



# Mesure de distance de l'Université de Provence à Notre-Dame de la Garde



**Ecole Nationale des Sciences Géographiques**

6 & 8 avenue Blaise Pascal – Cité Descartes – 77455 Marne la Vallée – CEDEX 2

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Contexte</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Observations</b>	<b>3</b>
2.1	Définition des points visés . . . . .	3
2.2	Définition des points sur la table laser . . . . .	3
2.3	Observations topométriques . . . . .	4
2.4	Matériel . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Traitements</b>	<b>6</b>
3.1	Système de référence . . . . .	6
3.2	Logiciel . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Résultats</b>	<b>8</b>
4.1	Coordonnées compensées . . . . .	8
4.2	Distances . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Annexe : Rapport de calcul Geolab</b>	<b>9</b>

## 1 Contexte

A l'occasion des 50 ans de l'invention du laser, l'université de Provence Aix-Marseille désire effectuer une expérience pour mesurer la célérité de la lumière à Marseille. Un rayon laser émis depuis l'université est réfléchi par un ensemble de prismes situé dans une niche sur la terrasse supérieure de la basilique Notre Dame de la Garde. La mesure du temps de parcours aller-retour permet d'estimer la célérité de la lumière à condition de connaître la distance. Le travail des étudiants de l'ENSG a donc consisté donc à mesurer précisément cette distance.

L'ENSG est intervenue le 1er juin 2010 pour effectuer cette détermination.

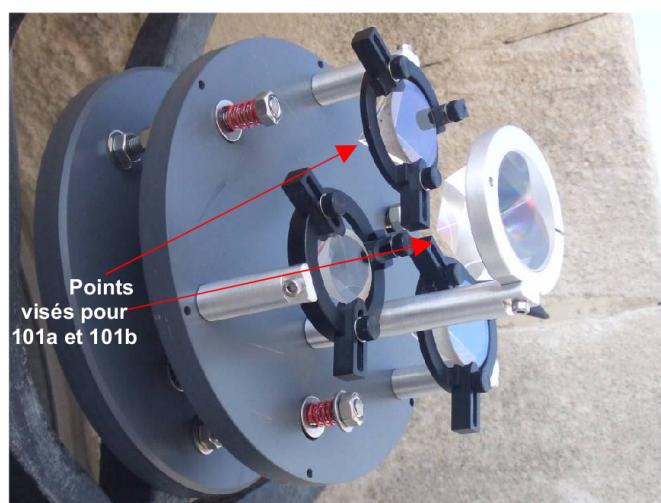
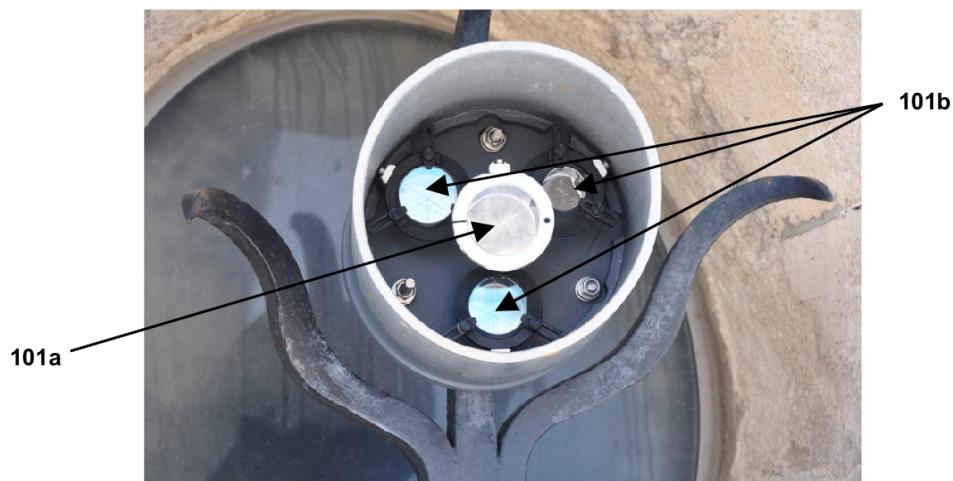


FIG. 1 – Trajet du rayon laser (source : GéoPortail)

