOL

Manuel Utilisateur (vers. 2022.12)



Programme interactif de traitement de données Scintrex CG3/CG5/CG6

G. Gabalda & S. Bonvalot

Geosciences Environnement Toulouse (GET)
Institut de Recherche pour le Développement (IRD)
Bureau Gravimétrique International (BGI)

AVANT-PROPOS	5
CONTEXTE	5
GARANTIE	5
PREREQUIS	5
CG6TOOL.gmt	5
Lancer CG6TOOL	6
FICHIERS DE DONNEES GRAVIMETRIQUES	6
TRAITEMENT D'UN CHEMINEMENT	9
1. Sélection d'un fichier	10
2. Chargement d'un fichier sélectionné	12
3. Traitement	13
4. Visualisation	17
FICHER DE SITE	21
1. Création d'un nouveau fichier avec des valeurs différentes pour chaque site	22
2. Modification d'un fichier de site existant	23
3. Création d'un nouveau fichier avec la même valeur pour tous les sites	24
AJUSTEMENT DE RESEAU GRAVIMETRIQUE	25
1. Fichier de configuration : <i>config-file</i>	25
2. Mots-clés autorisés dans le fichier de configuration	26
3. Chargement du fichier de configuration	27
4. Facteur d'échelle	31
5. Ajustement	33
6. Dessin	35
7. Rapport d'ajustement	45
FICHER DE POSITION.....	47
IMPORTATION DE DONNEES	49
ONGLET « About »	53
ONGLET « Help ».....	55
THEORIE DES OPERATIONS	57
REFERENCES	63

CONTEXTE

Développé dès 1996, le programme interactif CG3TOOL permettait le contrôle et la visualisation de données acquises à l'aide de gravimètres Scintrex CG-3/3M avec la prise en compte de différentes corrections afin d'améliorer la qualité des mesures (correction de marée, gradient vertical, dérive instrumentale), l'ajustement de réseau et l'archivage des résultats.

- **2014** : Les auteurs lancent le développement de CG5TOOL, un programme développé sous environnement Java permettant ainsi son exécution sur différents plateformes informatiques *Linux* et intégrant les fonctionnalités les plus importantes de CG3TOOL.
- **2019** : CG5TOOL devient **CG6TOOL** (avec l'intégration du format CG6)
- **2020** : CG6TOOL disponible sur plateformes **Windows NT** (mais avec **gmt6** uniquement)
- **2021** : Nouveaux formats graphiques accessibles (avec **gmt6** uniquement) : jpg, png et pdf.
- **2022** : Les noms de fichier ne doivent plus respecter un codage particulier, et les observations d'un fichier peuvent concerner un circuit sur plusieurs jours consécutifs. Les noms de stations alphanumériques sont acceptés ainsi que la possibilité de traiter des circuits qui ne bouclent pas (cheminement entre deux stations de référence par exemple).

Citation : G. Gabalda and S. Bonvalot (2022). CG6TOOL : An interactive computer program to process Scintrex CG3/CG5/CG6 gravity data. Bureau Gravimétrique International. BGI Software. DOI :**XXX**

Contacts germinal.gabalda@ird.fr, sylvain.bonvalot@ird.fr, bgi@cnes.fr

GARANTIE

CG6TOOL est distribué gratuitement à la communauté scientifique et aucune diffusion commerciale n'est autorisée sans l'accord des auteurs. La responsabilité des auteurs, de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) et du BGI (Bureau Gravimétrique International) ne saurait être engagé pour tout problème lié à son utilisation.

PREREQUIS

CG6TOOL requiert l'installation de **Java** et **GMT** (bibliothèque graphique et mathématique disponible sur internet) ainsi que l'initialisation des variables d'environnement suivantes:

- **CG6TOOL**: l'archive jar et le script CG6TOOL doivent être installés sous \$CG6TOOL. Ne pas oublier d'ajouter \$CG6TOOL à votre variable **PATH**.
- **CG6VIEWER** : Affichage des images. Seuls **gv** (valeur par défaut) et **gs** (Ghostscript) ont été testés. *Cette variable est inutile sous GMT6.*
- **CG6READER** : Lecture des fichiers *pdf* (**evince** par défaut). *Inutile sous Windows NT.*
- **GMT_VERSION** : GMT4, GMT5 ou GMT6 (défaut si variable absente sous linux)
- **DIR_GSHHG** : Répertoire contenant la base de données des traits de côtes

CG6TOOL.gmt

Afin d'initialiser ses variables et selon la version utilisée (gmt4, gmt5 ou gmt6), GMT a besoin d'un fichier de configuration, respectivement **.gmtdefaults4**, **gmt.conf** et **gmt.conf**. Ces fichiers sont respectivement créés à l'aide des fichiers CG6TOOL.gmt4, CG6TOOL.gmt5 et CG6TOOL.gmt6 qui doivent être présents dans le répertoire **\$CG6TOOL/init**. Ils sont automatiquement créés en cas de besoin et peuvent être modifiés par l'utilisateur.

Lancer CG6TOOL

- Environnement **Linux**

Tapez **CG6TOOL** si votre PATH contient la variable \$CG6TOOL ou utilisez un *lanceur* (qui peut être associé à l'icône **CG6TOOL.jpg**) et dont le champ « Commande » contient soit **CG6TOOL** (avec la même condition que précédemment), soit l'accès à l'archive jar :
java -jar chemin_complet_archive_jar

- Environnement **Windows NT**

Double-clic sur l'archive exécutable JAR du programme ou utilisez un *raccourci* sur votre bureau (qui peut être associé à l'icône **CG6TOOL.ico**).

FICHIERS DE DONNEES GRAVIMETRIQUES

CG6TOOL utilise directement les fichiers de données *Scintrex* acquis en mode ponctuel lors de cheminement et récupérés via la sortie série.

Nous verrons par la suite d'autres types de fichiers:

- S-file [site] créé par l'utilisateur,
- C-file [calculé] et R-file [résultat] produit par **CG6TOOL**.

Fichier de type 'CG3'

```

-----
SCINTREX V7.2          AUTOGRAV / Field Mode          R7.21 REMOTE/Hires
                                Ser No: 110193.
Line:      0.  Grid:      1.  Job:      1.  Date: 02/04/11  Operator:      1.

GREF.:          -3000. mGals          Tilt x sensit.:          293.2
GCAL.1:          6015.752          Tilt y sensit.:          296.5
GCAL.2:           0.          Deg.Lat.:          -33.45
TEMPCO.:          -0.1253mGal/mK          Deg.Long.:          70.66
Drift const.:           0.          GMT Difference:          0.hr
Drift Correction Start Time: 23:24:12          Cal.after x samples:          12
                                Date: 02/03/06          On-Line Tilt Corrected = "*"
-----
Station Grav.      SD.      Tilt x  Tilt y      Temp.      E.T.C.  Dur  # Rej      Time
  1. 2289.7584* 0.048      -0.3   -1.0      -2.01   0.015  100  2  13:37:20
  1. 2290.2210* 0.026      -2.5   -2.2       1.05  -0.067  100  2  23:28:00
  2. 2231.5532* 0.042      -0.6    1.2       0.22   0.062  100  0  14:56:56
  3. 2232.8674* 0.040      -3.9    2.0       0.24   0.068  100  3  15:11:14
  4. 2230.3552* 0.075         0.8   -0.9       0.47   0.077  100  2  15:43:18
  5. 2227.6992* 0.078         1.6    0.2       0.35   0.080  100  0  16:00:48
  5. 2227.7088* 0.067      -3.9   -0.1       0.34   0.080  100  2  16:03:27
  6. 2226.3028* 0.072         1.4    0.7       0.29   0.080  100  0  16:16:21
  6. 2226.2930* 0.070      -0.2   -1.7       0.31   0.080  100  2  16:18:32
  7. 2226.7656* 0.047      -4.5   -0.6       0.36   0.079  100  4  16:36:08

```

Paramètres de l'entête requis :

- *Origine du fichier:* ----- (Première ligne)
- *SER No:* Numéro de série de l'instrument
- *Date:* Date d'acquisition des données
- *Deg.Lat.:* Latitude
- *Deg.Long.:* Longitude (+ vers l'Ouest)
- *GMT Difference :* Écart entre le temps UTC et le temps des mesures

Fichier de type 'CG5'

```

/      CG-5 SURVEY
/      Survey name:      Pyrope
/      Instrument S/N:   9136
/      Client:          Default
/      Operator:        Default
/      Date:            2014/ 6/ 2
/      Time:            07:56:56
/      LONG:            1.5000000 E
/      LAT:             42.8000000 N
/      ZONE:            31
/      GMT DIFF.:      0.0

/      CG-5 SETUP PARAMETERS
/      Gref:              0.000
/      Gcal1:            9109.393
/      TiltxS:           670.647
/      TiltyS:           660.069
/      TiltxO:           84.648
/      TiltyO:           61.302
/      Tempco:           -0.141
/      Drift:            0.000
/      DriftTime Start: 01:06:34
/      DriftDate Start: 2000/01/01

/      CG-5 OPTIONS
/      Tide Correction:  YES
/      Cont. Tilt:      NO
/      Auto Rejection:  YES
/      Terrain Corr.:   NO
/      Seismic Filter:  YES
/      Raw Data:        YES
/---LINE---STATION---ALT.---GRAV.---SD.---TILTX--TILTY--TEMP---TIDE---DUR-REJ-----TIME----DEC.TIME+DATE--TERRAIN---DAT
1.000 245.000 0.0000 4253.907 0.034 -25.4 -24.4 -17.38 -0.001 90 23 07:30:35 5143.31240 0.0000 2014/06/05
1.000 245.000 0.0000 4253.909 0.016 -5.4 -11.4 -17.43 -0.001 90 7 07:33:31 5143.31444 0.0000 2014/06/05
1.000 246.000 0.0000 4308.860 0.035 72.0 32.4 -17.34 -0.005 90 22 08:54:40 5143.37070 0.0000 2014/06/05
1.000 246.000 0.0000 4308.835 0.014 27.3 11.2 -17.35 -0.006 90 22 08:57:13 5143.37220 0.0000 2014/06/05
1.000 246.000 0.0000 4308.833 0.010 18.0 11.9 -17.40 -0.006 90 6 09:00:04 5143.37445 0.0000 2014/06/05
1.000 262.000 0.0000 4240.207 0.017 -2.2 8.0 -17.36 0.025 90 10 16:24:03 5143.68227 0.0000 2014/06/05
1.000 262.000 0.0000 4240.222 0.011 -6.5 0.6 -17.34 0.025 90 0 16:26:21 5143.68387 0.0000 2014/06/05
1.000 262.000 0.0000 4240.225 0.009 -0.3 -4.6 -17.35 0.025 90 0 16:28:39 5143.68546 0.0000 2014/06/05
1.000 245.000 0.0000 4253.972 0.051 -5.9 -12.4 -17.29 0.025 90 3 16:49:53 5143.70019 0.0000 2014/06/05
1.000 245.000 0.0000 4253.979 0.068 3.6 -1.9 -17.29 0.025 90 4 16:52:41 5143.70213 0.0000 2014/06/05

```

Paramètres de l'entête requis :

- *Origine du fichier:* CG-5 SURVEY
- *Instrument S/N :* Numéro de série de l'instrument
- *LONG:* Longitude (+ vers l'Est)
- *LAT:* Latitude
- *GMT DIFF.:* Écart entre le temps UTC et le temps des mesures
- *Tide Correction :* Yes ou No selon la prise en compte ou nom de la marée terrestre

ATTENTION : Les fichiers avec coordonnées ne sont pas acceptés mais il est possible de les transformer en utilisation l'outil d'importation de données (cf p.49)

•

Fichier de type ‘CG6’

```

/      CG-6 SURVEY
/      Survey name:      AZER_AA
/      Instrument Serial Number:  018100125
/      Created:          2019-05-07-10:32:20
/
/      CG-6 Calibration
/      Operator:         GG
/      Gcal1 [mGal]:     7996.315000
/      Goff [ADU]:       -8388608.000000
/      Gref [mGal]:      0.0000
/      X Scale [arc-sec/ADU]:  0.031125
/      Y Scale [arc-sec/ADU]:  0.031014
/      X Offset [ADU]:    -85356.959885
/      Y Offset [ADU]:    -75699.919233
/      Temperature Coefficient [mGal/mK]: -0.128600
/      Temperature Scale [mK/ADU]: -0.000111
/      Drift Rate [mGal/day]: -0.119628
/      Drift Zero Time:   2018-10-31 12:00:18
/      Firmware Version:  R-20170705-1
/Station Date      Time      CorrGrav  Line  StdDev  ...//...  LatGPS  LonGPS  ElevGPS  Corrections[drift-temp-na-tide-tilt]
1001  2019-05-07  10:32:20  3370.5900  0  0.0797  ...//...  40.378101  48.973633  544.1  11011
1001  2019-05-07  10:33:20  3370.5901  0  0.0724  ...//...  40.378105  48.973633  544.2  11011
    
```

Remarque : Ci-dessous la liste exhaustive des paramètres disponibles dans le format CG6 :

*Station Date Time CorrGrav Line StdDev StdErr RawGrav X Y SensorTemp TideCorr TiltCorr
TempCorr DriftCorr MeasurDur InstrHeight LatUser LonUser ElevUser LatGPS LonGPS ElevGPS
Corrections[drift-temp-na-tide-tilt]*

Paramètres de l’entête requis :

- *Origine du fichier:* CG-6 SURVEY
- *Instrument Serial Number:* Numéro de série

Vous venez de lancer **CG6TOOL** (et la variable d'environnement CG6TOOL existe) ...

CG6TOOL - jv2022.12 (2022-12-01) - BGI/IRD

Field Survey Tools About Help

INPUT INFORMATIONS

Directory :
Observed File :
Site File :
Gravimeter : ERR

OUTPUT INFORMATIONS

Computed File :
Result File :

CORRECTIONS

E.T.C. : CG6 Common Longman Precise Longman
TIME : UTC-Local =
DRIFT : Linear (Least Square Adjustment)
SITE : Height (mGal/m) :
REOC : Time Delay (min) =

POSITION

Directory :
Position File :

GRAVITY BASE

Base 1 : mGal
Base 2 : mGal

GRAPHIC

Plot #1 : ps
Plot #2 :
 To save temporary directory

1. Sélection d'un fichier

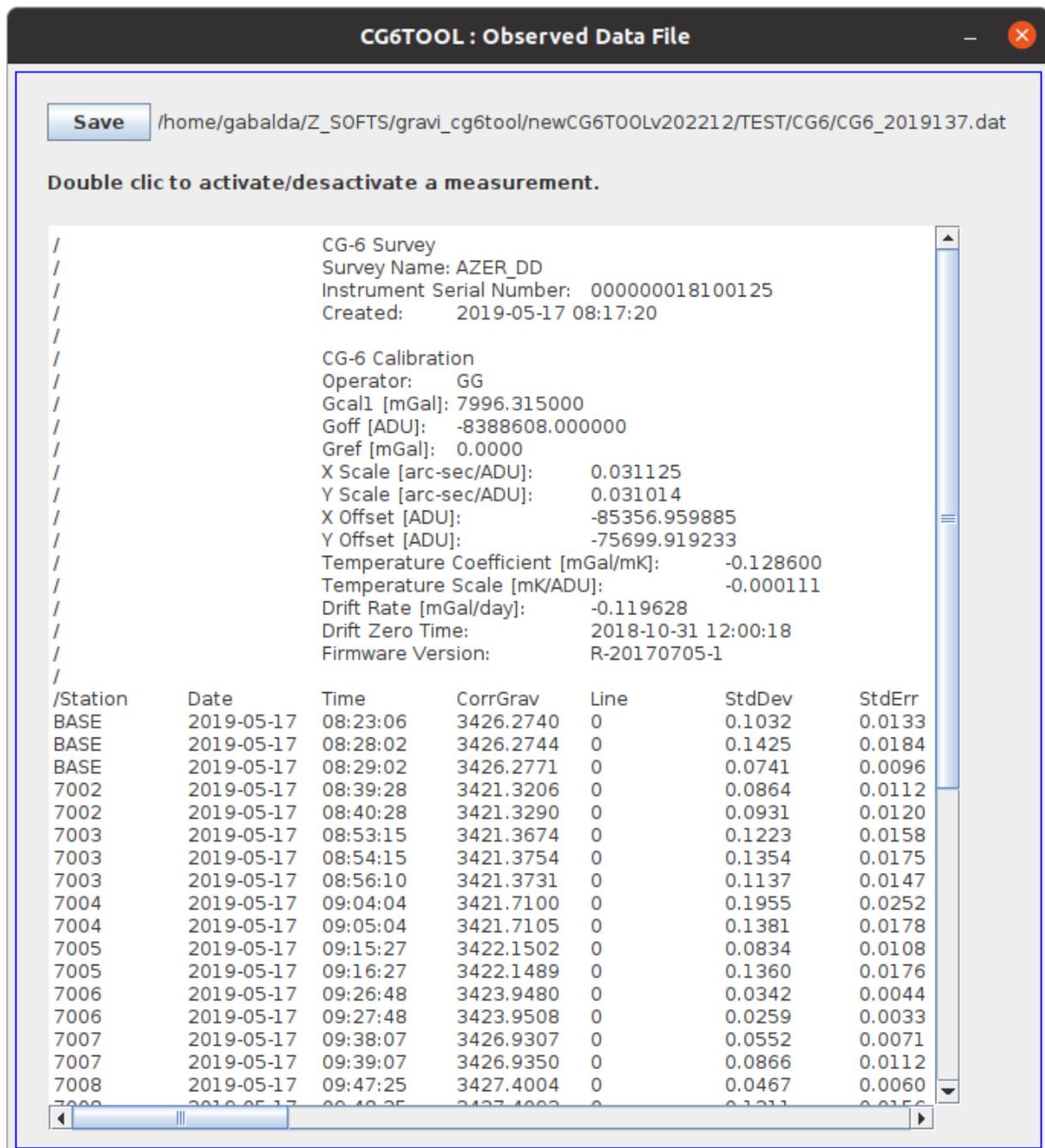
Cliquez sur le bouton **<Load>** et sélectionnez un fichier d'observation.
Dès la sélection effective, l'interface est mise à jour.

The screenshot displays the CG6TOOL software interface with the following sections:

- INPUT INFORMATIONS**
 - Directory : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/CG6
 - Observed File : CG6_2019137.dat (Buttons: Load, Edit)
 - Site File : Unknown
 - Gravimeter : CG6 #18100125 (ERR)
- OUTPUT INFORMATIONS**
 - Directory : SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/CG6
 - Computed File : C_CG6_2019137.dat
 - Result File : R_CG6_2019137.dat
 - (Button: OK)
- CORRECTIONS**
 - E.T.C. : CG6 Common Longman Precise Longman
 - TIME : UTC-Local =
 - DRIFT : Linear (Least Square Adjustment)
 - SITE : Height (mGal/m) : 0.00000 (Reset)
 - REOC : Time Delay (min) = 15
- POSITION**
 - Directory :
 - Position File : (Buttons: Load, Infos)
- GRAVITY BASE**
 - Base 1 : mGal
 - Base 2 : mGal
 - (Button: APPLY)
- GRAPHIC**
 - Directory : home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/CG6
 - Plot #1 : Plot1_CG6_2019137.ps (ps)
 - Plot #2 : Plot2_CG6_2019137.ps
 - Advanced Graphic Parameters To save temporary directory
 - (Button: PLOT)

TRAITEMENT D'UN CHEMINEMENT

Le fichier des observations peut être édité à l'aide du bouton <Edit>.



L'éditeur permet de modifier les observations.

- ❖ Le **double-clic** sur une ligne ajoute (ou enlève si il existe) le caractère # en début de ligne. Les lignes ainsi marquées ne seront pas prise en compte lors du traitement.
- ❖ Le bouton <Save> permet de sauvegarder les modifications.

2. Chargement d'un fichier sélectionnée

Clic du bouton <OK>. Des messages peuvent apparaître à l'écran en cas d'erreurs sinon l'interface est mise à jour et le bouton <APPLY> devient accessible.

The screenshot shows the CG6TOOL software interface with the following sections:

- INPUT INFORMATIONS**
 - Directory : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/CG6
 - Observed File : CG6_2019137.dat (Buttons: Load, Edit)
 - Site File : Unknown
 - Gravimeter : CG6 #18100125 (Button: ERR □)
- OUTPUT INFORMATIONS**
 - Directory : SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/CG6
 - Computed File : C_CG6_2019137.dat
 - Result File : R_CG6_2019137.dat
 - (Button: OK)
- CORRECTIONS**
 - E.T.C. : CG6 Common Longman Precise Longman
 - TIME : UT UTC-Local = 0
 - DRIFT : Linear (Least Square Adjustment)
 - SITE : Height (mGal/m) : 0.00000 (Button: Reset)
 - REOC : Time Delay (min) = 15
- POSITION**
 - Directory :
 - Position File : (Buttons: Load, Infos)
- GRAVITY BASE**
 - Base 1 : BASE 0.000 mGal
 - Base 2 : BASE 0.000 mGal
 - (Button: APPLY)
- GRAPHIC**
 - Directory : 'home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/CG6
 - Plot #1 : Plot1_CG6_2019137.ps (Button: ps □)
 - Plot #2 : Plot2_CG6_2019137.ps
 - Advanced Graphic Parameters To save temporary directory
 - (Button: PLOT)

3. Traitement

Plusieurs corrections (luni-solaire, hauteur, dérive instrumentale) et options (fichier de position, référence gravimétrique) sont disponibles:

- **E.T.C.: CG6 / Common Longman / Precise Longman**
 - ✓ **CG6** : Correction de marée du fichier (calcul avec coordonnées du setup du gravimètre) basée sur le modèle de Longman (1959).
 - ✓ **Common Longman** permet de recalculer la correction avec le même modèle mais avec les coordonnées de l'entête.
 - ✓ **Precise Longman** permet de calculer une correction pour chaque site (coordonnées lues dans un fichier de position)
- **SITE : Height**
 Cette correction permet de prendre en compte l'effet d'un gradient vertical pour ramener les mesures à un même niveau de référence. Les hauteurs de correction sont lues dans un fichier de site qui peut être créé par l'outil <Create/Modify Site File>. Par défaut le gradient est 0.3086 mGal/m.
- **REOC : Time Delay**
 La dérive instrumentale est calculée à l'aide des mesures réalisées sur les sites réoccupés. Ce paramètre fixe la période minimum à partir de laquelle on considère qu'une station est dite « réoccupée » (15 minutes par défaut).
- **POSITION** (voir également le chapitre "FICHER DE POSITION")
 Possibilité de charger un fichier de coordonnées afin de calculer des corrections de marée précise (ETC Precise Longman).

CG6TOOL : POSITION FILE : INITIALISATION

/home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6T00Lv202212/TEST/CG6/CG6.stations

HEADER (Number of lines) : 2

RECORD : Fix the file fields's number and choice unity

Station Number : 2

Longitude & Latitude : 8 4 +DD.DDD

Elevation : 12 M

OK

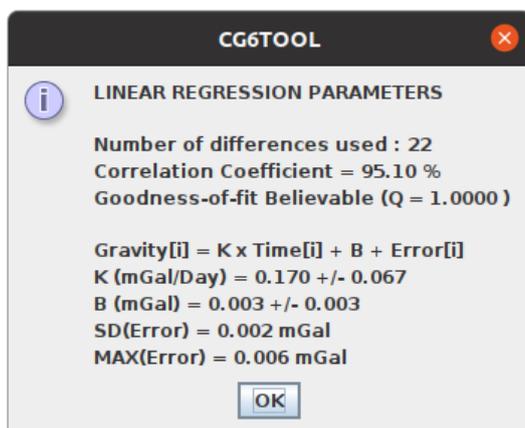
Le format défini par l'utilisateur est ensuite accessible à l'aide du bouton <Infos> de l'interface.

- **GRAVITY BASE**
 Cette option permet d'attribuer une valeur de pesanteur à 1 ou 2 stations du circuit. Par défaut *Base 1* est la première station du circuit et *Base 2* la dernière. Dans le cas de circuit qui ne bouclent pas, l'utilisation de 2 bases permet d'obtenir une dérive « réaliste » et donc des résultats « acceptables ».

Le bouton <APPLY> déclenche la vérification des choix.

Si l'option **Precise Longman** a été sélectionnée et qu'aucun fichier de position n'a été sélectionné alors l'utilisateur est invité à le faire.

Ensuite **CG6TOOL** ouvre une fenêtre contenant des informations sur les paramètres de la dérive instrumentale.



Bouton <OK> pour continuer.

CG6TOOL crée deux fichiers:

- ✓ C-file [calculé] avec les données corrigées et triées (temps d'acquisition).
- ✓ R-file [résultat] (1 mesure par station).

Fichier C(alculé) : C_<Observed File>

```
# INFO : CG6TOOL 2022.12 (2022-12-01) - FIELD COMPUTED FILE
# CREATOR : gabalda
# DATE : Thu Nov 24 17:49:52 CET 2022
# GRAVIMETER : CG6 #18100125
# DATA : Observed = 37 / Used = 37
# CORRECTION : Earth Tide = Precise Longman / Height = No
# FORMAT : STATION / VALUE (mGal) / ERR (mGal) / DUR (s) / # REJ / X (Arc s) / Y (Arc s) / TEMP (mK)
# FORMAT : ETC (mGal) / JUL DAY / TIME (mn) / DDMMYY / HHMMSS / UT-Local (h) / SC (mGal) / GRAV (mGal)
BASE 3426.150 0.013 60 0 -8.4 -1.3 2.51 0.124 137 503.1000 170519 082306 0 0.000 0.0000
BASE 3426.152 0.018 60 0 -7.8 -1.8 2.45 0.123 137 508.0333 170519 082802 0 0.000 -0.0002
BASE 3426.154 0.010 60 0 -6.3 -1.3 2.44 0.123 137 509.0333 170519 082902 0 0.000 0.0024
7002 3421.201 0.011 60 0 10.6 -4.5 2.61 0.120 137 519.4667 170519 083928 0 0.000 -4.9552
7002 3421.209 0.012 60 0 10.0 -7.5 2.57 0.120 137 520.4667 170519 084028 0 0.000 -4.9470
... / ...
7015 3423.639 0.013 60 0 13.9 -17.2 2.54 0.007 137 688.3167 170519 112819 0 0.000 -2.6503
BASE 3426.311 0.016 60 0 3.2 -9.1 2.54 -0.011 137 709.1500 170519 114909 0 0.000 0.0024
BASE 3426.312 0.009 60 0 4.4 -13.4 2.52 -0.011 137 710.1500 170519 115009 0 0.000 0.0027
BASE 3426.313 0.017 60 0 -2.6 -7.7 2.47 -0.012 137 711.4333 170519 115126 0 0.000 0.0023
BASE 3426.314 0.009 60 0 -3.9 -13.2 2.46 -0.013 137 712.4333 170519 115226 0 0.000 0.0027
```

Fichier R(ésultat) : R_<Observed File>

```
# INFO      : CG6TOOL 2022.12 (2022-12-01) - FIELD RESULT FILE
# CREATOR   : gabalda
# DATE      : Thu Nov 24 17:49:52 CET 2022
# GRAVIMETER : CG6 #18100125
# DATA     : Total = 37 / Used = 37 / Station = 15 / Reoccupation (DT>15mn) = 1
# CORRECTION : Earth Tide = Precise Longman / Height = No
# REFERENCE  : Station BASE (980041.400 mGal)
# DRIFT     : Value (mGal/Day) = 0.170 +/- 0.067 / Offset (mGal) = 0.003 +/- 0.003
#           : Standard Deviation (mGal) = 0.002 / Maximum Deviation (mGal) = 0.006
#           : Correlation = 95 % / Goodness-of-fit (Q) = 1.000 Believable
# FORMAT    : STATION / VALUE (mGal) / ERROR (mGal) / REITERATION / REOCCUPATION
BASE 980041.4000 0.0010 7 1
7002 980036.4465 0.0048 2 0
7003 980036.4919 0.0040 3 0
7004 980036.8292 0.0025 2 0
7005 980037.2676 0.0025 2 0
7006 980039.0663 0.0028 2 0
7007 980042.0468 0.0031 2 0
7008 980042.5147 0.0039 3 0
7009 980036.5543 0.0026 2 0
7010 980036.5085 0.0026 2 0
7011 980037.3576 0.0026 2 0
7012 980039.3811 0.0038 2 0
7013 980041.7948 0.0026 2 0
7014 980038.9337 0.0025 2 0
7015 980038.7466 0.0025 2 0
```

TRAITEMENT D'UN CHEMINEMENT

Puis mise à jour de l'interface:

<PLOT> et <Advanced Graphic Parameters> sont maintenant accessibles.

The screenshot displays the CG6TOOL software interface with the following sections:

- Field Survey** | Tools | About | Help
- INPUT INFORMATIONS**
 - Directory : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6T00Lv202212/TEST/CG6
 - Observed File : CG6_2019137.dat [Load] [Edit]
 - Site File : Unknown
 - Gravimeter : CG6 #18100125 [ERR]
- OUTPUT INFORMATIONS**
 - Directory : SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6T00Lv202212/TEST/CG6
 - Computed File : C_CG6_2019137.dat
 - Result File : R_CG6_2019137.dat
 - [OK]
- CORRECTIONS**
 - E.T.C. : CG6 Common Longman Precise Longman
 - TIME : UT UTC-Local = 0
 - DRIFT : Linear (Least Square Adjustment)
 - SITE : Height (mGal/m) : 0.00000 [Reset]
 - REOC : Time Delay (min) = 15
- POSITION**
 - Directory : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6T00Lv202212/TEST/CG6
 - Position File : CG6.stations [Load] [Infos]
- GRAVITY BASE**
 - Base 1 : [BASE] 980041.400 mGal
 - Base 2 : [BASE] 0.000 mGal
 - [APPLY]
- GRAPHIC**
 - Directory : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6T00Lv202212/TEST/CG6
 - Plot #1 : Plot1_CG6_2019137.ps [ps]
 - Plot #2 : Plot2_CG6_2019137.ps
 - [Advanced Graphic Parameters] To save temporary directory
 - [PLOT]

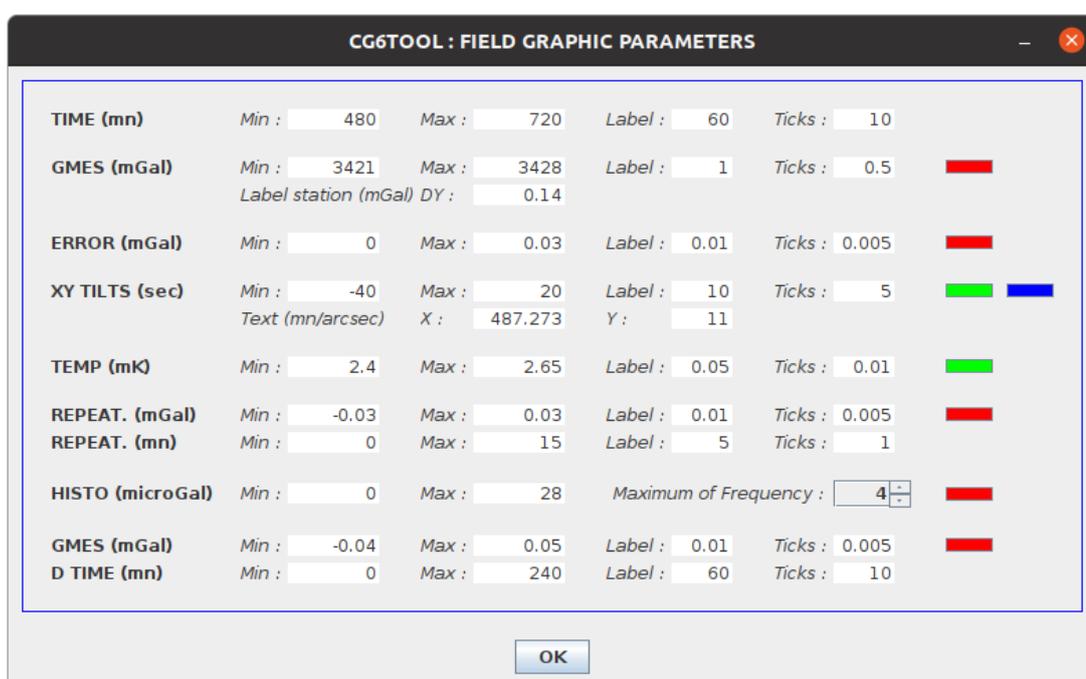
4. Visualisation

A ce stade, l'utilisateur a la possibilité de visualiser graphiquement les résultats à l'aide du bouton <PLOT>. CG6TOOL utilise la librairie graphique et mathématique GMT (Generic Mapping Tools) afin de créer les deux fichiers graphiques.

Dans un premier temps CG6TOOL crée un fichier de commande contenant toutes les informations puis celui-ci est exécuté en tâche de fond.

Le fichier de commande (temporaire) a pour nom `_tmp_cg6tool_GMT_o-file` d'extension `.csh` ou `.bat` selon OS utilisé. *o-file* est le nom du fichier d'observation.

Tous les paramètres des dessins sont automatiquement calculés. Il est également possible de les modifier avec <Advanced Graphic Parameters> ou directement dans le fichier de commande.

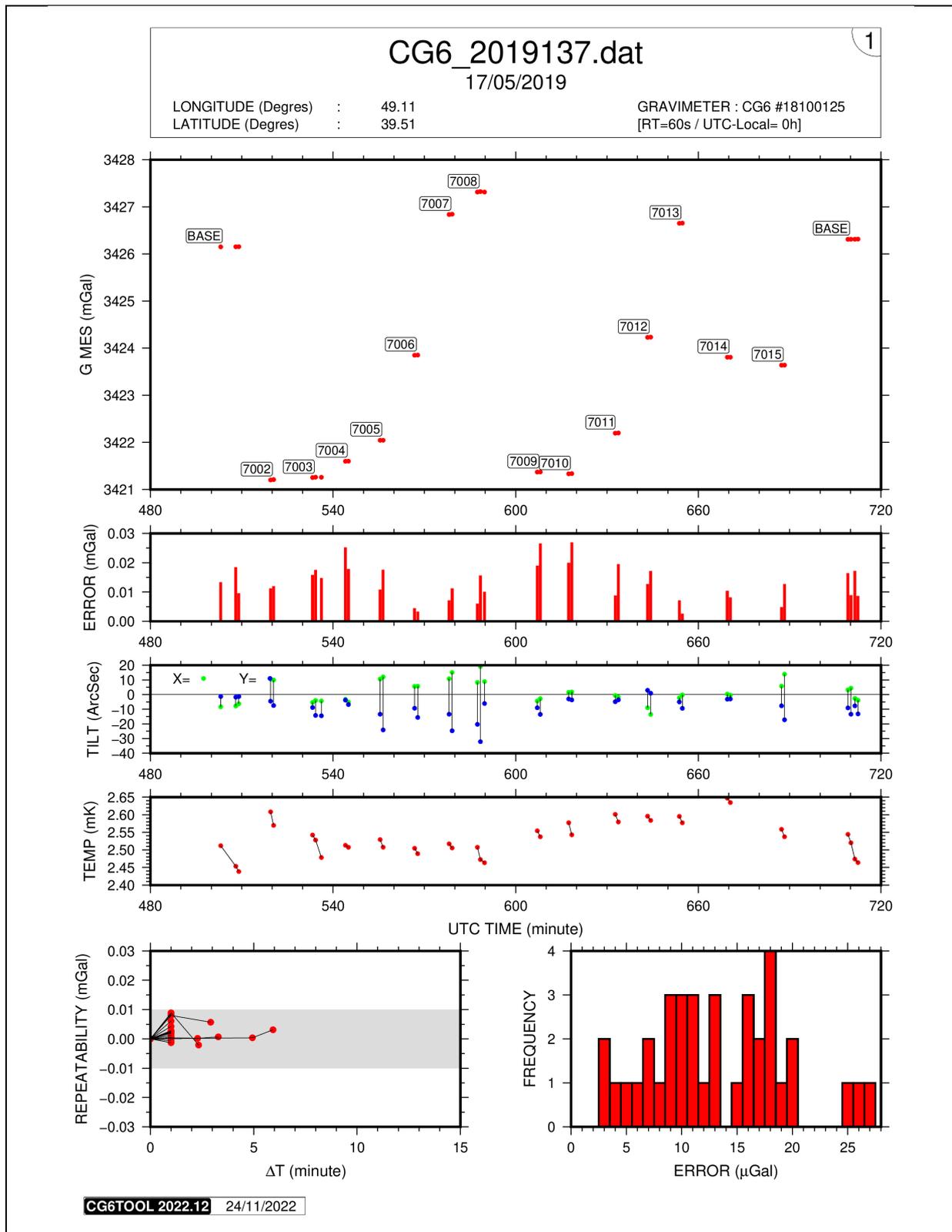


Les fichiers de commande ainsi que tous les fichiers temporaires nécessaires à la création des dessins sont stockés dans le répertoire temporaire `_tmp_user_yyyy-mm-dd-hhnnss` où *user* est le nom de l'utilisateur, *yyyy-mm-dd* et *hhnnss* la date (et l'instant) de création du fichier de commande.

“To save temporary directory” permet de sauvegarder ce répertoire temporaire.

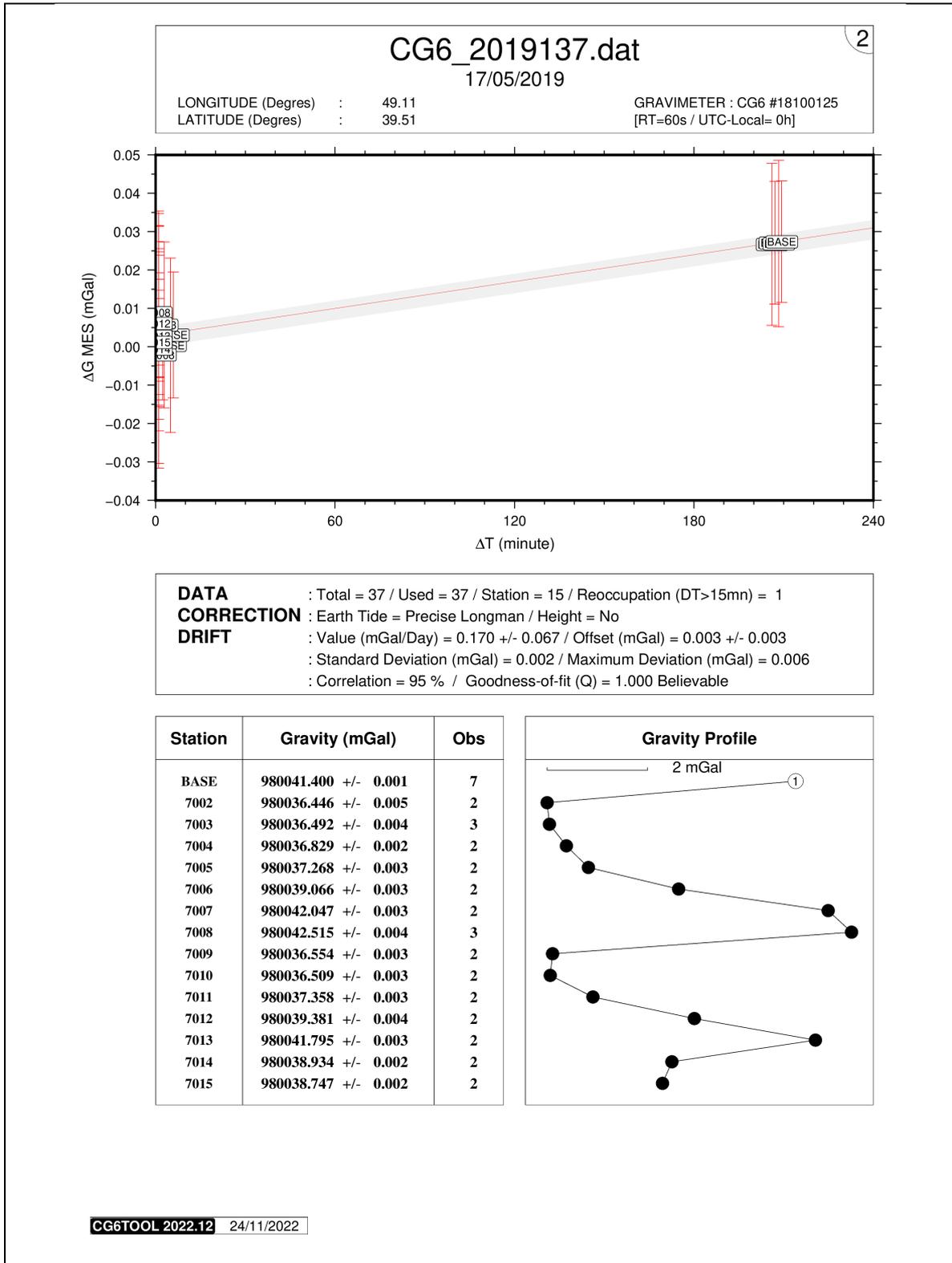
Les fichiers graphiques sont automatiquement affichés à l'aide du visionneur associé à la variable `CG6VIEWER` (`GMT4` ou `GMT5` sous `linux`) ou selon le type de fichier (`GMT6`).