## 2 Observations

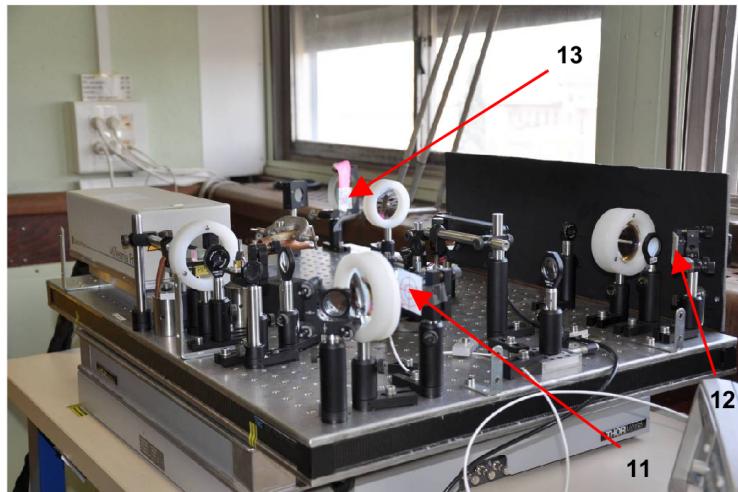
### 2.1 Définition des points visés

Les 4 prismes ne sont pas coplanaires. Le prisme central est disposé légèrement en avant des 3 autres. Le point 101a désigne le prisme central. Le point 101b désigne quant à lui les 3 prismes à l'arrière du dispositif. Les mesures de distances ont été effectuées en occultant successivement les différents prismes afin d'obtenir les 2 distances.



### 2.2 Définition des points sur la table laser

Préalablement aux observations topométriques, des ciblettes réfléchissantes ont été placées sur les 3 points de mesure sur le trajet du rayon laser.