TRAITEMENT D'UN CHEMINEMENT



Ce premier dessin contient les paramètres importants du cheminement (mesure brute, erreur, inclinaisons et température). La répétabilité sur les mesures consécutives sur un même site et l'histogramme des écarts-type sont également visualisés pour une première évaluation du niveau de bruit. Le cartouche supérieur reprend les informations générales sur le cheminement (nom du fichier, date, coordonnées, gravimètre, ...).

TRAITEMENT D'UN CHEMINEMENT



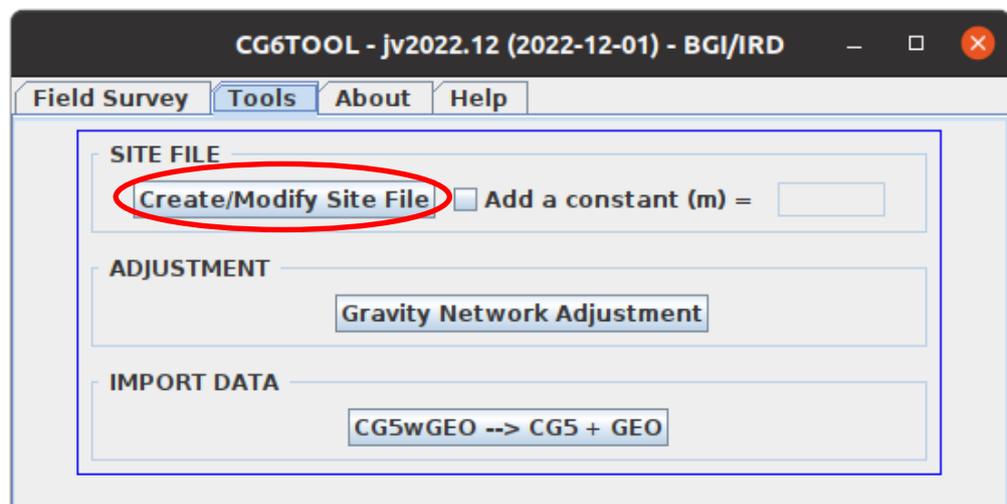
Le dessin suivant reprend les informations générales puis des informations (graphiques et numériques) sur les paramètres de la dérive linéaire instrumentale calculée (stations ayant contribuées au calcul, statistiques, ...). Le tableau du bas contient pour chaque site du cheminement le numéro de la station, la valeur moyenne, l'erreur et le nombre d'observation associée ainsi que la position respective dans le profil.

CG6TOOL permet de prendre en compte un effet de gradient vertical pour ramener les mesures à un même niveau de référence (sol, repère géodésique, ...). Les hauteurs sont lues dans un fichier de site (*S-file*) qui doit être présent dans le répertoire du fichier d'observation. Il ne peut y avoir qu'un fichier site par fichier d'observation.

Chaque ligne du fichier 'texte' contient les informations suivantes :

- ✓ Numéro de station
- ✓ Date de la mesure
- ✓ Instant de la mesure en heure et minute (hh:mm)
- ✓ Hauteur (m)

Ce fichier peut être créé manuellement par l'utilisateur mais il est plus simple et surtout plus sûr d'utiliser l'outil <Create/Modify Site file> de l'onglet <Tools> de CG6TOOL.

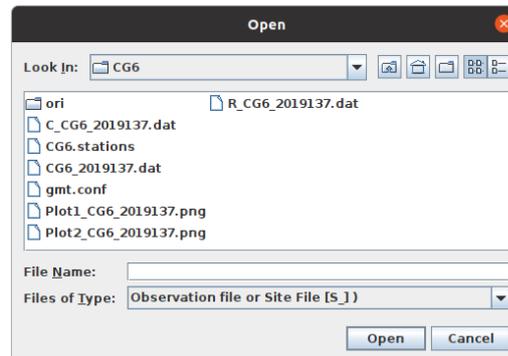


Trois possibilités s'offrent à l'utilisateur:

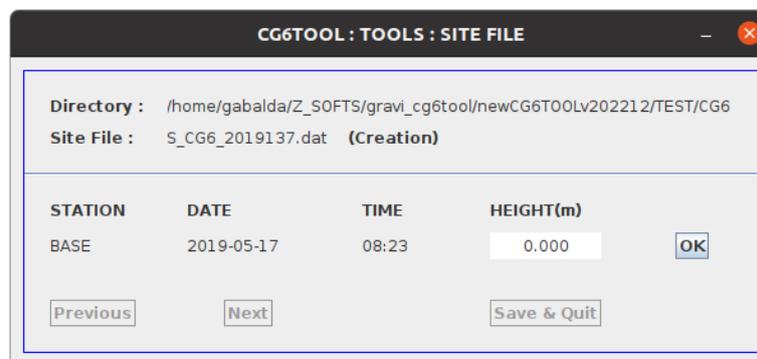
- ✓ **Création** d'un nouveau fichier de site (à partir d'un fichier d'observation) contenant des valeurs de hauteurs choisies par l'utilisateur pour chaque site
- ✓ **Modification** d'un fichier de site existant
- ✓ **Création** d'un nouveau fichier de site (à partir d'un fichier d'observation) contenant la même valeur pour l'ensemble des sites

1. Création d'un nouveau fichier avec des valeurs différentes pour chaque site

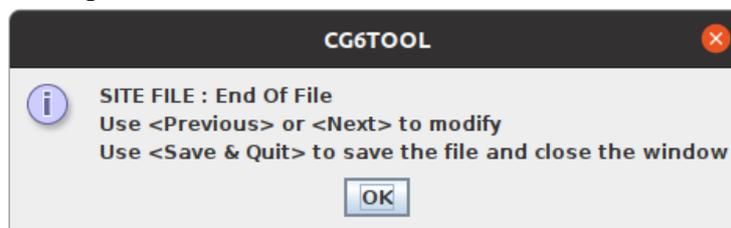
- Clic <Create/Modify Site file> et sélection du fichier d'observation



- Saisie d'une valeur de hauteur pour chaque mesure et validation avec **OK**.



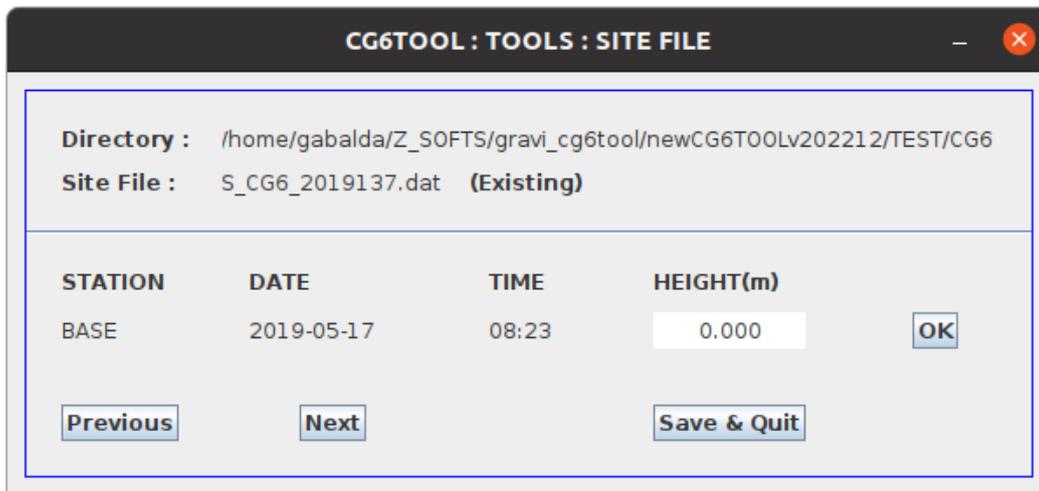
- Prise en compte de la fin de fichier



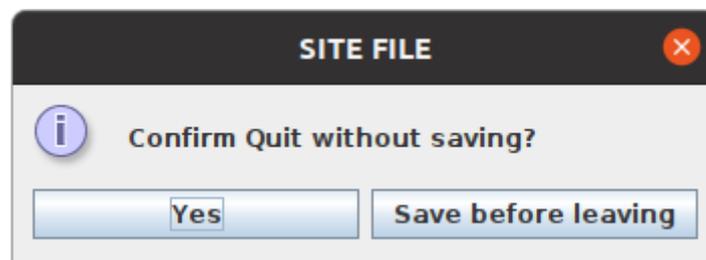
- **Previous** et **Next** permettent de balayer l'ensemble des hauteurs saisies qui peuvent être modifiées puis validées par **OK**.
- **Save & Quit** pour sauvegarder le fichier avant de quitter

2. Modification d'un fichier de site existant

- Clic <Create/Modify Site file> et sélection d'un fichier de site *S-file*.

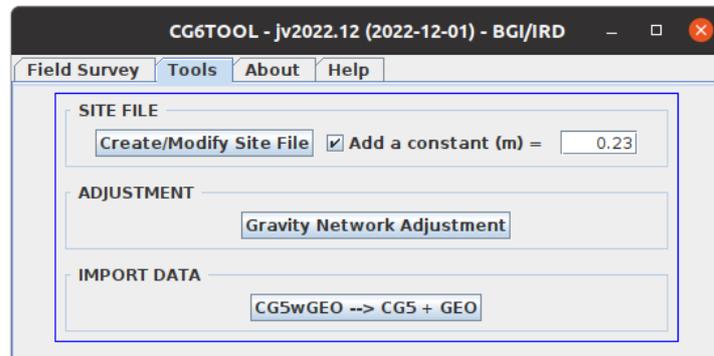


- **Previous** et **Next** pour balayer les hauteurs qui peuvent être modifiées puis validées par **OK**. Ne pas oublier de sauvegarder avant de quitter : **Save & Quit**
- Le cas échéant (clic sur l'icône  du bandeau) la boîte de dialogue suivante est affichée afin de confirmer le choix :



3. Création d'un nouveau fichier avec la même valeur pour tous les sites

- Cochez <Add a constant (m)> et initialisez le champ avec une valeur correcte



- Clic <Create/Modify Site file> et sélection du fichier d'observation

-



- La même valeur saisie est affectée à tous les observations
- **Previous** et **Next** permettent de balayer l'ensemble des hauteurs saisies qui peuvent être de nouveau modifiées puis validées par **OK**.
- Si une hauteur est modifiée sans validation alors une confirmation est demandée :



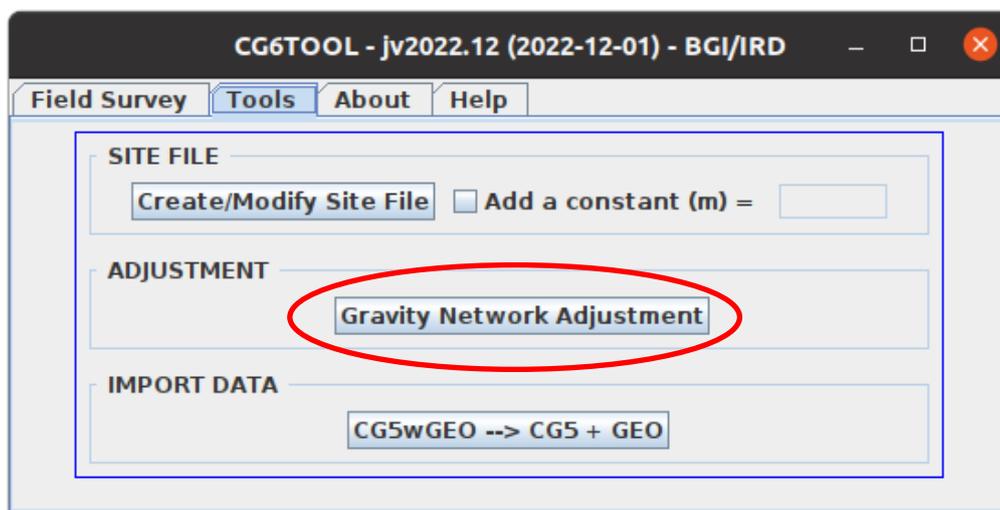
AJUSTEMENT D'UN RESEAU GRAVIMETRIQUE

Dans le but de rassembler un nombre important d'observations gravimétriques acquises lors de différents cheminements avec un ou plusieurs instruments CG6TOOL inclus un programme d'ajustement de réseaux.

Ce programme requiert que les observations gravimétriques aient été préalablement traitées (*Field Survey*) et que nous puissions disposer (1) de fichiers « calculé » (*C-file*) ou « résultat » (*R-file*) contenant des données corrigées (correction luni-solaire, dérive instrumental, ...) et (2) d'une ou plusieurs valeurs absolues.

Afin de pouvoir calculer des anomalies (Air-libre et Bouguer) et visualiser les résultats sous forme de cartes géographiques, il est impératif de disposer d'un fichier de coordonnées (*fichier de position*).

“Gravity Network Adjustment” est accessible à partir de l'onglet <Tools>.



1. Fichier de configuration : *config-file*

Afin d'initialiser l'ajustement, CG6TOOL requiert un fichier de configuration. Celui-ci doit être préalablement créé par l'utilisateur avec l'extension “**config**”.

Il contient toutes les informations nécessaires à l'ajustement des données.

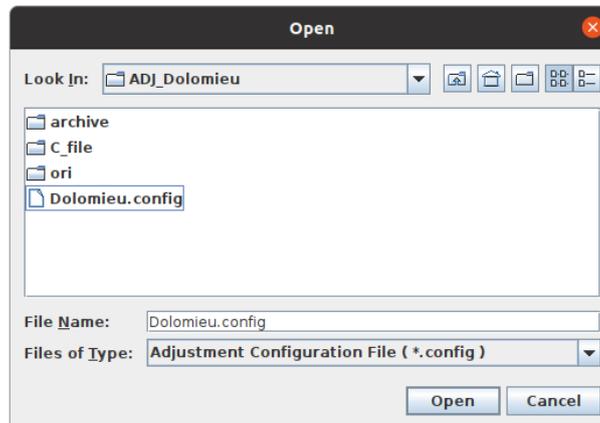
- Chaque commande contient un **mot-clé** (qui doit débiter à la première colonne et être suivi d'un espace) puis un ou plusieurs paramètres selon le mot-clé.
- L'ordre des différentes commandes n'est pas important.
- Le caractère “#” est utilisé pour commenter une ligne.
- Seulement 2 mots-clés sont requis:
 - ✓ **IRELFIL** *chemin_complet* Fichier CG6TOOL (c-file ou r-file)
 - ✓ **ABSOLUT** *numéro mesure erreur* Station absolue
- Si affichage de cartes et calcul d'anomalies alors 2 autres mots-clés sont requis:
 - ✓ **IPOSFIL** *chemin_complet* Fichier de Position
 - ✓ **IPOSFMT** *n sta lon lat alt [tc] lonlat_unit alt_unit [tc_unit]* Format

Se reporter au chapitre suivant pour connaître l'ensemble des mots-clés et au chapitre “**FICHIER DE POSITION**” pour des informations complémentaires.

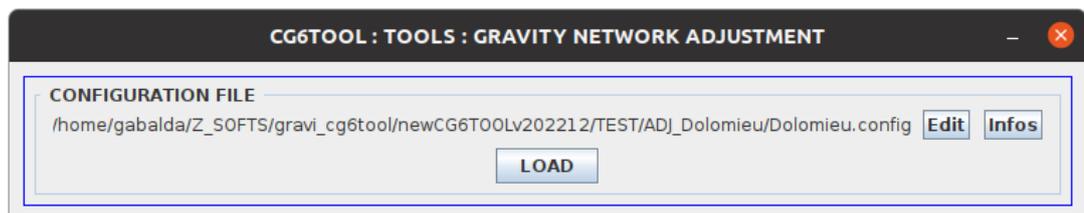
3. Chargement du fichier de configuration

3.1. Sélection du fichier de configuration

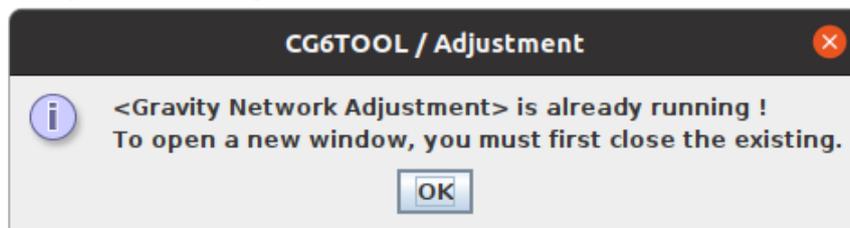
- Clic **<Gravity Network Adjustment>** et sélectionnez un *config-file*.



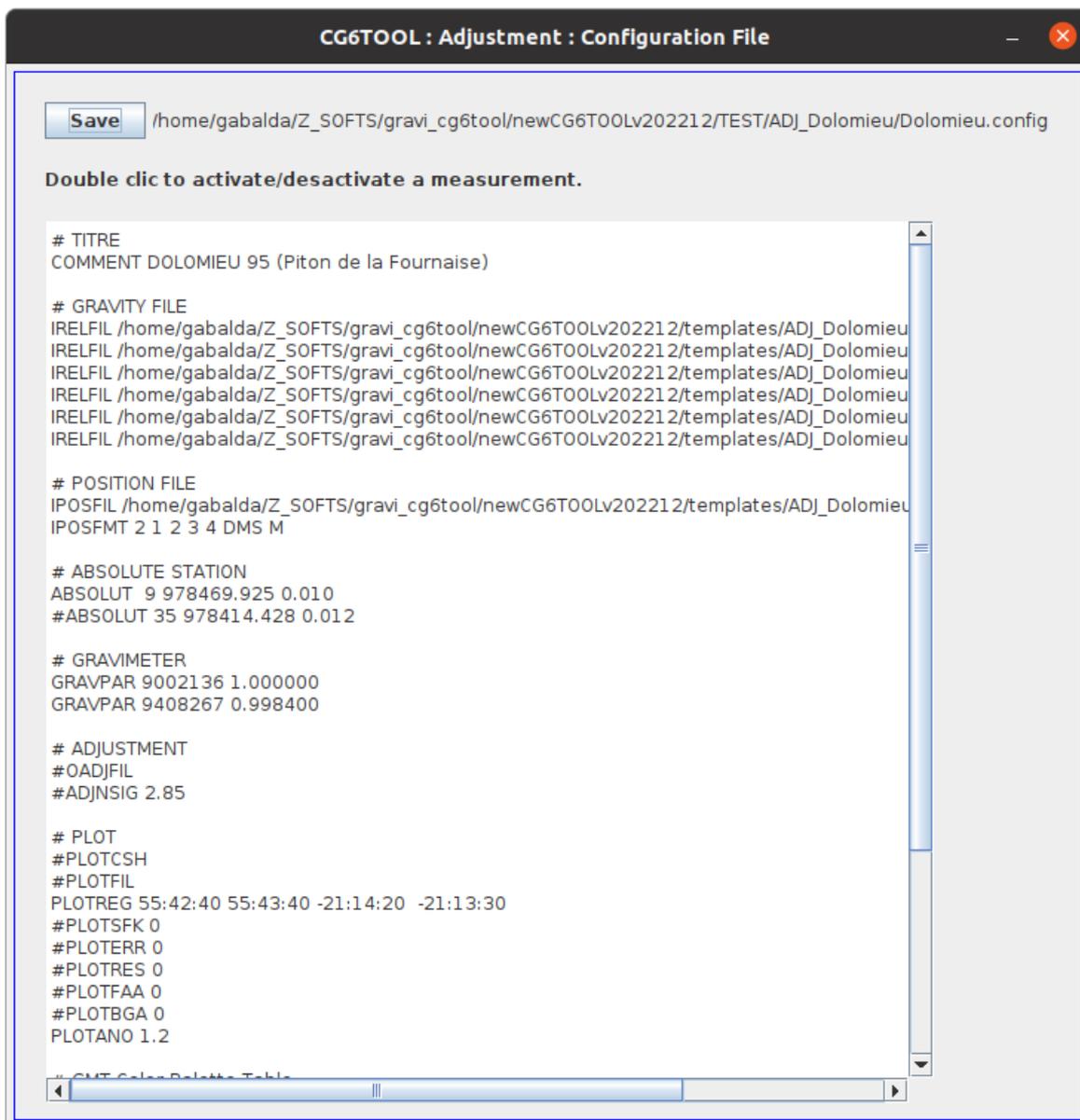
Dès l'instant où la sélection est acceptée alors toutes les informations relatives à l'ajustement seront sauvegardées dans un fichier « **log** » de nom générique `CG6TOOL_ADJ_user_yyyy-mm-dd-hhnnmsss.log` où *user* est le nom de l'utilisateur, *yyyy-mm-dd* et *hhnnmsss* la date de création.