### 2.3 Observations topométriques

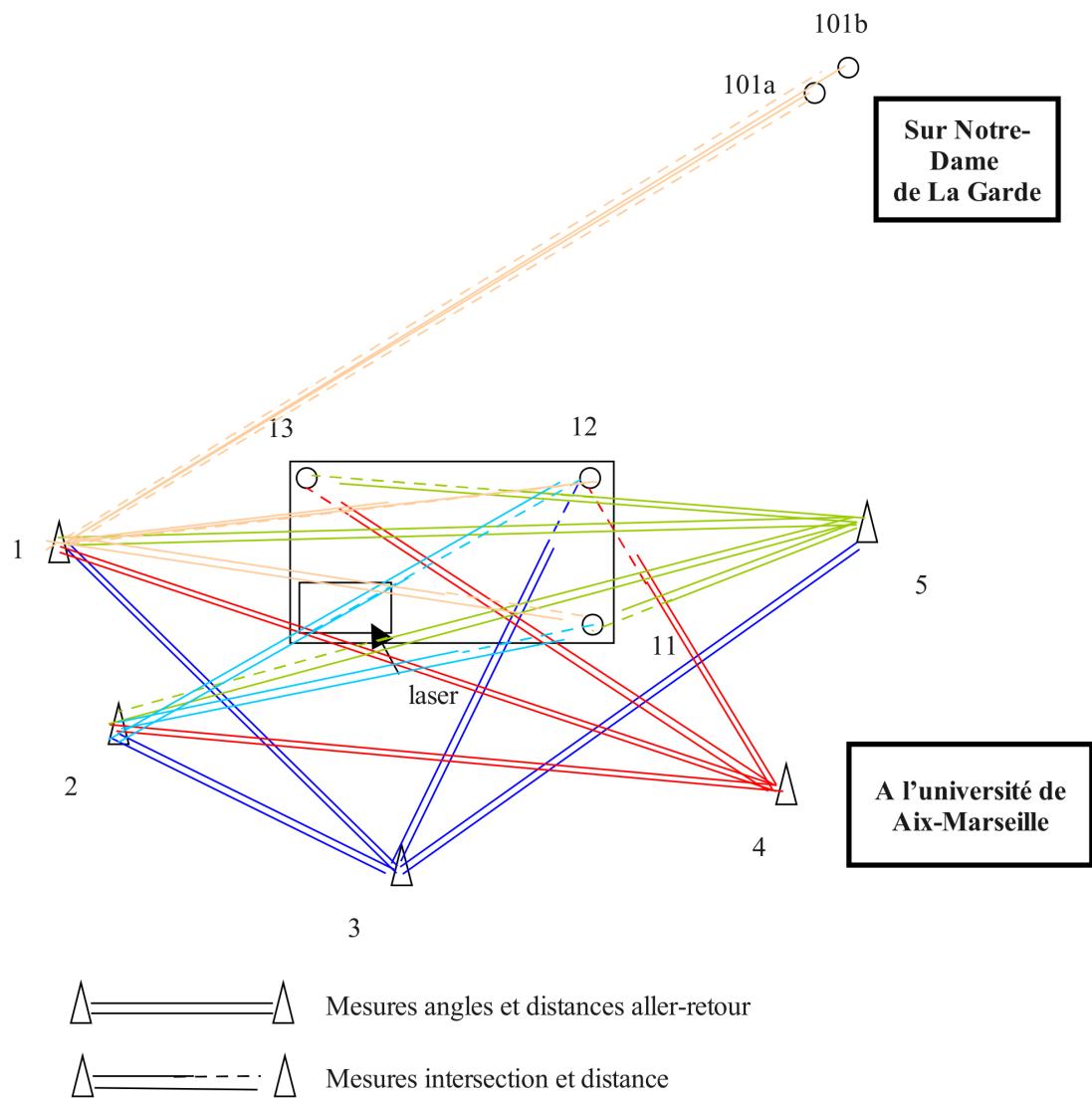


Ne pouvant pas centrer directement les tachéomètres à la verticale des miroirs ou lentilles composant la table laser, 5 stations ont été placées autour de cette table. Pour exprimer les coordonnées des miroirs et des prismes de Notre-Dame de la Garde dans le même système de coordonnées, des mesures d'angles et de distances ont été effectuées sur les prismes et les cibles réfléchissantes placées sur les miroirs. La distance entre la salle du laser et les prismes de Notre-Dame est déterminée par une seule série de mesures au tachéomètre. Les cibles réfléchissantes ont été placées sur le trajet optique du rayon laser. Leurs déterminations en coordonnées permet donc d'en déterminer la longueur.

Chaque tour d'horizon a été effectué dans les deux cercles du tachéomètre avec contrôle de la fermeture dans chaque cercle, le tout par deux opérateurs. Un

secrétaire vérifiait sur le terrain la cohérence entre les différentes mesures.

D'autre part, par construction il existe un décalage de 34.4 mm entre le point de référence du distancemètre et l'intersection de l'axe principal et de l'axe des tourillons du tachéomètre. Cette constante a donc été rajoutée à la mesure brute.



## 2.4 Matériel

- Trépieds lourds et appareils de centrage afin que le changement d'instrument sur une station ne modifie pas la position du point.

- Tachéomètres Leica TCA2003 et TCA1201.
- Prismes de précision et cibles réfléchissantes.
- Stations météo pour les mesures de température et de pression permettant de corriger les distances, notamment celles prises sur Notre-Dame de la Garde.

## 3 Traitements

### 3.1 Système de référence

L'objectif étant de mesurer la distance parcourue par le rayon laser, le travail a été effectué dans un référentiel local défini à l'occasion du chantier.

L'origine du repère choisi est le point 1 dont les coordonnées ont été fixées aux valeurs suivantes :

	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	50,000	100,000	30,000

De plus, l'azimut entre le point 1 et les points 101a et 101b a été fixé à 0,0000 grade. Une projection stéréographique locale centrée sur la zone du chantier est associée au référentiel ainsi défini.

### 3.2 Logiciel

Dans un but pédagogique, les calculs ont été effectués de manière redondante à l'aide des 2 logiciels de compensation d'observations topométriques en usage à l'Institut Géographique National :

- Comp3D
- Microsearch Geolab

Ces 2 logiciels permettent d'effectuer des compensations d'observations par moindres carrés. Comp3D est issu d'un développement interne à l'IGN. Geolab est quant à lui une outil largement répandu dans la communauté topométrique. Bien que tous deux basés sur les moindres carrés, ces deux logiciels utilisent des modélisations différentes du problème. Comp3D utilise une modélisation 3D alors que Geolab commence par compenser le réseau planimétrique avant d'estimer la composante verticale. On notera cependant que les deux logiciels donnent dans le cas qui nous concerne des résultats similaires.

L'utilisation de ce type de logiciel suppose une définition rigoureuse des écarts-type a priori sur les différentes observations.

### Mesures vers l'extérieur du laboratoire

- Écart-type instrumental sur les distances entre l'université et les prismes de Notre-Dame de la Garde : 1mm + 1ppm soit 3,4 mm.
- Écart-type sur la correction météo due à la pression : 1.5 ppm sur 2,423 km soit 3,64 mm.
- Écart-type sur la correction météo due à la température : 2 ppm sur 2,423 km soit 4,85 mm.

Sur cette distance, l'écart-type a priori a donc été fixé à 1,2 cm.

Compte tenu du chantier et pour définir le repère local, les angles des visées sur les primes de Notre-Dame de la Garde ont été contraints.