- A ce stade trois possibilités sont offertes:
 - ✓ **<Edit>** : Éditer le fichier de configuration
 - ✓ **<Infos>** : Afficher les informations relatives aux mots-clés
 - ✓ **<LOAD>** : Charger (et contrôler) le fichier de configuration
- **<Gravity Network Adjustment>** ne permet pas de lancer plusieurs ajustements en parallèle.



3.2. Édition du fichier de configuration



- ❖ « **double-clic** » pour ajouter (ou enlever) un caractère # en début de ligne. Les lignes avec un caractère # en début ne seront pas prise en compte lors du chargement du fichier de configuration. Cette action permet d'activer (ou de désactiver) des mots-clés. Lorsqu'un mot-clé est désactivé (ou absent) alors c'est la valeur par défaut qui est utilisé dans l'ajustement.
- ❖ <Save> pour sauvegarder les modifications

3.3. Affichage des informations relatives aux mots-clés

CG6TOOL : Adjustment : Key name informations		
Network Informations		
COMMENT	Commentary (also used as a title in the drawing)	<i>Chilean network in Lastarria volcano (2005-2010)</i>
REPORT	Output report filename	<i>/CG6TOOL/Lastarria_adj/Lastarria.report</i>
Input Informations		
IRELFIL	CG6TOOL c-file (computed) or r-file (result)	<i>/CG6TOOL/c_Data/flst1c95.256</i>
IPOSFIL	Position file name with coordinates	<i>/CG6TOOL/posf/Lastarria.xy</i>
IPOSFMT	#lines (Head), field (Sta,Lon,Lat,Alt,TCO), [DD D.MS DMS EOL], [M KM EOL], [MGAL EOL]	<i>0 1 3 2 4 0 DD M MGAL</i>
ABSOLUT	Absolute station (number measure error)	<i>315 978038.114 0.007</i>
GRAVPAR	Gravimeter parameter (Serial_Number Scaling_Factor)	<i>9002136 1.000054</i>
Adjustment Informations		
OADJFIL	Root of the result file name with adjusted data	<i>/CG6TOOL/Lastarria_adj/Lastarria</i>
ADJNSIG	Adjustment filter (only residues < ADJNSIG * sigma)	<i>3.0</i>
Free-air and Bouguer anomalies		
ANODENS	Mean Density of the earth's crust (g/cm3) [2.67 by default]	<i>2.670</i>
ANOGRA	Vertical gradient of gravity (mGal/m) [0.3086 by default]	<i>0.3</i>
ANOGEO	Geodetic System [IAG80 (default) / IGSN71 / POTS30]	<i>IAG80</i>
BOUGUER	S(imple) or C(omplete) Bouguer [S (default) / C]	<i>S</i>
Drawing Informations		
PLOTCMD	Root of the C-shell script or command name to draw	<i>/CG6TOOL/Lastarria_adj/csh_visu_Lastarria_Netw</i>
PLOTFIL	Root of the Plot file name	<i>/CG6TOOL/Lastarria_adj/Lastarria</i>
PLOTREG	w e s n (min/max coordinates of data region)	<i>-68.80 -68.25 -25:25 -25.00</i>
PLOTSFK	Scaling Factor k : 0 (No plot) / 1 (Yes by default)	<i>0</i>
PLOTERR	Error : 0 (No plot) / 1 (only after adjustment) / 2 (all by default)	<i>0</i>
PLOTRES	Residues : 0 (No plot) / 1 (only extremes) / 2 (all by default)	<i>0</i>
PLOTFAA	Free-air anomaly : 0 (No plot) / 1 (Yes by default)	<i>0</i>
PLOTBGA	Bouguer anomaly : 0 (No plot) / 1 (Yes by default)	<i>0</i>
PLOTANO	Symbol size in .gmtdefault unit (1.0 by default)	<i>0.5</i>
GCPTFAA	Free-air anomaly (GMT Color Palette Table)	<i>/CG6TOOL/Color_Palette/Lastarria_haxby_faa.cpt</i>
GCPTBGA	Bouguer anomaly (GMT Color Palette Table)	<i>/CG6TOOL/Color_Palette/Lastarria_haxby_bga.cpt</i>
CONTFAA	Free-air anomaly (Contour map) : 0 (No) / 1 (Yes by default) [Aannotation] [Ccontour]	<i>1 A200 C100</i>
CONTBGA	Bouguer anomaly (Contour map) : 0 (No) / 1 (Yes by default) [Aannotation] [Ccontour]	<i>0</i>

- La première colonne contient le mot-clé en **gras**
- Suivent quelques mots de commentaires
- Puis un exemple d'utilisation
- Liste **exhaustive**. Tout autre mot-clé ne sera pas reconnu par CG6TOOL

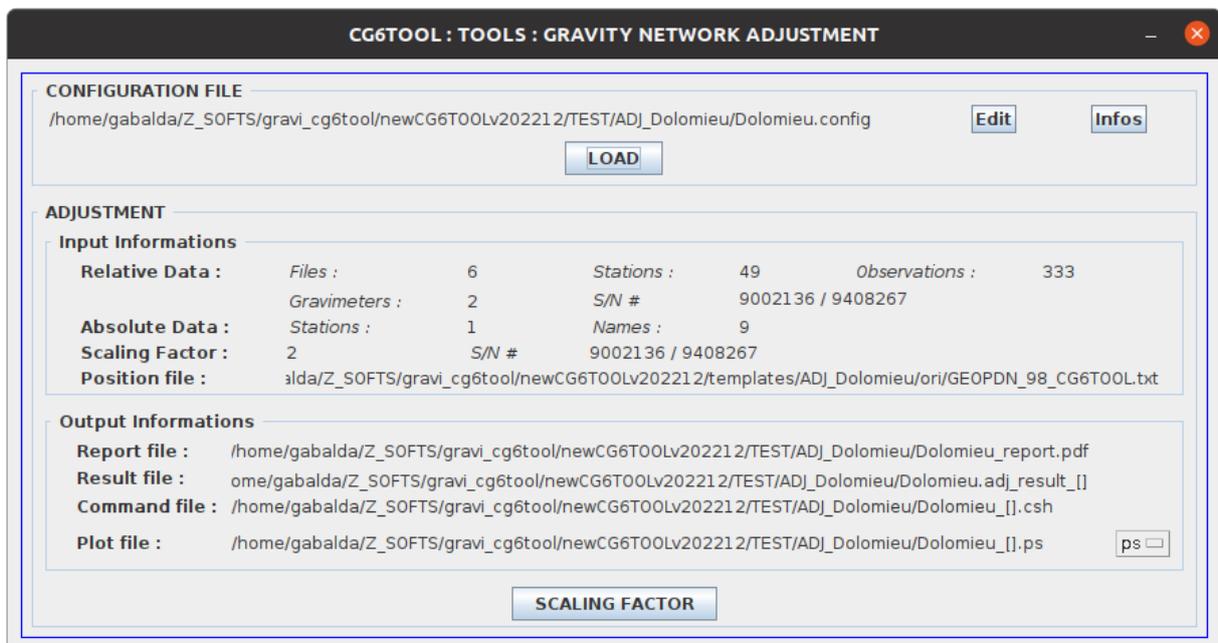
3.4. Chargement du fichier de configuration

Clic sur <LOAD> pour charger le fichier. Lecture du *config-file*, vérification des mots-clés et chargement des données. Si un ou plusieurs mots-clés d'initialisation de nom de fichiers sont absents (ou désactivés) alors CG6TOOL affiche l'information suivante :



Si l'utilisateur choisie de continuer alors l'interface graphique est mise à jour avec toutes les informations disponibles (données en entrées, noms de fichier de sorties, ...).

A ce stade, si le fichier de configuration est édité puis sauvé alors l'interface est de nouveau mise à jour (effacement des informations) et l'utilisateur devra à nouveau charger le nouveau fichier (<LOAD>) afin de prendre en compte les modifications éventuelles.



4. Facteur d'échelle

Clic sur <SCALING FACTOR> pour continuer le traitement.

L'interface est mise à jour avec les informations relatives aux facteurs de correction des gravimètres utilisés dans le réseau à ajuster:

- Calculés avec les données relatives s'il existe des sites communs mesurés avec plusieurs gravimètres.
- Lus dans le fichier de configuration (mot-clé **GRAVPAR**)
- Calculés avec les données relatives et absolues (mot-clé **ABSOLUT**)

Les facteurs de correction sont déterminés (méthode des *moindres carrés*) avec comme référence le premier gravimètre lu dans le *config-file*. Si celui-ci est absent alors le référent est celui utilisé par le premier fichier chargé (**IRELFIL**).

CG6TOOL : TOOLS : GRAVITY NETWORK ADJUSTMENT

CONFIGURATION FILE
 /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/ADJ_Dolomieu/Dolomieu.config Edit Infos
LOAD

ADJUSTMENT

Input Informations

Relative Data :	Files :	6	Stations :	49	Observations :	333
	Gravimeters :	2	S/N #	9002136 / 9408267		
Absolute Data :	Stations :	1	Names :	9		
Scaling Factor :	S/N #	9002136 / 9408267				
Position file :	balda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/templates/ADJ_Dolomieu/ori/GEOPDN_98_CG6TOOL.txt					

Output Informations

Report file : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/ADJ_Dolomieu/Dolomieu_report.pdf
Result file : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/ADJ_Dolomieu/Dolomieu_adj_result_[]
Command file : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/ADJ_Dolomieu/Dolomieu_[]_csh
Plot file : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/newCG6TOOLv202212/TEST/ADJ_Dolomieu/Dolomieu_[]_png png

SCALING FACTOR

Scaling Factors Informations

Id	S/Number	Ref	From g-files only	Read in configuration file	g-files and absolutes values
1	9002136	X	<input checked="" type="checkbox"/> 1.000000	<input type="checkbox"/> 1.000000	
2	9408267		<input checked="" type="checkbox"/> 0.998329	<input type="checkbox"/> 0.998400	

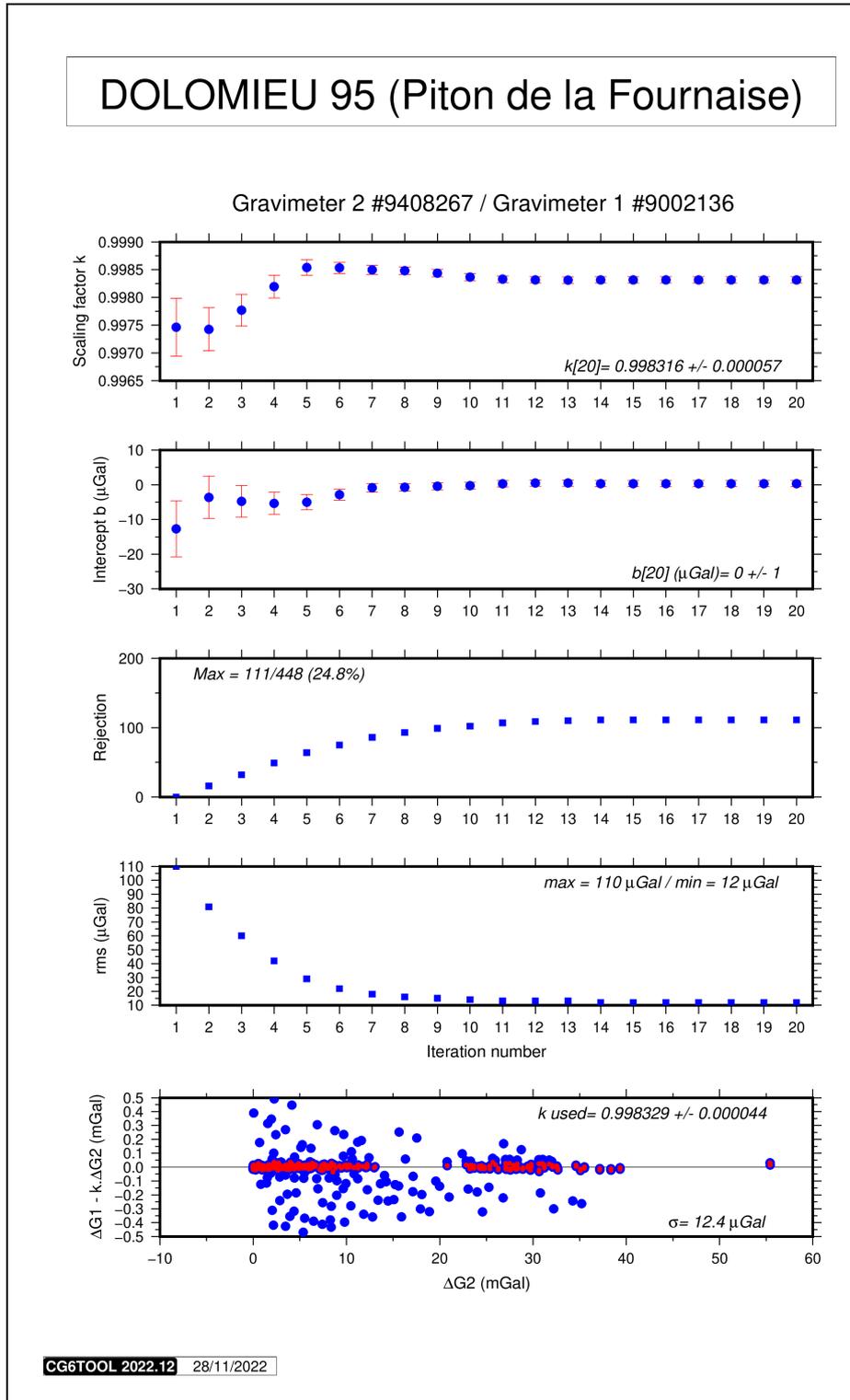
ADJUSTMENT

Pour chaque facteur de correction, un graphique est automatiquement généré afin d'aider l'utilisateur quant au choix du facteur k à cocher.

Chaque fichier (commande et graphique) ont un nom générique de type: *gna_sf_GcsncvsGrsnr.ext* où *gna*, *snc*, *snr* et *ext* sont respectivement le nom de base du *config-file*, le numéro de série du gravimètre à calibrer et celui du gravimètre de référence, l'extension du fichier (csh, bat, ps, jpg, png ou pdf).

Le fichier de commande peut être personnalisé puis exécuté indépendamment.

- ❖ Ces fichiers ne sont pas créés si la valeur de **PLOTSFK** est zéro !
- ❖ Si une étoile (*) est accolée au facteur d'échelle cela indique que l'hypothèse « *ordonnée nulle à l'origine* » a été rejetée statistiquement au seuil de 5% (*test de conformité de Student*).



Paramètres du facteur de calibration entre les gravimètres #9408267 et #9002136 (facteur k , ordonnée à l'origine, nombre de rejet et rms). 20 itérations sont calculées avec suppression des données aberrantes (*résidu au-delà de 3 écarts-types*).

Le dernier graphe présente les résultats obtenus avec comme facteur de calibration celui obtenu avec le jeu de données finales et passant par l'origine. En rouge les données pour lesquelles le résidu est en deçà de 3 écarts-types.

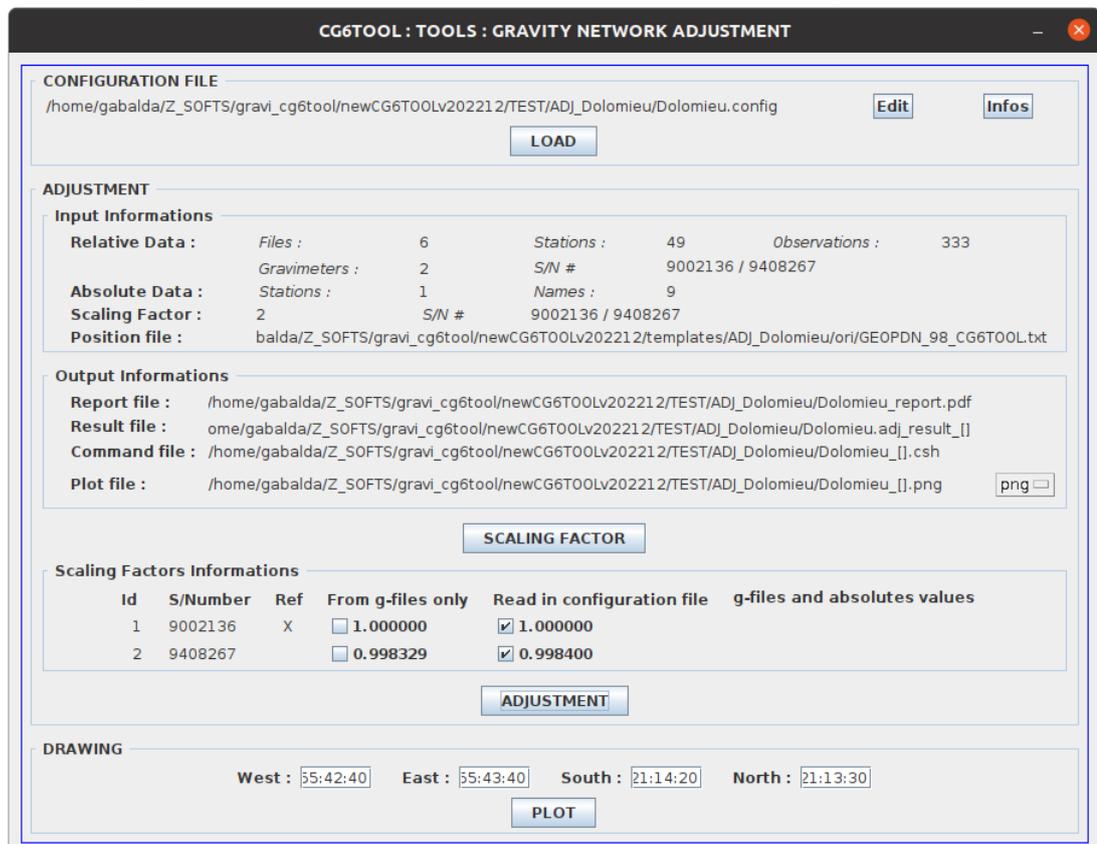
5. Ajustement

Après sélection des facteurs à utiliser, cliquez sur <ADJUSTMENT>

- Les observations sont ajustées (une, deux ou trois itérations)
 - ✓ Une seule itération si CG6TOOL arrive à déterminer avant l'ajustement une valeur pour chaque stations du réseau
 - ✓ Deux itérations si un premier ajustement d'initialisation est nécessaire
 - ✓ Une itération supplémentaire si le mot-clé **ADJNSIG** est activé
- Création du fichier d'ajustement (*voir plus loin*)
 - ✓ Le fichier résultat a le nom générique : *adjfile.adj_result_filter* où *adjfile* est la valeur **OADJFIL** (ou *gna* par défaut) et *filter* est "nofilter" ou "filtered" (si comme précédemment **ADJNSIG** est activé)
- Si **PLOTREG** est activé et définie un cadre géographique inférieur à celui limité par les observations alors CG6TOOL affiche l'information suivante :



- Après validation de l'information, l'interface est mise à jour :



AJUSTEMENT D'UN RESEAU GRAVIMETRIQUE

Fichier résultat d'ajustement CG6TOOL: Dolomieu.adj_result_nofilter

```
# INFO : CG6TOOL 2022.12 (2022-12-01) - ADJUSTMENT RESULT FILE
# CREATOR : gabalda
# DATE : Mon Nov 28 16:48:21 CET 2022
# LOG FILE : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/CG6TOOLv202212/ADJ_Dolomieu/CG6TOOL_ADJ_gabalda_2022-11-28-15h53m42s.log
# CONFIGURATION FILE
# /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/CG6TOOLv202212/ADJ_Dolomieu/Dolomieu.config
# ADJUSTMENT

# Input informations
# - Relative Data : Files# 6 / Gravimeters# 2 / Stations# 49 / Observations# 333
# - Absolute Station : 1 [9]
# - Gravimeter used: [s/n 9002136][s/n 9110193]
# - Position file : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/CG6TOOLv202212/ADJ_Dolomieu/ori/Reseau_GEOPDN_98
# Output informations
# - Result file : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/CG6TOOLv202212/ADJ_Dolomieu/ori/Dolomieu.adj_result_nofilter
# - Script file : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/CG6TOOLv202212/ADJ_Dolomieu/ori/Dolomieu_[] .csh
# - Graphic file : /home/gabalda/Z_SOFTS/gravi_cg6tool/CG6TOOLv202212/ADJ_Dolomieu/ori/Dolomieu_[] .ps
# Absolute station informations
# - Station 9 = 978469.9250 +/- 0.0100 mgal
# Scaling Factors informations
# - Meter #1 [s/n 9002136] 1.000000 <-- read in configuration file (Reference)
# - Meter #2 [s/n 9110193] 0.998400 <-- read in configuration file
# Result informations
# - Root-Mean-Square residual : 0.040 mGal
# - Filter : No
# - Errors (mGal) : Min= 0.009 / Max= 0.033 / Mean= 0.025
# - Residues (mGal) : Min= -0.117 / Max= 0.251 / Mean= 0.001
# FREE-AIR & BOUGUER
# - Mean density : 2.670 g/cm3
# - Vertical gradient : 0.3086 mGal/m
# - Geodetic system : IAG 1980
# - Bouguer anomaly : Simple
# - free-air anomaly (mGal) : Min= 475.986 / Max= 493.1592 / Mean= 487.348
# - Bouguer anomaly (mGal) : Min= 196.080 / Max= 223.977 / Mean= 209.525
#
# FORMAT : Gravity, Error, Free-air, Bouguer (mGal), Coordinates (DD, m)
# Sta Gravity Error Reit Longitude Latitude Altitude Free-air Bouguer
# =====
550 978416.0095 0.0120 6 55.7219647 -21.2278319 2520.000 483.734 201.645
551 978417.7471 0.0229 4 55.7196333 -21.2275817 2525.500 487.184 204.479
552 978411.4271 0.0217 4 55.7178622 -21.2284867 2557.600 490.715 204.417
553 978405.3228 0.0216 4 55.7158503 -21.2294914 2585.500 493.159 203.738
554 978388.9882 0.0197 5 55.7131353 -21.2307136 2630.000 490.483 196.080
.../...
529 978430.6556 0.0282 5 55.7238125 -21.2340617 2469.470 482.407 205.974
520 978431.6287 0.0227 8 55.7248803 -21.2328953 2461.070 480.859 205.366
519 978434.8900 0.0266 5 55.7240517 -21.2327336 2459.560 483.664 208.340
518 978437.3177 0.0306 4 55.7229053 -21.2327619 2461.230 486.605 211.095
34 978417.9166 0.0297 2 55.7205872 -21.2278153 2519.660 485.537 203.486
```

6. Dessin

<PLOT> permet de visualiser graphiquement les résultats obtenus. CG6TOOL utilise la librairie graphique et mathématique **GMT (Generic Mapping Tool)** afin de créer des fichiers graphiques. Ces fichiers sont automatiquement générés par des fichiers de commande personnalisables.

Les noms des scripts est *file_type.cmd* où *file* est défini par **PLOT_CMD** (ou *gna* par défaut) et *cmd* par l'OS : csh (Linux) ou bat (Windows NT). Voir ci-après les différentes valeurs de *type*.

Les limites du cadre géographique peuvent être modifiées et saisies en Degrés décimaux (**D.D**) ou Degrés, minutes et secondes (**D:M:S**).

Par défaut CG6TOOL produit les différents fichiers:

- 9 fichiers graphiques : *plotfile_type.ext* où *plotfile* est défini par le mot-clé **PLOTFIL** (or *gna* par défaut) et *ext* par le format graphique (ps, jpg, png et pdf) :
 - ✓ *plotfile_info_histo.ext* : Informations générales et histogrammes (voir figure 6.1)
 - ✓ *plotfile_err_raw.ext* : Réseau avec erreurs avant ajustement (voir figure 6.2)
 - ✓ *plotfile_err_adj.ext* : Réseau avec erreurs après ajustement (voir figure 6.3)
 - ✓ *plotfile_res_max.ext* : Réseau avec résidus extrêmes (voir figure 6.4)
 - ✓ *plotfile_res_mean.ext* : Réseau avec résidus moyens (voir figure 6.5)
 - ✓ *plotfile_faa_dot.ext* : Réseau avec l'anomalie air-libre (point) (voir figure 6.6)
 - ✓ *plotfile_faa_grd.ext* : Réseau avec l'anomalie air-libre (grille) (voir figure 6.7)
 - ✓ *plotfile_bga_dot.ext* : Réseau avec l'anomalie simple Bouguer (point) (voir figure 6.8)
 - ✓ *plotfile_bga_grd.ext* : Réseau avec l'anomalie simple Bouguer (grille) (voir figure 6.9)
 - 2 grilles « **grd** » : *gna_[faa,grd].grd* où *gna* est basé sur le nom du *config-file*
 - ✓ *gna_faa.grd* : grille créée avec *surface* (commande GMT) et les données air-libre
 - ✓ *gna_bga.grd* : grille créée *surface* et les données Bouguer
 - 2 palettes « **cpt** » (Color Palette Table GMT): *gna_haxby_[faa,grd].cpt*
 - ✓ *gna_haxby_faa.cpt*: table créée avec *makecpt* (commande GMT) et les données air-libre
 - ✓ *gna_haxby_bga.cpt*: table créée avec *makecpt* et les données Bouguer
-
- ❖ Les cartes « **errors** » ne sont pas créées si le mot-clé **PLOTERR** est à zéro
 - ❖ Les cartes « **residues** » ne sont pas créées si le mot-clé **PLOTRES** est à zéro
 - ❖ Les cartes « **free-air** » ne sont pas créées si le mot-clé **PLOTFAA** est à zéro
 - ❖ Les cartes « **Bouguer** » ne sont pas créées si le mot-clé **PLOTBGA** est à zéro
-
- ❖ La table CPT « free-air » n'est pas créée si le mot-clé **GCPTFAA** est défini
 - ❖ La table CPT « Bouguer » n'est pas créée si le mot-clé **GCPTBGA** est défini
-
- ❖ Les contours « **free-air (Grid)** » ne sont pas tracés si **CONTFAA** est à zéro
 - ❖ Les contours « **Bouguer (Grid)** » ne sont pas tracés si **CONTBGA** est à zéro

DOLOMIEU 95 (Piton de la Fournaise)

Survey adjustment results

Input data

- Relative Data : Files# 6 / Gravimeter# 2 / Stations# 49 / Observations# 333
- Absolute Station : 1 [9]
- Gravimeter used : [s/n 9002136][s/n 9408267]

Scaling Factors

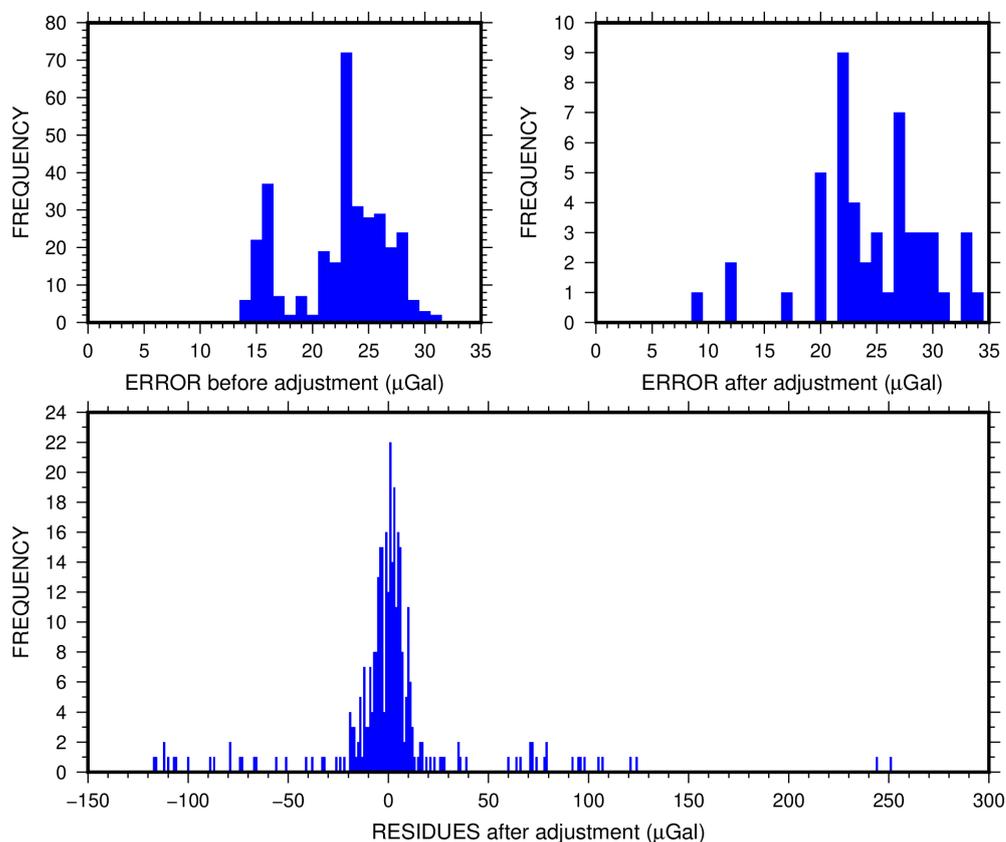
- Meter #1 [s/n 9002136] 1.000000 :-- read in configuration file (Reference)
- Meter #2 [s/n 9408267] 0.998400 :-- read in configuration file

Absolute station used :

- Station 9 = 978469.9250 +/- 0.0100 mGal

Adjustment errors (mGal) : Min= 0.009 / Max= 0.034 / Mean= 0.025

Adjustment residues (mGal) : Min= -0.117 / Max= 0.251 / Mean= 0.001



CG6TOOL 2022.12 28/11/2022

Figure 6.1: Informations générales et histogrammes

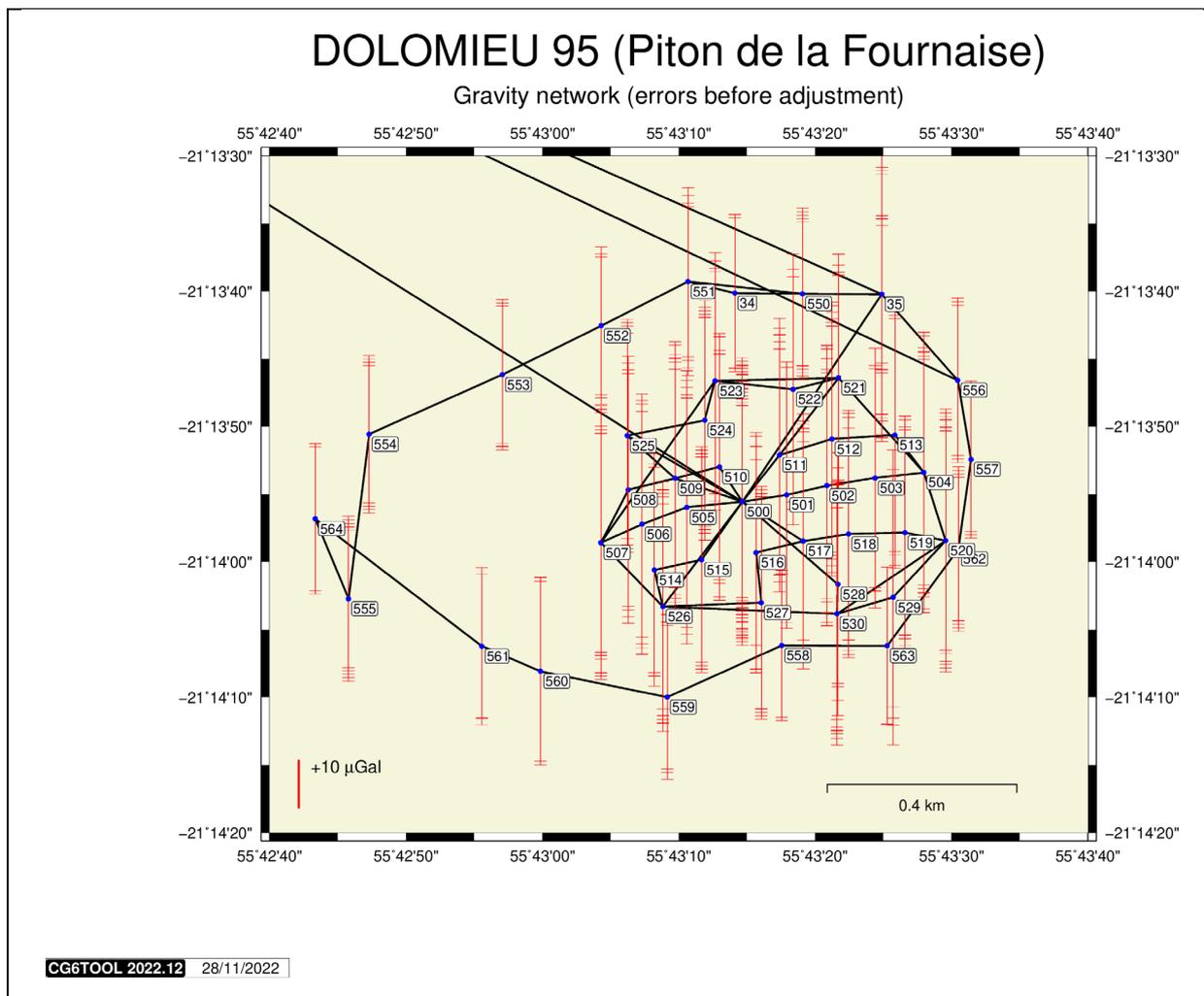


Figure 6.2: Réseau avec erreurs (avant ajustement)

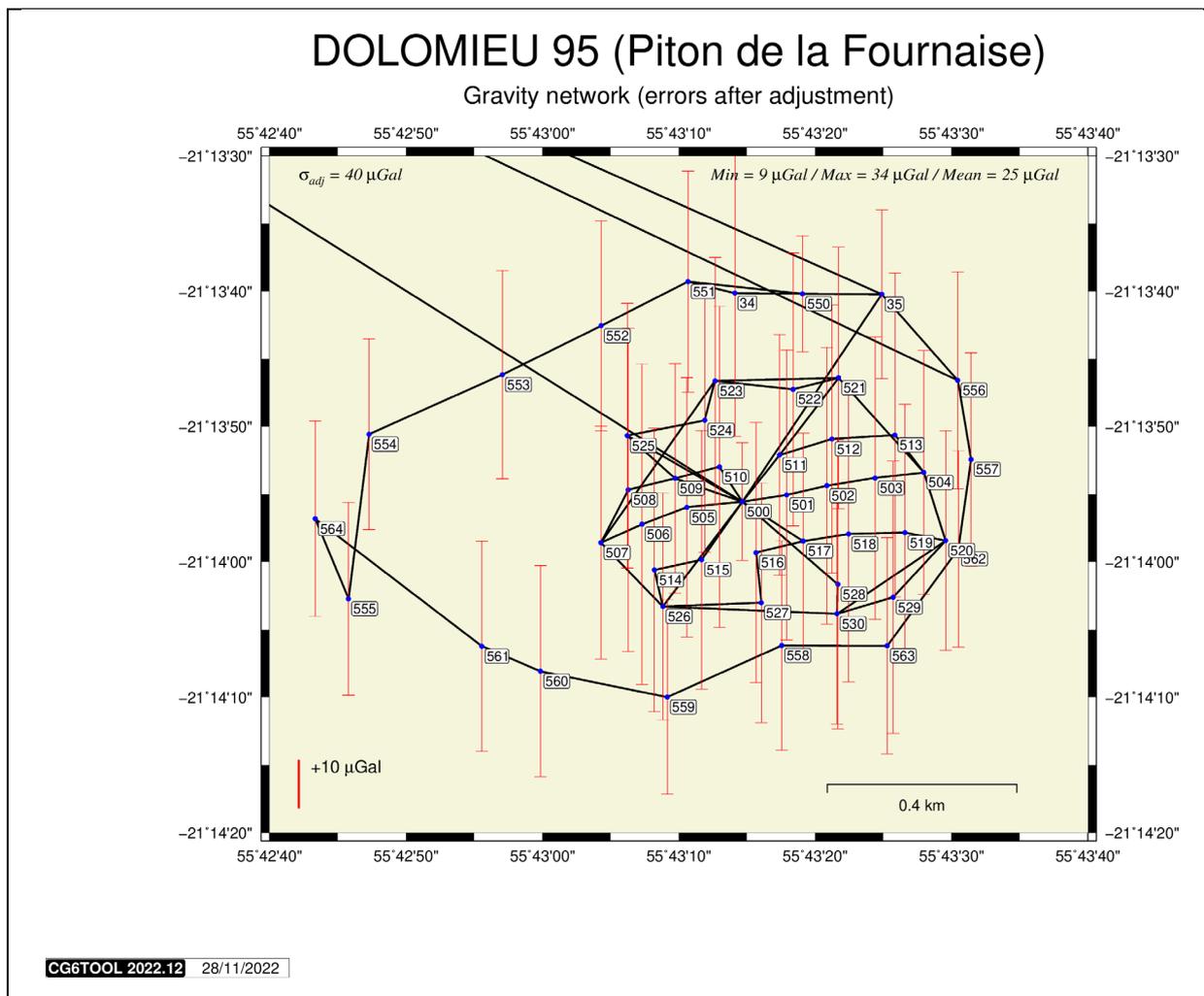


Figure 6.3: Réseau avec erreurs (après ajustement)