### Mesures à l'intérieur de la salle du laboratoire

- Ecart-type sur les distances mesurées sur prisme : 1mm.
- Ecart-type sur les distances mesurées sur cible réfléchissantes : 3mm.
- Ecart-type sur les angles : 40 dmgr (décimilligrade) pour les angles zénithaux et 35 dmgr pour les angles horizontaux.

## 4 Résultats

Le logiciel fournit des coordonnées compensées dans le repère local ainsi qu'un rapport permettant d'évaluer la qualité des résultats.

### 4.1 Coordonnées compensées

N°	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ellipsoïde d'erreur à 95% (m)
<b>101a</b>	2519,9243	50,0000	154,7992	0.0325
<b>101b</b>	2519,9573	50,0000	154,8009	0.0325
<b>11</b>	101,4546	50,7406	29,6056	0.0006
<b>12</b>	101,7263	50,4428	29,6084	0.0005
<b>13</b>	101,1670	49,9045	29,5976	0.0015

Le détail des ellipsoïdes d'erreur est fourni en annexe.

### 4.2 Distances

Distances entre l'arrière de la boîte de coupure de lumière et les points de référence des prismes de Notre-Dame de la Garde :

	Distance	Ellipse d'erreur à 95%
<b>Distance finale 101a</b>	2423.1750 m	+/- 3.25 cm
<b>Distance finale 101b</b>	2423.2080 m	+/- 3.25 cm

## 5 Annexe : Rapport de calcul Geolab

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0          GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0001
=====
Tue Jun 1 17:07:39 2010

Input file: D:\Marseille\Marseille.iob
Output file: D:\Marseille\Marseille.lst
Options file: C:\Program Files\Microsearch\GeoLab\default.gpj

-----
|           PARAMETERS           |           OBSERVATIONS        | | |
|---|---|---|---|
|   Description    |   Number  |   Description    |   Number  |
|-----|-----|-----|-----|
| No. of Stations |    10     | Directions      |    50     |
| Coord Parameters|    27     | Distances       |    25     |
| Free Latitudes  |     9     | Azimuths        |     1     |
| Free Longitudes |     9     | Vertical Angles|     0     |
| Free Heights    |     9     | Zenithal Angles|    46     |
| Fixed Coordinates|    3      | Angles          |     0     |
| Astro. Latitudes|    0      | Heights         |     0     |
| Astro. Longitudes|   0      | Height Differences|   0     |
| Geoid Records   |    0      | Auxiliary Params.|   0     |
| All Aux. Pars.  |    10     | 2-D Coords.    |     0     |
| Direction Pars. |    10     | 2-D Coord. Diffs.|   0     |
| Scale Parameters|    0      | 3-D Coords.    |     0     |
| Constant Pars.  |    0      | 3-D Coord. Diffs.|   0     |
| Rotation Pars.  |    0      |                   |         |
| Translation Pars.|   0      |                   |         |
|                   |-----|-----|-----|
| Total Parameters |    37     | Total Observations|   122    |
|-----|-----|-----|-----|
|           Degrees of Freedom = 85           |
-----
```

-----  
SUMMARY OF SELECTED OPTIONS  
-----

OPTION		SELECTION
Computation Mode		Adjustment
Maximum Iterations		15
Convergence Criterion		0.00010
Residual Rejection Criterion		Tau Max
Confidence Region Types		1D 2D 3D Station
Variance Factor (VF) Known		Yes
Scale Covariance Matrix With VF		Yes
Scale Residual Variances With VF		No
Force Convergence in Max Iters		Yes
Distances Contribute To Heights		No
Compute Full Inverse		Yes
Optimize Band Width		Yes

=====  
Marseille.iobMicrosearch GeoLab, V2001.9.20.0                    GRS80                    UNITS: m,GRAD Page 0002  
=====

Generate Initial Coordinates		Yes
Re-Transform Obs After 1st Pass		Yes
Geoid Interpolation Method		Bi-Quadratic

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0          GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0003
=====
Adjusted NEO Coordinates:

      NORTHING      EASTING      O-HEIGHT
CODE FFF STATION      STD DEV      STD DEV MAPPROJ
-----  

NEO 111 1           100.0000    50.0000   30.0000 MARS m 0
                  0.0000    0.0000   0.0000
SFMC 1             1.0000000000  0.9999952886  0 0 0.000000 MARS
NEO 000 101a        2519.9243   50.0000   154.7992 MARS m 0
                  0.0116   0.0000   0.0037
SFMC 101a         1.0000000360  0.9999756896 - 0 0 0.000000 MARS
NEO 000 101b        2519.9573   50.0000   154.8009 MARS m 0
                  0.0116   0.0037   0.0037
SFMC 101b         1.0000000360  0.9999756893 - 0 0 0.000000 MARS
NEO 000 11           101.4546   50.7406   29.6056 MARS m 0
                  0.0002   0.0001   0.0001
SFMC 11            1.0000000000  0.9999953505  0 0 0.020000 MARS
NEO 000 12           101.7263   50.4428   29.6084 MARS m 0
                  0.0002   0.0001   0.0001
SFMC 12            1.0000000000  0.9999953501  0 0 0.010000 MARS
NEO 000 13           101.1670   49.9045   29.5976 MARS m 0
                  0.0002   0.0005   0.0001
SFMC 13            1.0000000000  0.9999953518 - 0 0 0.000000 MARS
NEO 000 2            99.8595   50.7117   30.0710 MARS m 0
                  0.0001   0.0001   0.0000
SFMC 2             1.0000000000  0.9999952774  0 0 0.020000 MARS
NEO 000 3            100.2938   52.2434   29.8266 MARS m 0
                  0.0001   0.0002   0.0000
SFMC 3             1.0000000000  0.9999953158  0 0 0.070000 MARS
NEO 000 4            101.2713   52.8186   29.9030 MARS m 0
                  0.0002   0.0003   0.0001
SFMC 4             1.0000000000  0.9999953038  0 0 0.090000 MARS
NEO 000 5            102.2639   52.4143   29.9754 MARS m 0
                  0.0002   0.0002   0.0001
SFMC 5             1.0000000000  0.9999952924  0 0 0.070000 MARS
```

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0      GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0004
=====
Adjusted XY Coordinates:
      X          Y
CODE FFF STATION    STD DEV    STD DEV
-----
XY   111 1           50.0000   100.0000   m   0
                  0.0000   0.0000
XY   000 101a         50.0000   2519.9243   m   0
                  0.0116   0.0000
XY   000 101b         50.0000   2519.9573   m   0
                  0.0116   0.0037
XY   000 11            50.7406   101.4546   m   0
                  0.0002   0.0001
XY   000 12            50.4428   101.7263   m   0
                  0.0002   0.0001
XY   000 13            49.9045   101.1670   m   0
                  0.0002   0.0005
XY   000 2             50.7117   99.8595   m   0
                  0.0001   0.0001
XY   000 3             52.2434   100.2938   m   0
                  0.0001   0.0002
XY   000 4             52.8186   101.2713   m   0
                  0.0002   0.0003
XY   000 5             52.4143   102.2639   m   0
                  0.0002   0.0002
```

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0          GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0005
=====
Residuals (critical value = 3.596):
NOTE: Observation values shown are reduced to mark-to-mark.

      OBSERVATION RESIDUAL STD RES
      TYPE AT     FROM      TO      STD DEV  STD DEV   PPM
----- ----- -----
AZIM      1       101a      0 0      0.0      0.0      0.0
          101a      0 0      0.0      0.0      *
DIR       1       101a      0 2      44.6      0.0      0.0
          101a      1 0      1.0      0.5
DIR       1       101b      0 2      44.6      0.0      0.0
          101b      1 0      1.0      0.5
DIR       1       12       16 0      63.2      18.9      0.5
          12       16 0      50.0      39.6
DIR       1       11       30 0      59.0      -7.2      -0.2
          11       30 0      50.0      41.9
DIR       1       3        91 73     53.7      -7.6      -0.2
          3        91 73     50.0      42.3
DIR       1       4        73 5      2.8      -1.1      -0.0
          4        73 5      50.0      43.6
DIR       1       5        52 7      43.0      -38.2      -0.9
          5        52 7      50.0      44.8
DIR       1       101a      0 2      44.9      -0.0      -0.0
          101a      0 2      1.0      0.5
DIR       1       101b      0 2      44.9      -0.0      -0.0
          101b      0 2      1.0      0.5
DIR       1       12       16 0      52.5      29.9      0.8
          12       16 0      50.0      39.6
DIR       1       11       30 0      55.4      -3.3      -0.1
          11       30 0      50.0      41.9
DIR       1       5        52 7      31.6      -26.5      -0.6
          5        52 7      50.0      44.8
DIR       1       4        73 4      85.6      16.4      0.4
          4        73 4      50.0      43.6
DIR       1       3        91 73     27.8      18.5      0.4
          3        91 73     50.0      42.3
ZANG      1       101a      96 73    19.1      0.0      0.0
          101a      96 73    1.0      0.0      *
ZANG      1       101b      96 73    19.1      0.0      0.0
          101b      96 73    1.0      0.0      *
ZANG      1       12       113 77   19.6      15.9      0.5
          12       113 77   40.0      34.9
ZANG      1       11       115 9     31.7      7.4      0.2
          11       115 9     40.0      34.6
ZANG      1       3        104 86   94.3      -3.1      -0.1
          3        104 86   40.0      37.7
ZANG      1       4        101 99    4.9      -53.4      -1.4
          4        101 99    40.0      38.0
ZANG      1       5        100 47    20.5      -15.3      -0.4
          5        100 47    40.0      38.7
ZANG      1       12       113 76    83.3      -20.4      -0.6
```