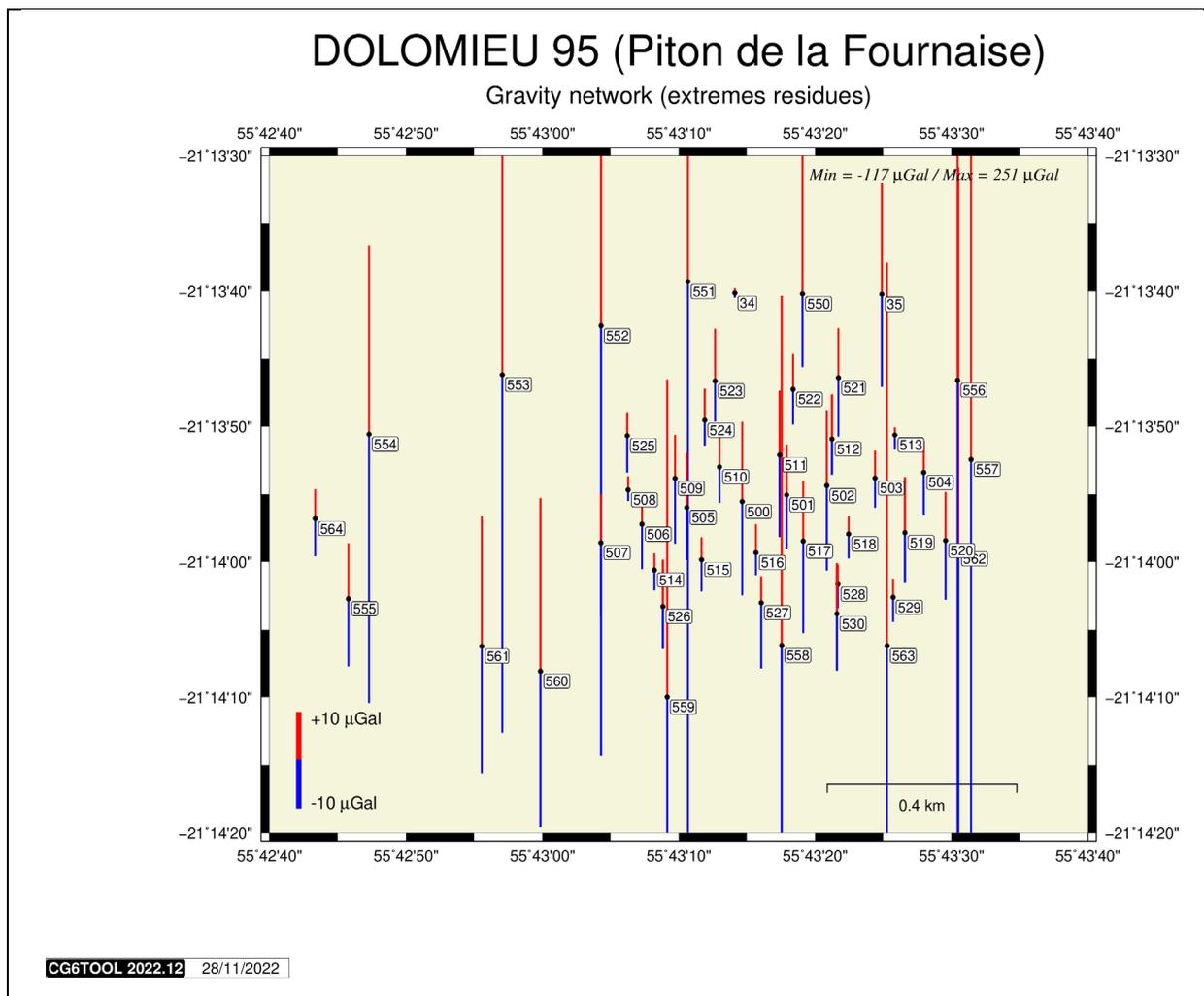


Figure 6.4: Réseau avec résidus extrêmes

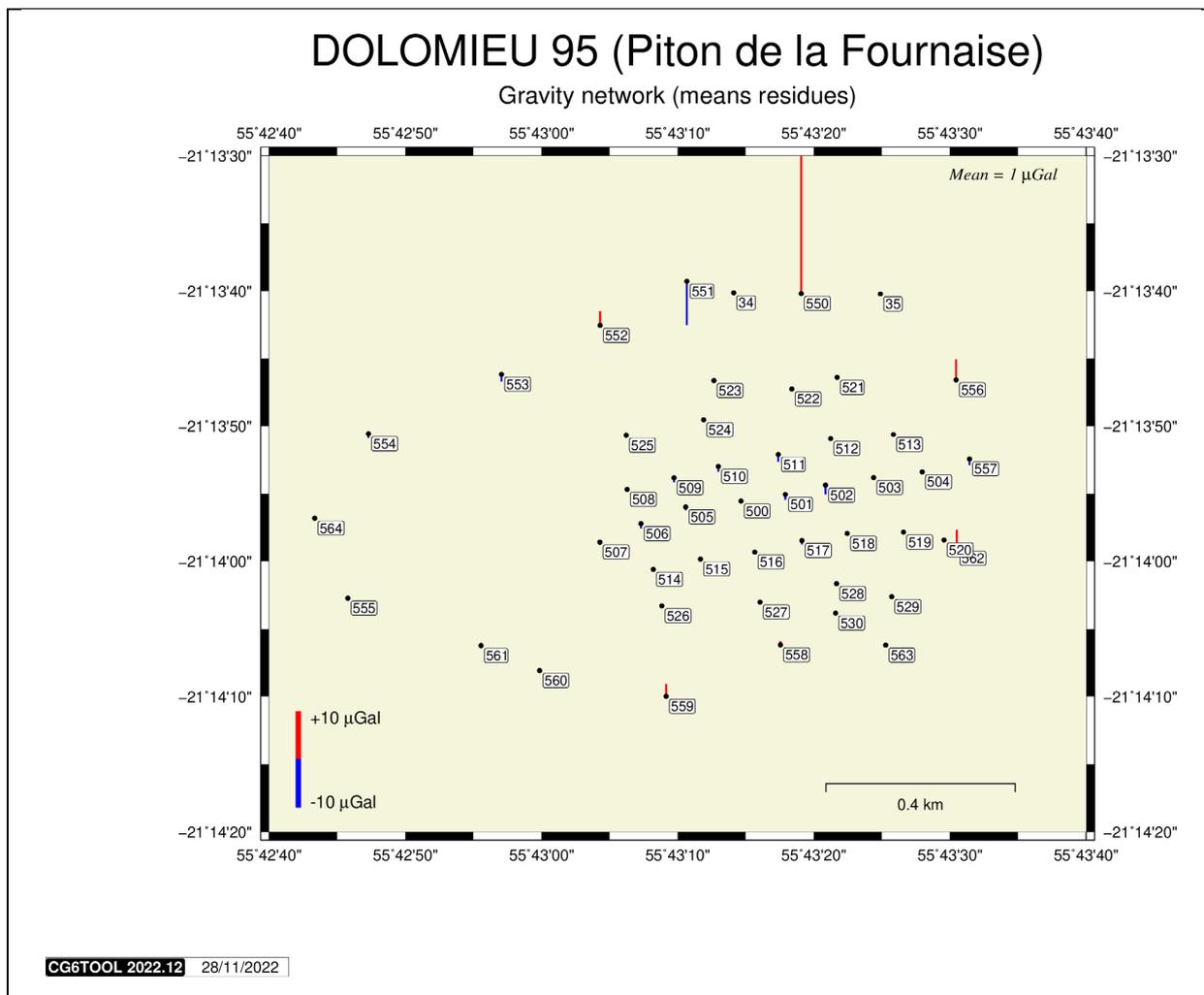


Figure 6.5: Réseau avec résidus moyens

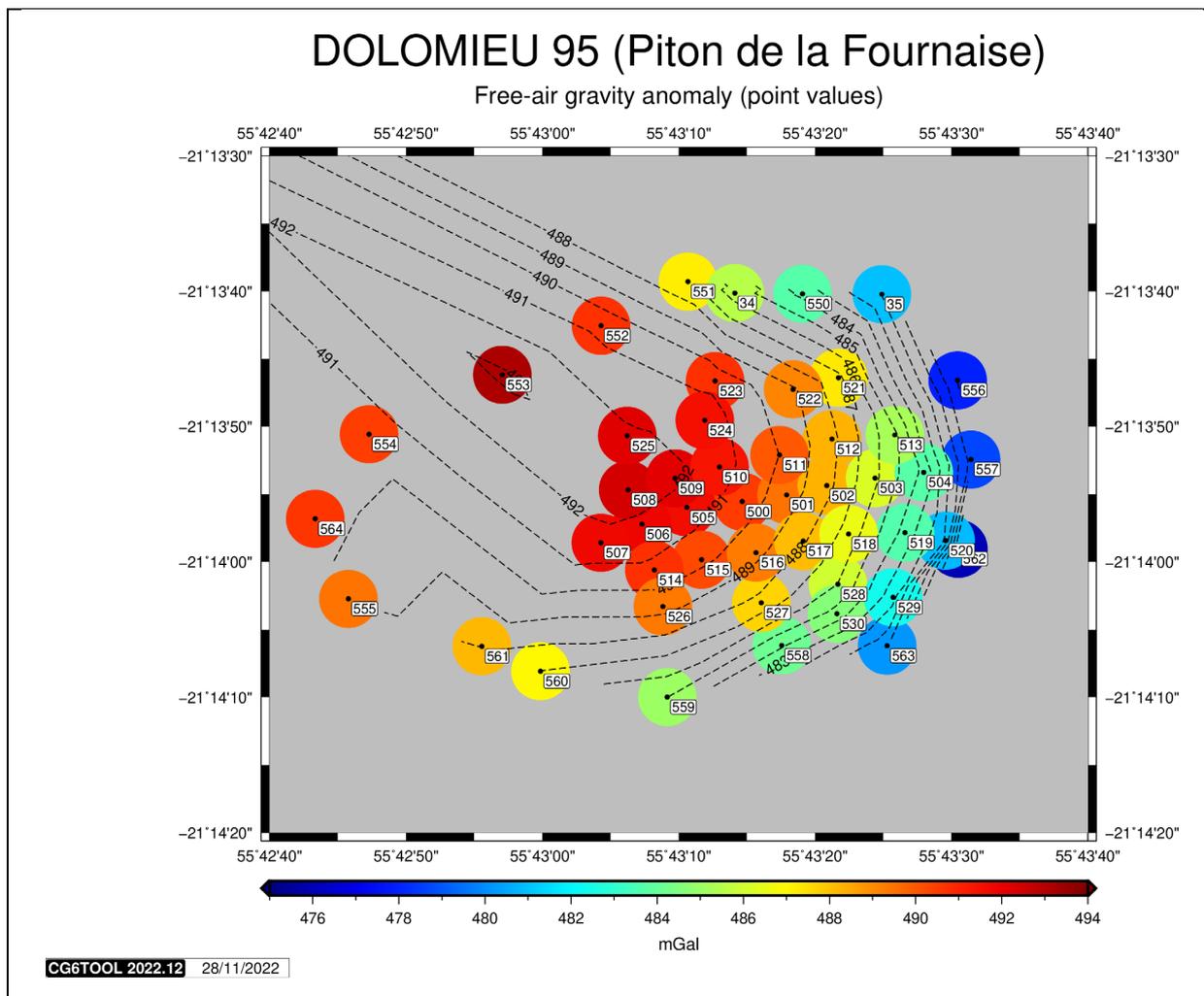


Figure 6.6: Réseau avec l'anomalie air-libre (point)

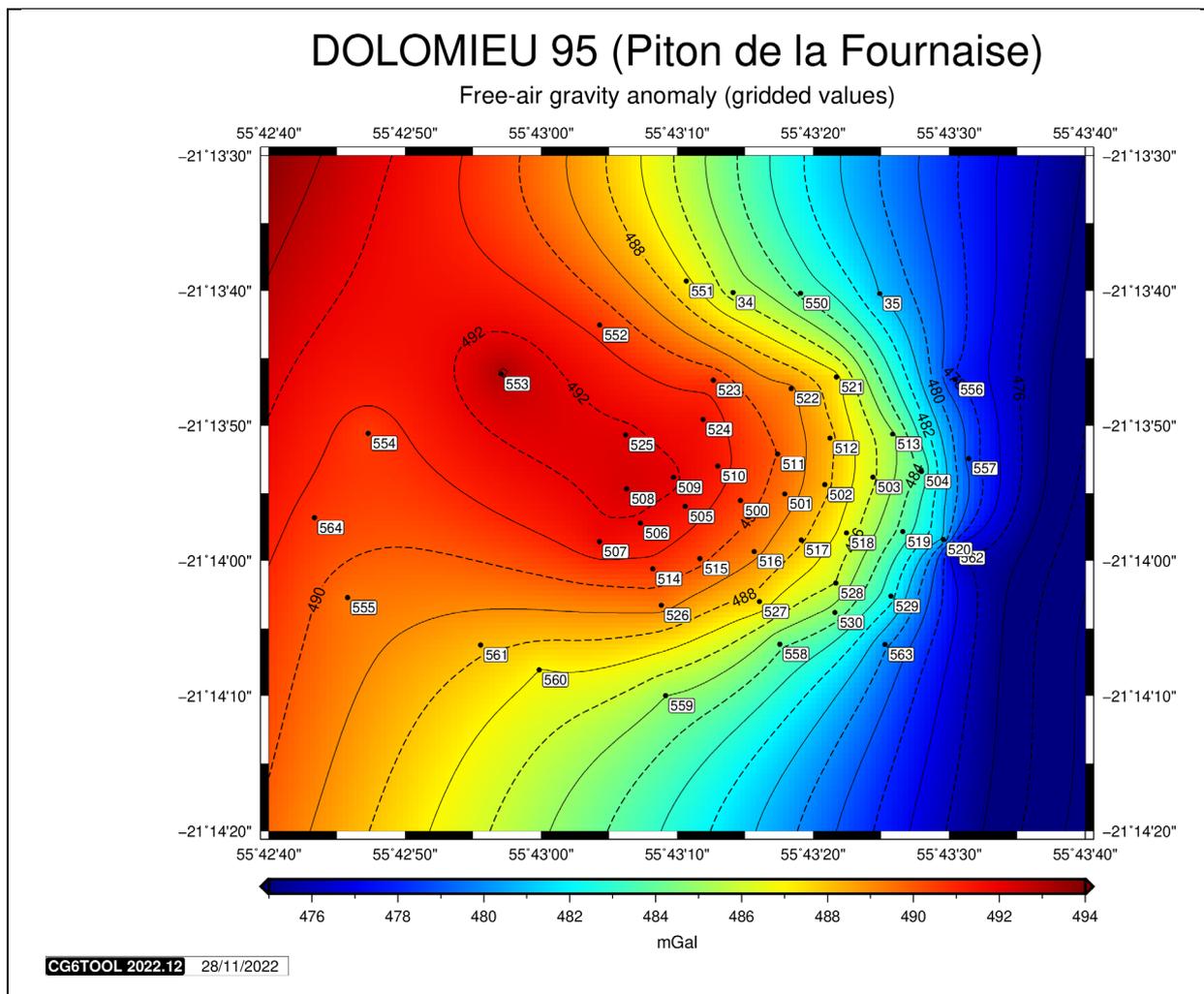


Figure 6.7: Réseau avec l'anomalie air-libre (grille)

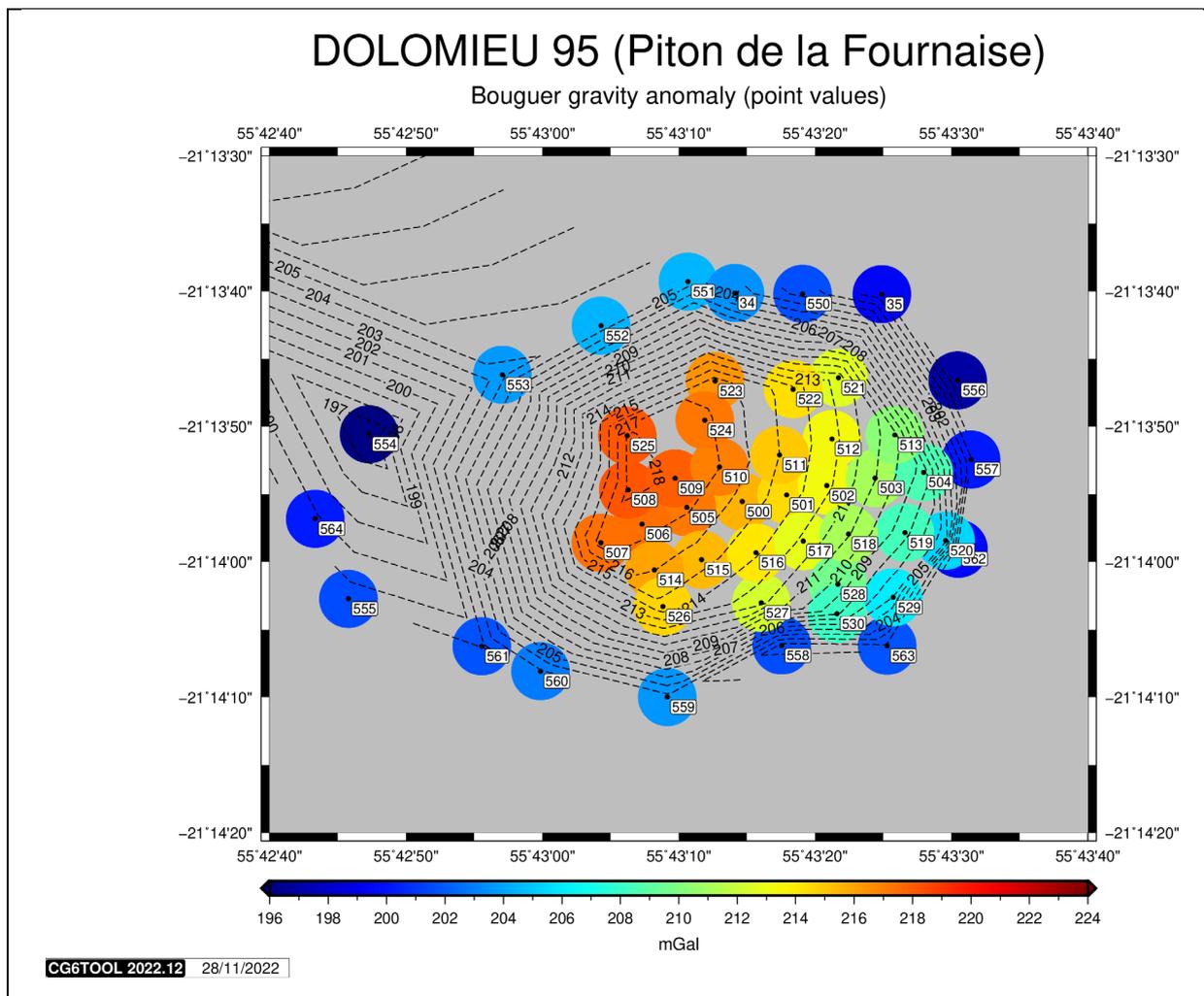


Figure 6.8: Réseau avec l'anomalie Bouguer simple (point)

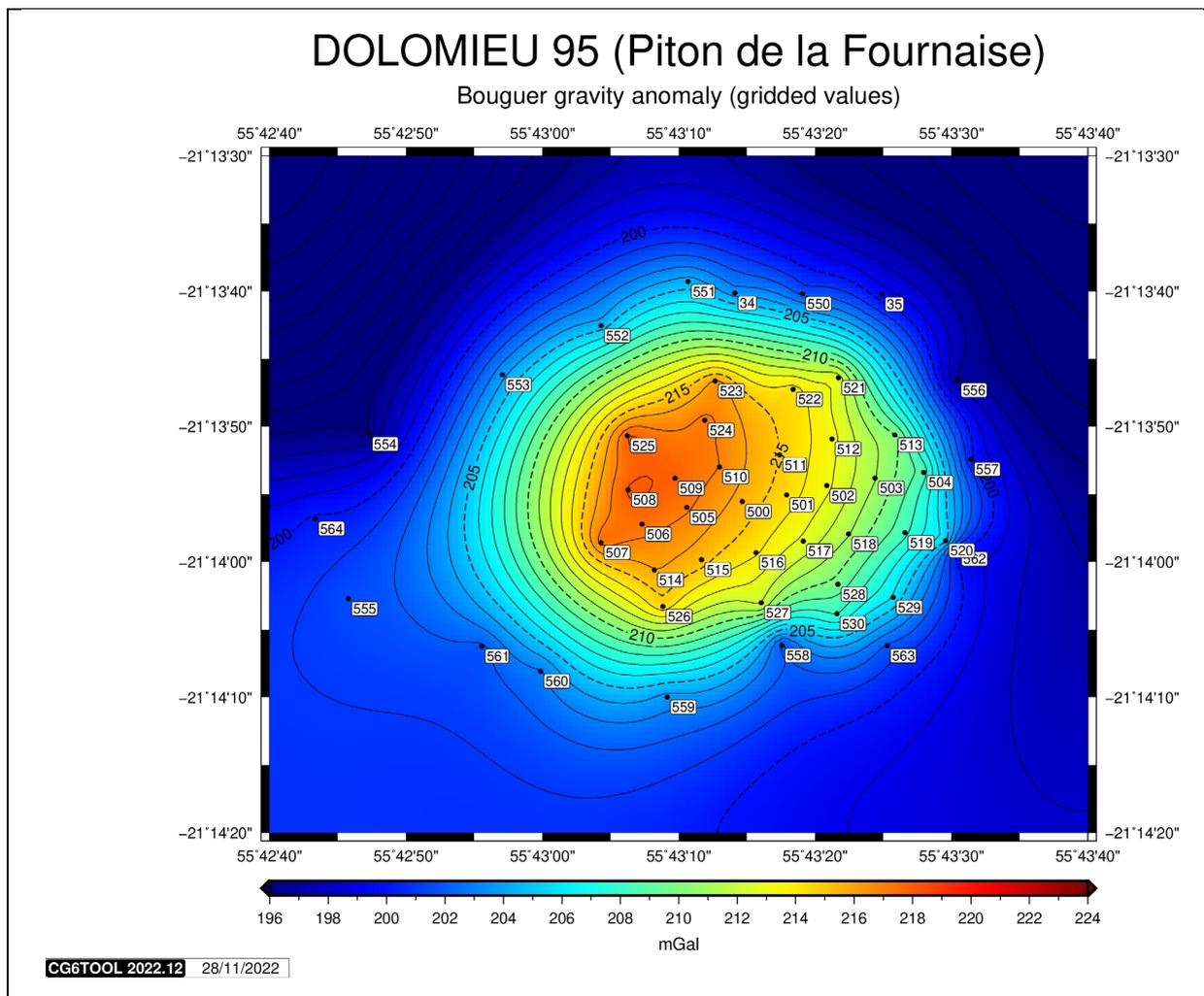


Figure 6.9: Réseau avec l'anomalie Bouguer simple (grille)

7. Rapport d'ajustement

Un rapport au format **PDF** peut être automatiquement généré quand l'utilisateur ferme la fenêtre en cliquant l'icône **X** (figure 7.1) ou quand il charge à nouveau <LOAD> le fichier de configuration (figure 7.2).