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0          GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0006
=====
Residuals (critical value = 3.596):
NOTE: Observation values shown are reduced to mark-to-mark.

OBSERVATION RESIDUAL STD RES
TYPE AT   FROM     TO      STD DEV  STD DEV  PPM
-----  -----  -----  -----  -----  -----
ZANG      1        11      115 9    27.4    3.1    0.1
          1        5       100 47   23.9   -11.9   -0.3
          1        4       101 99   3.3    -55.0   -1.4
          1        3       104 86   34.3   -63.1   -1.7
          1        4       101a    3.09315 0.0004  0.4351
          1        5       101b    0.0010  0.0010  133.82
          1        5       101a    3.30960 0.0003  0.2823
          1        5       101b    0.0010  0.0010  81.05
          1        5       101a    3.30965 0.0002  0.2297
          1        5       101b    0.0010  0.0010  65.94
          1        4       101a    3.09445 -0.0009 -0.9312
          1        4       101b    0.0010  0.0010  286.40
          1        101a   101a    2423.17520 0.0000  0.0000
          1        101b   101b    0.0119  0.0000  0.00*
          1        12      101a   2423.20830 0.0000  0.0000
          1        12      101b   0.0119  0.0000  0.00*
          1        12      101a   1.82770 -0.0029 -0.9824
          1        12      101b   0.0030  0.0030  1612.22
          1        11      101a   1.68320 -0.0040 -1.3304
          1        11      101b   0.0030  0.0030  2371.64
          2        12      101a   9 44    90.4   -32.6   -1.3
          2        12      101b   35.0   25.0
          2        11      101a   19 70   72.9   -12.7   -0.5
          2        11      101b   35.0   23.3
          2        5       101a   57 77   51.6   44.9   1.7
          2        5       101b   35.0   26.9
          2        4       101a   80 96   92.1   12.4   0.5
          2        4       101b   35.0   24.5
          2        3       101a   100 96  62.9   -12.0   -0.5
          2        3       101b   35.0   25.2
          2        12      101a   9 44    84.4   -11.0   -0.4
          2        12      101b   35.0   25.0
          2        11      101a   19 70   60.8   15.0   0.6
          2        11      101b   35.0   23.3
          2        4       101a   80 97   29.2   -9.1   -0.4
          2        4       101b   35.0   24.5
          2        3       101a   100 96  52.3   14.1   0.6
          2        3       101b   35.0   25.2
          2        5       101a   57 78   21.1   -9.0   -0.3
          2        5       101b   35.0   26.9
```

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0          GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0007
=====
Residuals (critical value = 3.596):
NOTE: Observation values shown are reduced to mark-to-mark.

          OBSERVATION RESIDUAL   STD RES
  TYPE AT      FROM        TO      STD DEV  STD DEV   PPM
-----  -----
ZANG       2           12      115 31    35.8     0.9     0.0
                           40.0     35.7
ZANG       2           11      118  7     0.2     -2.7    -0.1
                           40.0     34.8
ZANG       2           5       102  6     53.2    -6.4    -0.2
                           40.0     38.5
ZANG       2           4       104 20    41.3    -66.0   -1.8
                           40.0     37.4
ZANG       2           3       109 68    72.9   -110.3   -3.0
                           40.0     36.6
ZANG       2           12      115 31    49.4     14.5    0.4
                           40.0     35.7
ZANG       2           11      118  7     35.2     32.3    0.9
                           40.0     34.8
ZANG       2           4       104 20    83.6    -23.7   -0.6
                           40.0     37.4
ZANG       2           3       109 69     2.0    -81.2   -2.2
                           40.0     36.6
ZANG       2           5       102  6     56.7    -2.9    -0.1
                           40.0     38.5
DIST       2           4           2.54180 -0.0001  -0.0784
                           0.0010   0.0010   29.59
DIST       2           3           1.61060  0.0002   0.1621
                           0.0010   0.0010   98.99
DIST       2           4           2.54180 -0.0001  -0.0784
                           0.0010   0.0010   29.59
DIST       2           3           1.61060  0.0002   0.1621
                           0.0010   0.0010   98.99
DIST       2           5           2.94770  0.0001   0.1118
                           0.0010   0.0010   36.28
DIST       2           12          1.94420 -0.0021  -0.7173
                           0.0030   0.0030  1105.84
DIR        3           1       348 73     82.2     3.1     0.1
                           35.0     25.4
DIR        3           2       339 44     8.0    -15.0    -0.6
                           35.0     25.3
DIR        3           5       62 53     78.3    -4.0    -0.2
                           35.0     24.9
DIR        3           12      399 81     0.0     15.9     0.7
                           35.0     23.4
DIR        3           1       348 73    34.6    -18.6    -0.7
                           35.0     25.4
DIR        3           2       339 43    30.7    -7.0    -0.3
                           35.0     25.3
DIR        3           5       62 53     4.0     1.0     0.0
```

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0          GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0008
=====
Residuals (critical value = 3.596):
NOTE: Observation values shown are reduced to mark-to-mark.

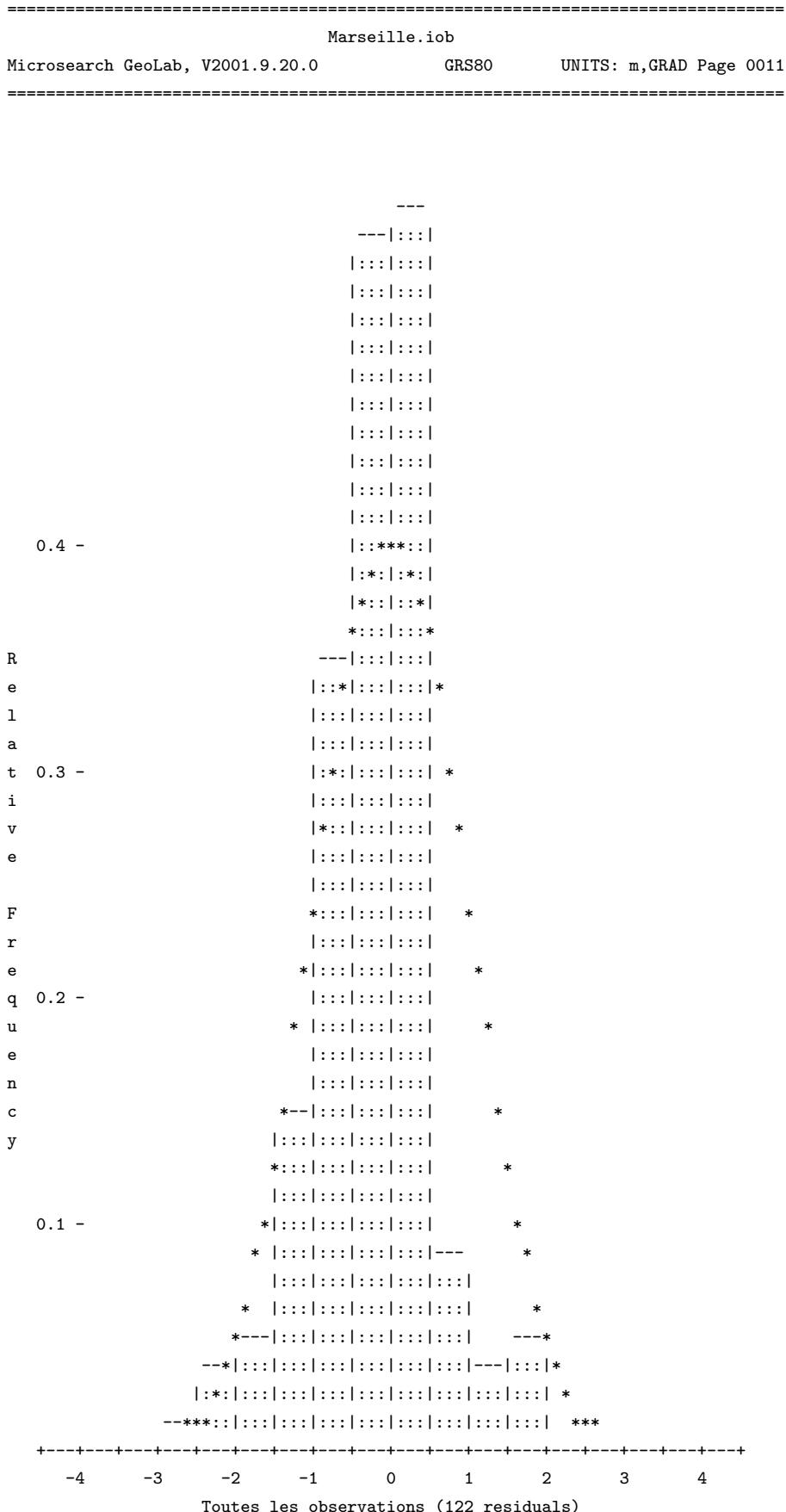
OBSERVATION RESIDUAL STD RES
TYPE AT   FROM     TO      STD DEV  STD DEV  PPM
-----  -----  -----  -----  -----  -----
DIR       3        12      399 80   21.9    24.7    1.1
          343      12      35.0    23.4
ZANG      3        1       95 12    63.9    -39.0   -1.0
          343      12      40.0    37.7
ZANG      3        2       90 29    72.8    -44.1   -1.2
          343      29      40.0    36.6
ZANG      3        5       95 20    91.8    -99.1   -2.7
          343      20      40.0    37.1
ZANG      3        12      106 1    88.0    -7.2    -0.2
          343      1    40.0    36.4
ZANG      3        1       95 12    86.5    -16.4   -0.4
          343      12      40.0    37.7
ZANG      3        2       90 29    52.6    -64.3   -1.8
          343      29      40.0    36.6
ZANG      3        5       95 21    6.8     -84.1   -2.3
          343      21      40.0    37.1
DIST      3        1       2.26950 -0.0003 -0.2710
          343      1      0.0010  0.0010  116.41
DIST      3        5       1.98280 0.0003  0.3547
          343      5      0.0010  0.0010  174.77
DIST      3        1       2.26940 -0.0002 -0.1684
          343      1      0.0010  0.0010  72.34
DIST      3        5       1.98270 0.0004  0.4571
          343      5      0.0010  0.0010  225.19
DIST      3        12      2.31190 -0.0006 -0.1919
          343     12      0.0030  0.0030  248.36
DIR       4        1       353 68   75.9    27.7    1.0
          343     68      35.0    26.8
DIR       4        2       343 8    36.8    -27.5   -1.1
          343     8      35.0    25.4
DIR       4        13      378 38   77.0    -5.1    -0.2
          343     38      35.0    21.6