Figure 7.1: Fenêtre de dialogue après un clic sur l'icône X

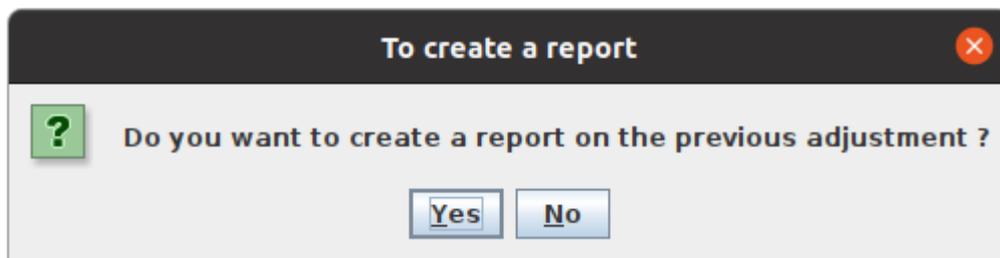


Figure 7.2: Fenêtre de dialogue avant un nouvel ajustement (LOAD)

Le rapport d'ajustement *reportfile_report.pdf* (*reportfile* est la valeur définie par **REPORT** ou *gna* par défaut) contient les informations suivantes :

- ❖ Nom de l'utilisateur et date de l'ajustement
- ❖ Titre (valeur définie par le mot-clé **COMMENT** si celui-ci existe)
- ❖ Nom du fichier « **log** »
- ❖ L'ensemble des lignes du fichier de configuration
- ❖ Informations générales (entrées, sorties, valeur absolues, ...)
- ❖ Valeurs ajustées (station, valeur, erreur, coordonnées, anomalies)
- ❖ Tous les graphiques

Le fichier de position (appelé “**Position file**” dans CG6TOOL) permet de disposer de coordonnées précises, soit pour le calcul de marée Longman en chaque site lors d’un cheminement, soit pour calcul d’anomalies ou le positionnement des points sur une carte lors d’un ajustement de réseau. La sélection du fichier et sa caractérisation se fait :

- soit à partir d’une interface graphique (**Field Survey** puis **Load** du « Position file ») :

- soit par les paramètres **IPOSFIL** et **IPOSFMT** dans l’ajustement de réseau. **IPOSFMT** peut accepter 7 ou 9 paramètres selon que le fichier de position contient ou non une colonne avec la **Correction de Terrain** (nécessaire pour le calcul de l’anomalie de Bouguer complète).

IPOSFMT 2 2 8 4 12 16 DD M MGAL

Les informations requises sont les suivantes:

- ✓ le nombre de ligne de l’entête (0 si pas d’entête)
- ✓ la position des champs: station, longitude, latitude, altitude, [correction de terrain]
- ✓ le format utilisé pour les longitudes et latitudes.

Field Survey	Adjustment	01°26'37.15" Est
DD.DDD	DD	1.4436528
DD.MMSSSS	D.MS	1.263715
DDMMSS.SS	DMS	012637.15
0.00001D	EOL	144365.28

- ✓ l’unité utilisée pour l’altitude:

Field Survey	Adjustment	150 m
CM	EOL	15000
M	M	150
KM	KM	0.15

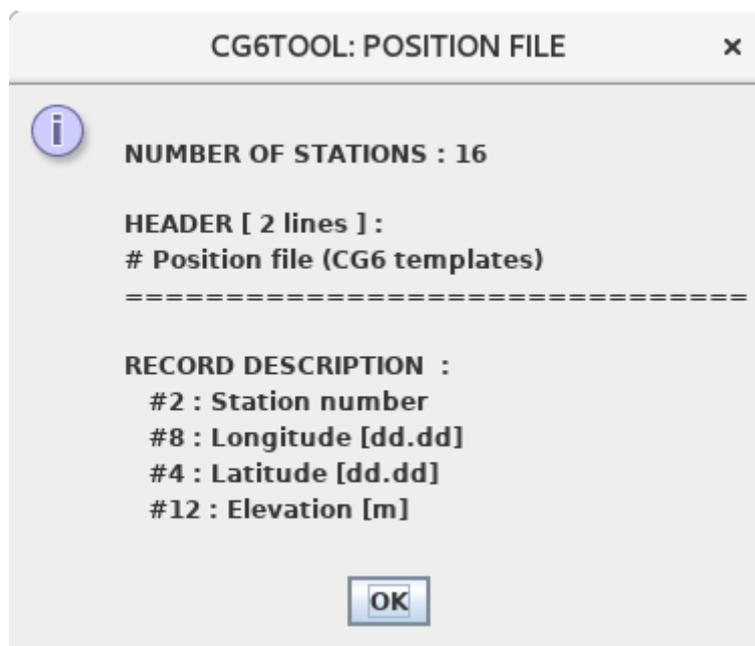
✓ l'unité utilisée pour la Correction de Terrain :

Field Survey	Adjustment	40.88 mGal
Non disponible	MGAL	40.88
Non disponible	EOL	4088

Les formats spécifiés dans l'interface et la ligne de commande sont presque identiques :

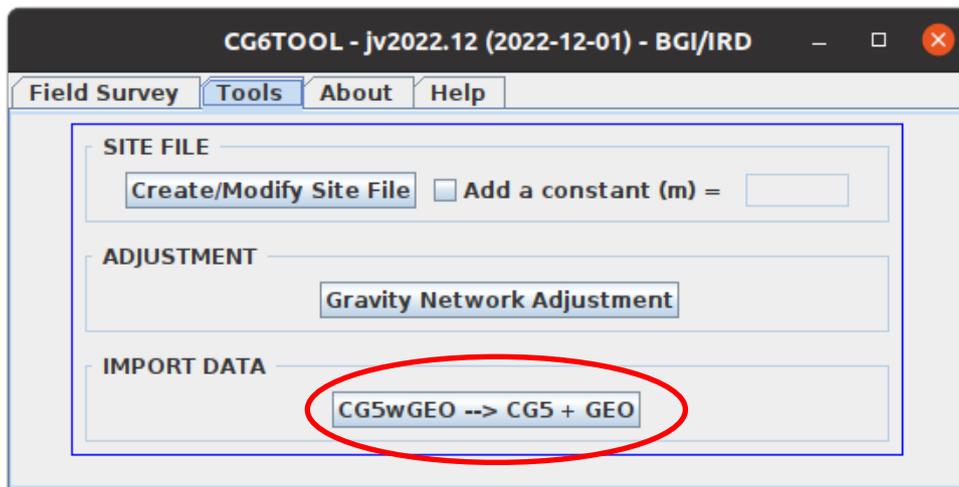
- le fichier de coordonnées a un entête de **2** lignes.
- le numéro de station est en colonne **2**, la longitude en colonne **8**, la latitude en colonne **4** et l'altitude en colonne **12**.
- longitude et latitude sont en Degrés Décimaux (**DD.DDD / DD**)
- l'altitude est en mètres (**M**).
- la correction de terrain en colonne **16** est exprimée en **mGal** (IPOSFMT))

Lors du traitement d'un cheminement (*Field Survey*) l'utilisateur peut consulter le format à l'aide du bouton **<Infos>** de l'interface.



Dans l'exemple présenté ci-dessus nous avons les informations suivantes :

- ✓ le fichier de coordonnées contient 16 stations
- ✓ Il y a 2 lignes d'entête
- ✓ Champ 1 : numéro de station (colonne 2 du fichier importé)
- ✓ Champ 2 : longitude en degrés décimaux (ex colonne 8)
- ✓ Champ 3 : latitude en degrés décimaux (ex colonne 4)
- ✓ Champ 4 : altitude en mètres (ex colonne 12)



L'outil "CG5wGEO → CG5 + GEO" accessible à partir de l'onglet <Tools> permet d'importer les observations gravimétriques acquises à l'aide des gravimètres Scintrex CG-5 ayant l'option GPS et contenant des coordonnées (voir exemple ci-dessous).

```

/      CG-5 SURVEY
/      Survey name:   LAT LONG
/      Instrument S/N: 40005
/      Client:
/      Operator:      RL
/      Date:          2015/ 8/ 14
/      Time:          19:04:43
/      LONG:          79.5035248 W
/      LAT:           43.7902756 N
/      ZONE:          0
/      GMT DIFF.:    0.0

/      CG-5 SETUP PARAMETERS
/      Gref:          0.000
/      Gcal1:         8757.598
/      TiltxS:        665.577
/      TiltyS:        708.322
/      TiltxO:        -1.292
/      TiltyO:        15.236
/      Tempco:        -0.127
/      Drift:          -0.008
/      DriftTime Start: 19:04:46
/      DriftDate Start: 2015/08/14

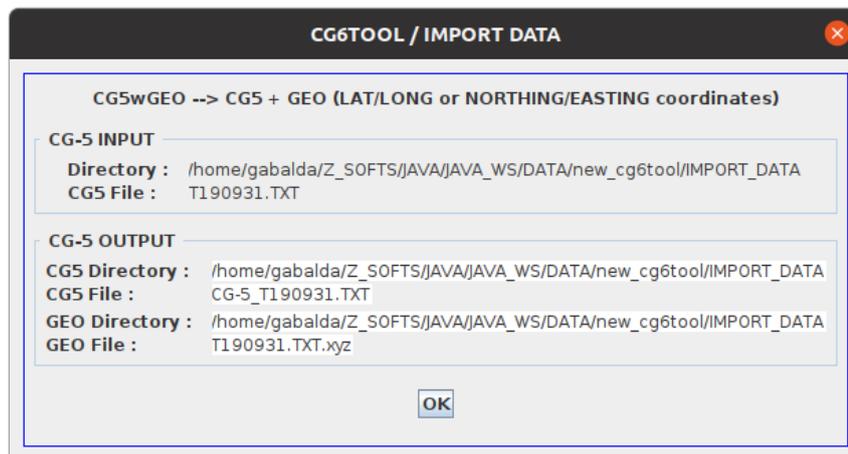
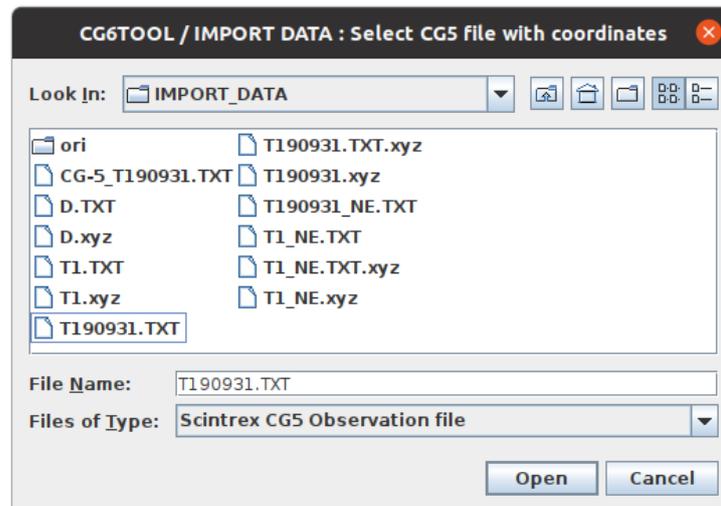
/      CG-5 OPTIONS
/      Tide Correction: YES
/      Cont. Tilt:     YES
/      Auto Rejection: YES
/      Terrain Corr.:  NO
/      Seismic Filter: YES
/      Raw Data:       NO
Line   1.000
/-----LAT-----LON-----ALT.-----GRAV.---SD.--TILTX--TILTY---TEMP---TIDE---DUR-REJ-----TIME----DEC.TIME+DATE--TERRAIN--DAT
43.7902410 -79.5035400 160.000 5491.907 0.034 -25.4 -24.4 17.38 -0.001 30 3 19:04:54 42198.79380 0.0000 2015/08/14
43.7902408 -79.5035400 170.000 5491.910 0.033 -25.3 -24.6 17.38 -0.001 30 0 19:05:29 42198.79420 0.0000 2015/08/14
43.7902418 -79.5035400 165.000 5491.906 0.026 -25.1 -24.7 17.38 -0.002 30 1 19:06:04 42198.79461 0.0000 2015/08/14
Line   2.000
/-----LAT-----LON-----ALT.-----GRAV.---SD.--TILTX--TILTY---TEMP---TIDE---DUR-REJ-----TIME----DEC.TIME+DATE--TERRAIN--DAT
43.7905119 -79.5034710 255.000 5491.628 0.046 -15.4 -14.4 17.58 -0.005 30 2 19:07:30 42198.79560 0.0000 2015/08/14
43.7905121 -79.5034714 257.000 5491.632 0.030 -15.0 -10.6 17.59 -0.006 30 0 19:08:05 42198.79600 0.0000 2015/08/14
    
```

Attention, seul les fichiers respectant les règles ci-dessous sont reconnus par CG6TOOL :

- ✓ Un seul bloc de type « CG-5 SURVEY », « CG-5 SETUP » et « CG-5 OPTIONS »
- ✓ Le paramètre **Line** est utilisé comme indicateur du numéro de station.
- ✓ Les deux premiers champs des séries temporelles concernent les coordonnées horizontales : **LAT** et **LONG** ou **NORTHING** et **EASTING**

En sortie, deux fichiers sont créés, l'un contenant les observations gravimétriques dans un format utilisable dans **CG6TOOL** et un autre contenant les observations géographiques.

Sélection d'un fichier CG5 : Clic sur le bouton <**CG5wGEO** → **CG5 + GEO**>



L'utilisateur a la possibilité de choisir le (ou les) répertoire(s) de sortie (par défaut le répertoire du fichier lue en entrée). Les noms des fichiers de sortie sont également modifiables.

Le bouton « **OK** » permet de lancer la validation des saisies et l'importation des données.

Les coordonnées (consécutives) d'une même station sont moyennées.

Au cours de cette validation des informations peuvent être communiquées à l'utilisateur avec dans certains cas une certaine interactivité. Quelques exemples ci-dessous :

- ✓ Si un fichier de sortie est existant alors l'utilisateur a le choix entre interrompre le processus (afin de modifier son choix) ou continuer (et détruire le fichier existant).



- ✓ Une erreur a empêché le processus de se dérouler correctement jusqu'à son terme. Dans ce cas il est également souhaitable de prendre connaissance des informations plus explicites affichées dans la console « **CG6TOOL messages** ».



Tant que l'ihm principale est affichée, **l'utilisateur peut sortir du programme en cliquant sur l'icône ☒ du bandeau**. Une boîte de dialogue est affichée afin de confirmer le choix :



Exemple de fichier gravimétrique CG-5

```

/      CG-5 SURVEY
/
/ CG6TOOL - IMPORT DATA - CG5wGEO --> CG5 + GEO - Processing by gabalda (28/11/2022)
/
/ CG5 INPUT : /home/gabalda/Z_SOFTS/JAVA/JAVA_WS/DATA/new_cg6tool/IMPORT_DATA/T190931.TXT
/
/ CG5 OUTPUT : /home/gabalda/Z_SOFTS/JAVA/JAVA_WS/DATA/new_cg6tool/IMPORT_DATA/CG-5_T190931.TXT
/ XYZ OUTPUT : /home/gabalda/Z_SOFTS/JAVA/JAVA_WS/DATA/new_cg6tool/IMPORT_DATA/T190931.TXT.xyz
/
/      CG-5 SOFTWARE VER.: 4.2
/      CG-5 SURVEY
/      Survey name:      LAT LONG
/      Instrument S/N:   9601323
/      Client:
/      Operator:        RL
/      Date:            2015/ 8/14
/      Time:            19:04:43
/      LONG:            79.5035248 W
/      LAT:             43.7902756 N
/      ZONE:            0
/      GMT DIFF.:      0.0
/      CG-5 SETUP PARAMETERS
/      Gref:            0.000
/      Gcal1:           8757.598
/      TiltxS:          665.577
/      TiltyS:          708.322
/      TiltxO:          -1.292
/      TiltyO:          15.236
/      Tempco:          -0.127
/      Drift:           -0.008
/      DriftTime Start: 19:04:46
/      DriftDate Start: 2015/08/14
/      CG-5 OPTIONS
/      Tide Correction: YES
/      Cont. Tilt:      YES
/      Auto Rejection: YES
/      Terrain Corr.:  NO
/      Seismic Filter: YES
/      Raw Data:       NO
/-----LINE-----STATION-----ALT-----GRAV---SD--TILTX--TILTY--TEMP---TIDE---DUR-REJ-----TIME----DEC.TIME+DATE--TERRAIN---DATE
1      1      160.0000 5491.609 0.030 -0.3 3.5 -0.05 0.070 30 0 19:04:54 42198.79380 0.0000 2015/08/14
1      1      170.0000 5491.610 0.033 -0.4 4.1 -0.05 0.070 30 0 19:05:29 42198.79420 0.0000 2015/08/14
1      1      165.0000 491.610 0.026 -0.5 4.3 -0.05 0.069 30 6 19:06:04 42198.79461 0.0000 2015/08/14
1      2      255.0000 5491.628 0.046 -0.8 4.9 -0.04 0.069 30 0 19:06:55 42198.79520 0.0000 2015/08/14
1      2      257.0000 5491.609 0.032 -1.3 4.7 -0.04 0.069 30 0 19:07:30 42198.79560 0.0000 2015/08/14

```

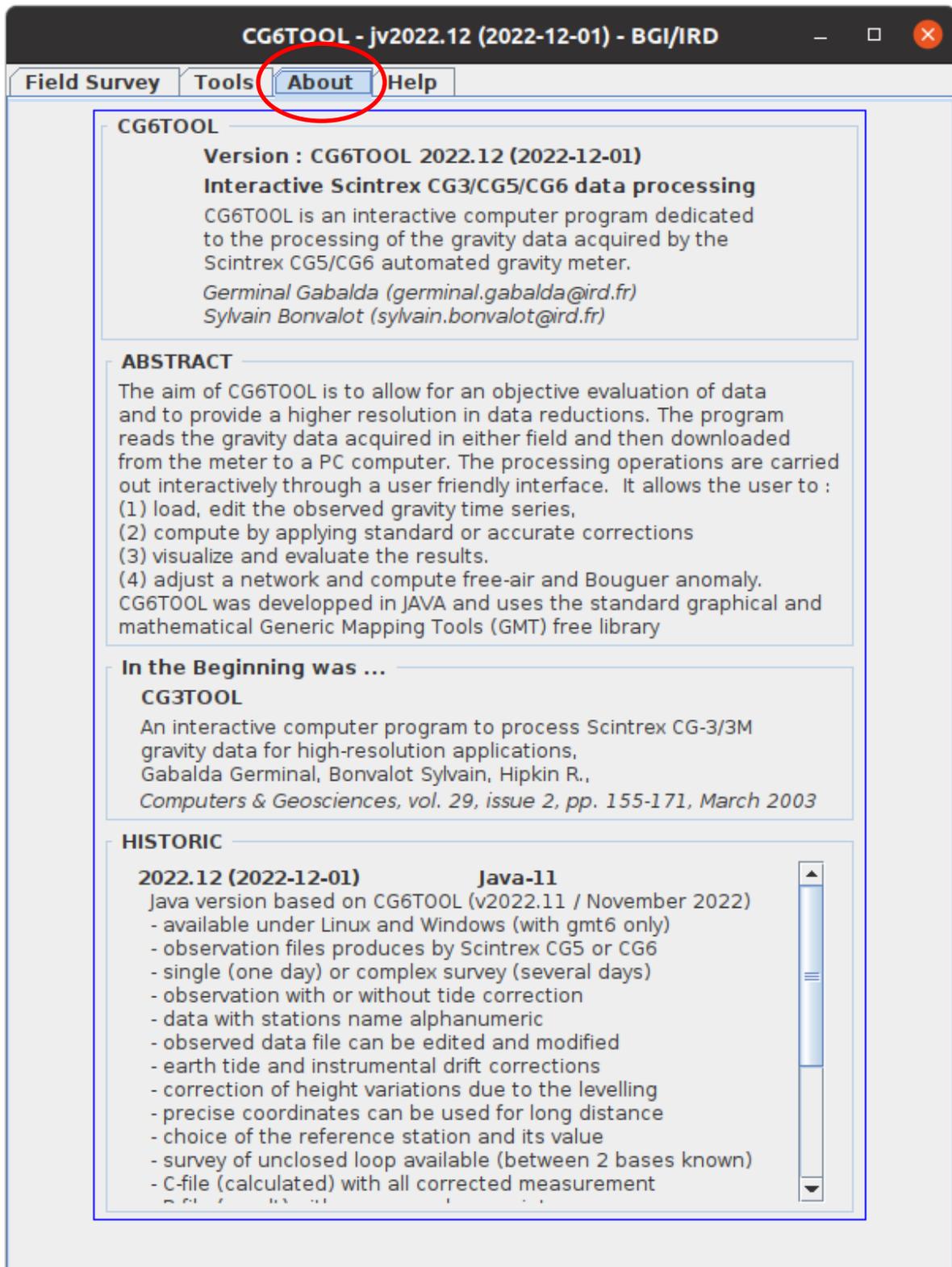
Exemple de fichier de coordonnées :

```

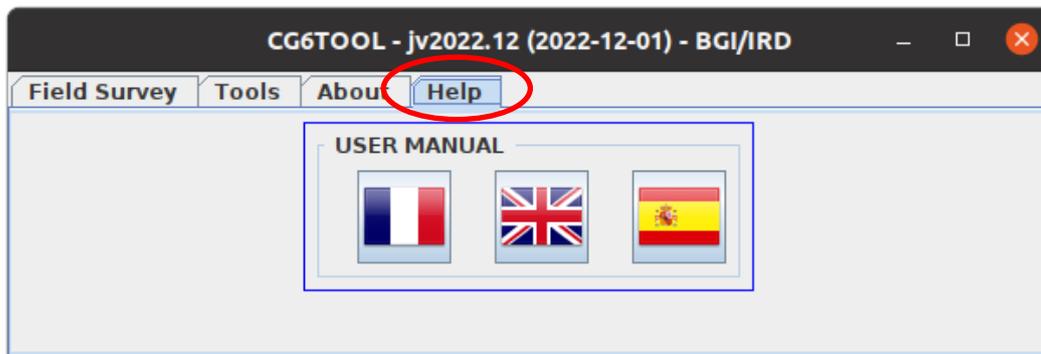
# CG6TOOL - IMPORT DATA - CG5wGEO --> CG5 + GEO - Processing by gabalda (28/11/2022)
#
# CG5 INPUT : /home/gabalda/Z_SOFTS/JAVA/JAVA_WS/DATA/new_cg6tool/IMPORT_DATA/T190931.TXT
#
# CG5 OUTPUT : /home/gabalda/Z_SOFTS/JAVA/JAVA_WS/DATA/new_cg6tool/IMPORT_DATA/CG-5_T190931.TXT
# XYZ OUTPUT : /home/gabalda/Z_SOFTS/JAVA/JAVA_WS/DATA/new_cg6tool/IMPORT_DATA/T190931.TXT.xyz
#
# STATION-----LATITUDE----LONGITUDE----ALTITUDE
1      43.7902412 -79.5035400 165.0000
2      43.7905120 -79.5034712 256.0000

```

L'onglet « *About* » reprend quelques informations générales sur **CG6TOOL** (version courante, résumé, ...) ainsi qu'un historique sur les principaux apports de chaque version.



L'onglet « *Help* » permet d'accéder à la documentation en **français, anglais et espagnol**.



- ❖ La documentation (**fichiers « pdf »**) doit être dans le répertoire ***\$CG6TOOL/pdf***.
- ❖ Sous **Linux**, si la variable d'environnement ***\$CG6READER*** (PDF Reader) n'est pas définie alors « ***evince*** » est utilisé par défaut

1. Traitement d'un cheminement gravimétrique : « Field Survey »

1.1. Mesure brute de la pesanteur et erreur associée (g_m , e)

- g_m est calculé à partir de **GRAV** mesuré sur **DUR-REJ** et corrigé de la marée **TIDE** (respectivement **Grav**, **Dur** - #**Rej** et **E.T.C.** pour un gravimètre CG3).
- e est calculé à partir du terme **SD** qui selon le gravimètre peut représenter soit la déviation standard de la moyenne, soit la déviation standard qu'il faut diviser par le nombre de mesures.

$$g_m = \text{GRAV} - \text{TIDE} \qquad e = \text{SD ou } SD \frac{SD}{\sqrt{\text{DUR-REJ}}}$$

1.2. Correction de marée (ΔG_{etc})

- Actuellement seul le modèle de marées « Longman » est implémenté. L'utilisateur peut garder les valeurs du fichier en cochant « **CG6** » ou calculer de nouvelles valeurs en sélectionnant « **Common Longman** » ou « **Precise Longman** ». Cela peut être très utile si les corrections du fichier sont fausses suite à des coordonnées géographiques erronées lors de l'initialisation du gravimètre.

1.3. Correction de site (ΔG_{height})

- Prise en compte des variations de la pesanteur avec l'altitude

$$\Delta G_{height} \text{ (mGal)} = H_{grad} \cdot \Delta H \text{ (m)} \qquad H_{grad} = -0.3086 \text{ mGal/m (défaut)}$$

ΔH = variation de hauteur/repère

1.4. Correction de dérive (ΔG_{drift})

- Nous appelons réitération R_{ij} d'une station la i -ème re-mesure de la station j

t_{ij} (t_{ij}) le temps de la première (i -ième) mesure à la station j
 g_{ij} (g_{ij}) la pesanteur corrigée (marée, site) calculée pour t_{ij} (t_{ij})
 e_{ij} (e_{ij}) l'erreur associée à g_{ij} (g_{ij})

$$R_{ij} \left\{ \Delta T_{ij} = t_{ij} - t_{1j}, \Delta G_{ij} = g_{ij} - g_{1j}, E_{ij} = \sqrt{e_{ij}^2 + e_{1j}^2} \right\}$$

- La dérive instrumentale est modélisée sur l'ensemble des réitérations R_{ij} par une droite de régression dont la pente K et l'ordonnée à l'origine B sont obtenus en rendant minimale la somme des écarts entre les valeurs observées ΔG_{ij} et les ordonnées de la droite estimée.

$$\sum_{\substack{1 \leq i \leq \text{itérations} \\ 1 \leq j \leq \text{stations}}} \left(\frac{\Delta G_{ij} - B - K \cdot \Delta T_{ij}}{E_{ij}} \right)^2 = \chi_{(K,B)}^2 \text{ minimale}$$

$$S = \sum \frac{1}{E_{ij}^2} \quad S_x = \sum \frac{\Delta T_{ij}}{E_{ij}^2} \quad S_y = \sum \frac{\Delta G_{ij}}{E_{ij}^2} \quad S_{xx} = \sum \frac{\Delta T_{ij}^2}{E_{ij}^2} \quad S_{xy} = \sum \frac{\Delta T_{ij} \Delta G_{ij}}{E_{ij}^2}$$

$$\nabla = S \cdot S_{xx} - S_x^2 \quad K = \frac{S \cdot S_{xy} - S_x \cdot S_y}{\nabla} \quad B = \frac{S_{xx} \cdot S_y - S_x \cdot S_{xy}}{\nabla}$$

$$SD \text{ (Erreur moyenne pondérée)} = \sqrt{\frac{\chi_{(K,B)}^2}{S}} \quad \sigma_K^2 = \frac{S}{\nabla} \quad \sigma_B^2 = \frac{S_{xx}}{\nabla}$$

- Correction de dérive

$$\Delta G_{drift} = K \cdot \Delta T + B \quad \Delta T = \text{Temps depuis la première mesure du cheminement}$$

1.5. Valeurs corrigées de la pesanteur ($\Delta Gcal$)

- La dernière colonne du fichier « calculé » (c-file) contient pour chaque mesure la valeur $\Delta Gcal$ de la pesanteur corrigé des effets de marée, des effets de site et de la dérive instrumentale par rapport à la première mesure du fichier.

$$\Delta Gcal = Gm + \Delta Getc + \Delta Gheight + \Delta Gdrift - \Delta Gcal_0$$

avec $\Delta Gcal_0$ la valeur corrigé de la première station du cheminement

1.6. Valeurs moyennées de la pesanteur ($Gres$)

- Le fichier « résultat » (r-file) contient pour chaque station **j** du cheminement une valeur unique moyennée sur l'ensemble des réitérations ($\Delta Gcal_i, e_i$).

$$Gres_j = \frac{\sum_1^N w_i \Delta Gcal_i}{\sum_1^N w_i} + G_0 \quad \text{avec } w_i = \frac{1}{e_i^2} \text{ et } G_0 = \text{Gravity Base}$$

$$EP_j = \sqrt{\frac{\sum_1^N w_i \Delta Gcal_i^2}{\sum_1^N w_i} - Gres_j^2} = \text{Erreur pondérée}$$

Pas de réitération de la station j : $Eres_j = \sqrt{e_i^2 + SD^2}$

Station j réitérée et non réoccupée : $Eres_j = \sqrt{EP_j^2 + SD^2}$

Station j réoccupée ($\exists \Delta Ti > REOCDT$) : $Eres_j = \sqrt{EP_j^2}$

2. Ajustement d'un réseau gravimétrique : « Gravity Network Adjustment »

1.1. Détermination des coefficients de calibration entre gravimètres

- Lecture des données absolues dans le « config-file »
- Lecture des données relatives dans des fichiers « c-file » ou « r-file »
- Calcul de l'ensemble des variations de pesanteur inter-station pour chaque fichier.
- Les segments ($\Delta G_i, \Delta E_i$) réoccupés sont moyennés (par gravimètre)

$$\overline{\Delta G}_j = \frac{\sum_1^N w_i \Delta G_i}{\sum_1^N w_i} \quad \text{avec } w_i = \frac{1}{\Delta E_i^2} \quad (\text{pour } N \text{ segments identiques})$$

$$\overline{\Delta E}_j = \sqrt{\frac{\sum_1^N w_i \Delta G_i^2}{\sum_1^N w_i} - \overline{\Delta G}_j^2}$$

- **ETAPE 1** : L'ensemble des segments communs à deux gravimètres permet de déterminer par la méthode des moindres carrés les coefficients de calibration en admettant la relation linéaire: \mathbf{Gr} (référence) = $\mathbf{b} + \mathbf{k} \cdot \mathbf{Gc}$ (calibration).

Résolution sous forme matriciel

On détermine le vecteur $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{k} \\ \mathbf{b} \end{bmatrix} = (\mathbf{Gc}^T \mathbf{WGr})^{-1} \mathbf{Gc}^T \mathbf{WGr}$

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \frac{1}{\Delta E_1^2 + \Delta E_c^2} & \dots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{\Delta E_n^2 + \Delta E_c^2} \end{bmatrix} = \text{Matrice de pondération}$$

$$\mathbf{Gc} = \begin{bmatrix} \overline{\Delta Gc}_1 & 1 \\ \overline{\Delta Gc}_2 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \overline{\Delta Gc}_n & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{Gr} = \begin{bmatrix} \overline{\Delta Gr}_1 \\ \overline{\Delta Gr}_2 \\ \vdots \\ \overline{\Delta Gr}_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{R} = \mathbf{Gc} \cdot \mathbf{X} - \mathbf{Gr} = \text{résidus}$$

Soit $\hat{\sigma}_0^2$ l'estimateur unitaire de variance : $\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\mathbf{R}^T \mathbf{WR}}{n-2}$

Soit $\overline{\mathbf{W}}$ la matrice de pondération « normalisée » $\overline{\mathbf{W}} = \frac{\mathbf{W}}{\hat{\sigma}_0^2}$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \sigma_k^2 & 0 \\ 0 & \sigma_b^2 \end{bmatrix} = (\mathbf{Gc}^T \overline{\mathbf{W}} \mathbf{Gc})^{-1} = \text{Matrice de covariance normalisée}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\mathbf{R}^T \mathbf{R}}{n-2}} = \text{Ecart type}$$

- **ETAPE 2** : Suppression des observations jugées « aberrantes »

Etape 1: Détermination des coefficients $\mathbf{k}_1, \mathbf{b}_1$ et de l'écart – type σ_1

Etape 2: 19 itérations « étape 1 » et suppression des observations ($\overline{\Delta Gr}, \overline{\Delta Gc}$)

$$\text{si } \text{Résidus}_{i+1} = \overline{\Delta Gr} - k_i \overline{\Delta Gc} - b_i \geq 3 \sigma_i$$

- **ETAPE 3** : Test de Student : $\mathbf{b}_{20} = 0$ significatif à 95%

- **ETAPE 4** : Détermination du coefficient de calibration \mathbf{k} avec les observations restantes à l'issue de l'étape 2 tel que \mathbf{Gr} (référence) = $\mathbf{k} \cdot \mathbf{Gc}$ (calibration). On force l'ordonnée à l'origine nulle ($\mathbf{b}=\mathbf{0}$).

On détermine $\mathbf{K} = [\mathbf{k}] = (\mathbf{Gc}^T \mathbf{W} \mathbf{Gc})^{-1} \mathbf{Gc}^T \mathbf{W} \mathbf{Gr}$

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\Delta \text{Er}_1^2 + \Delta \text{Ec}_1^2} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \cdots & \frac{1}{\Delta \text{Er}_n^2 + \Delta \text{Ec}_n^2} \end{bmatrix} = \text{Matrice de pondération}$$

$$\mathbf{Gc} = \begin{bmatrix} \overline{\Delta \mathbf{Gc}_1} \\ \overline{\Delta \mathbf{Gc}_2} \\ \vdots \\ \overline{\Delta \mathbf{Gc}_n} \end{bmatrix} \quad \mathbf{Gr} = \begin{bmatrix} \overline{\Delta \mathbf{Gr}_1} \\ \overline{\Delta \mathbf{Gr}_2} \\ \vdots \\ \overline{\Delta \mathbf{Gr}_n} \end{bmatrix} \quad \mathbf{R} = \mathbf{Gc} \cdot \mathbf{K} - \mathbf{Gr} = \text{Matrice des résidus}$$

Soit $\hat{\sigma}_0^2$ l'estimateur unitaire de variance : $\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\mathbf{R}^T \mathbf{W} \mathbf{R}}{n-1}$

Soit $\overline{\mathbf{W}}$ la matrice de pondération « normalisée » $\overline{\mathbf{W}} = \frac{\mathbf{W}}{\hat{\sigma}_0^2}$

$$\sigma_k^2 = (\mathbf{Gc}^T \overline{\mathbf{W}} \mathbf{Gc})^{-1} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\mathbf{R}^T \mathbf{R}}{n-1}}$$

1.2. Ajustement de l'ensemble des données

Soit un réseau de n_{sta} stations sur lequel nous avons déterminé les variations de pesanteur de n_{seg} segments et pour lequel nous avons n_{abs} sites absolus :

- **ETAPE 1** : Déterminer une valeur pour la base (première station) de chaque cheminement (ou « traverse »). Seules sont utilisées les mesures absolues \mathbf{a}_i et les traverses dont la base est un **site absolu**.

On détermine $[\mathbf{S}_k]$ tel que $[\mathbf{W}_{ii}] [\mathbf{C}_{ik}] [\mathbf{S}_k] = [\mathbf{W}_{ii}] [\mathbf{G}_i]$

\mathbf{S}_k site absolu : $\mathbf{G}_i = (\mathbf{a}_i, \mathbf{e}_i)$ avec $(\mathbf{a}_i, \mathbf{e}_i)$ lue dans *config_file*
 $\mathbf{C}_{ik} = \mathbf{1}$ et $\mathbf{C}_{ij} = \mathbf{0}$ ($j \neq k$) $\mathbf{W}_{kk} = \frac{1}{e_i^2}$ et $\mathbf{W}_{ii} = \mathbf{0}$ ($i \neq k$)

Segment $\mathbf{S}_b(\mathbf{g}_{i1}, \mathbf{e}_{i1}) \equiv \mathbf{S}_k(\mathbf{g}_{i2}, \mathbf{e}_{i2})$: $\mathbf{W}_{ii} = \frac{1}{e_{i1}^2 + e_{i2}^2}$ et $\mathbf{W}_{ij} = \mathbf{0}$ ($i \neq j$)

\mathbf{S}_b est un **site absolu** de valeurs $(\mathbf{a}_b, \mathbf{e}_b)$ lue dans *config_file*

$\mathbf{S}_k = \mathbf{S}_b$ (Réoccupation) : $\mathbf{G}_i = \mathbf{S}_b(\mathbf{a}_b, \mathbf{e}_b) + \Delta \mathbf{g}_{i1i2} \times \mathbf{k}_g$
 $\mathbf{C}_{ib} = \mathbf{1}$ et $\mathbf{C}_{ij} = \mathbf{0}$ ($j \neq b$)

$\mathbf{S}_b \neq \mathbf{S}_k$: $\mathbf{G}_i = \Delta \mathbf{g}_{i1i2} \times \mathbf{k}_g$ avec \mathbf{k}_g coefficient de calibration
 $\mathbf{C}_{ib} = \mathbf{1}$, $\mathbf{C}_{ib} = -\mathbf{1}$ et $\mathbf{C}_{ij} = \mathbf{0}$ ($j \neq b \neq k$)

$$[\mathbf{R}_i] = [\mathbf{C}_{ik}] [\mathbf{S}_k] - [\mathbf{G}_i] \quad \sigma = \sqrt{\frac{\mathbf{R}^T \mathbf{R}}{n_{seg} - n_{sta}}}$$

- **ETAPE 2** : A l'issue de l'étape 1 toutes les « bases » du réseau ont une valeur. Nous pouvons maintenant utiliser l'ensemble des informations disponibles en intégrant dans les matrices les segments ignorés précédemment. Cette étape ne s'exécute que si toutes les stations n'ont pas pu être déterminées à l'étape 1.

On détermine $[S_k]$ tel que $[W_{ii}] [C_{ik}] [S_k] = [W_{ii}][G_i]$

S_k site absolu : $G_i = (a_i, e_i)$ avec (a_i, e_i) lue dans *config_file*
 $C_{ik} = 1$ et $C_{ij} = 0$ ($j \neq k$) $W_{kk} = \frac{1}{e_i^2}$ et $W_{ii} = 0$ ($i \neq k$)

Segment $S_b(g_{i1}, e_{i1}) \equiv S_k(g_{i2}, e_{i2})$:

$S_k = S_b$ (Réoccupation) et **S_b site absolu** de valeurs (a_b, e_b) :

$G_i = S_b(a_b, e_b) + \Delta g_{i1i2} \times k_g$ (Coefficient de calibration)

$C_{ib} = 1$ et $C_{ij} = 0$ ($j \neq b$)

$W_{ii} = \frac{1}{e_{i1}^2 + e_{i2}^2}$ et $W_{ij} = 0$ ($i \neq j$)

$S_k = S_b$ (Réoccupation) et **S_b site ajusté** de valeurs (g_a, e_a) :

$G_i = S_b(g_a, e_a) + \Delta g_{i1i2} \times k_g$ (Coefficient de calibration)

$C_{ib} = 1$ et $C_{ij} = 0$ ($j \neq b$)

$W_{ii} = \frac{1}{e_{i1}^2 + e_{i2}^2 + e_a^2}$ et $W_{ij} = 0$ ($i \neq j$)

$S_b \neq S_k$: $G_i = \Delta g_{i1i2} \times k_g$ $W_{ii} = \frac{1}{e_{i1}^2 + e_{i2}^2}$ et $W_{ij} = 0$ ($i \neq j$)

$C_{ib} = 1, C_{ib} = -1$ et $C_{ij} = 0$ ($j \neq b \neq k$)

$$[R_i] = [C_{ik}] [S_k] - [G_i] \quad \sigma = \sqrt{\frac{R^T R}{n_{seg} - n_{sta}}}$$

- **ETAPE 3** : Nouvelle itération seulement si le mot clé **ADJNSIG** a été initialisé dans le fichier *config_file*.

Etape 1 (et étape 2) : $\sigma = \sqrt{\frac{R^T R}{n_{seg} - n_{sta}}}$

$$[S_k] : [W_{ii}] [C_{ik}] [S_k] = [W_{ii}][G_i]$$

Soit R_i le résidu obtenu pour l'observation G_i : $[R_i] = [C_{ik}] [S_k] - [G_i]$

Suppression des observations *relatives* G_i pour lesquelles :

$$R_i > \text{ADJNSIG} * \sigma$$

- [1] Germinal Gabalda, Sylvain Bonvalot, and Roger Hipkin. CG3TOOL: an interactive computer program to process Scintrex CG3/3M gravity data for high-resolution applications. *Computer & Geosciences*, 29 (2003) 155-171. DOI:[10.1016/S0098-3004\(02\)00114-0](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00114-0)
- [2] Longman, I.M., 1959, Formulas for computing the tidal acceleration due to the moon and the sun. *Journal of Geophysical Research* 64, 2351-2355
- [3] Scintrex, CG-3/3M Autograv, Automated Gravity Meter, Operator Manual, PN:858700, Version 5.0, August 1995, Scintrex Ltd., Concord, Ontario
- [4] Scintrex, CG-5, Scintrex Autograv System, Operation Manual, part #867711 Rev. 2, August 2009, Concord, Ontario
- [5] CG-6 Autograv™ Gravity Meter, Operation Manual, p/n 115370001 Rev. B, March 2, 2018, Concord, Ontario
- [6] Wessel, P., W. H. F. Smith, R. Scharroo, J. F. Luis, and F. Wobbe, Generic Mapping Tools: Improved version released, *EOS Trans. AGU*, 94, 409-410, 2013. [doi:10.1002/2013EO450001](https://doi.org/10.1002/2013EO450001).