DIR       4        12      392 71   22.8    5.0     0.2
          343     71      35.0    22.6
DIR       4        1       353 68   44.8    42.4    1.6
          343     68      35.0    26.8
DIR       4        2       343 8    19.4    -26.6   -1.0
          343     8      35.0    25.4
DIR       4        13      378 38   51.3    4.1     0.2
          343     38      35.0    21.6
DIR       4        12      392 71   31.3    -20.0   -0.9
          343     71      35.0    22.6
ZANG      4        1       98 0    4.4     -37.6   -1.0
          343     0      40.0    38.0
```

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0          GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0009
=====
Residuals (critical value = 3.596):
NOTE: Observation values shown are reduced to mark-to-mark.

      OBSERVATION RESIDUAL STD RES
      TYPE AT      FROM      TO      STD DEV  STD DEV   PPM
----- ----- ----- ----- ----- ----- -----
ZANG        4       2      95 78     86.0    -6.9    -0.2
              40.0    37.4
ZANG        4      13     106 64     21.8   -24.8    -0.7
              40.0    34.1
ZANG        4      12     107 71     63.3    -4.2    -0.1
              40.0    36.3
ZANG        4       1      98  0      6.2    -35.8    -0.9
              40.0    38.0
ZANG        4       2      95 78     33.1   -59.8    -1.6
              40.0    37.4
ZANG        4      13     106 64     17.8   -28.8    -0.8
              40.0    34.1
ZANG        4      12     107 71     66.3    -1.2    -0.0
              40.0    36.3
DIST        4       1      3.09340  0.0002  0.1724
              0.0010  0.0010  53.01
DIST        4       1      3.09330  0.0003  0.2775
              0.0010  0.0010  85.34
DIR         5       1      312 76     92.3   -21.6    -0.8
              35.0    27.8
DIR         5       2      299 94     17.1    48.2    1.8
              35.0    27.2
DIR         5       3      266 23     12.6   -11.6    -0.5
              35.0    25.4
DIR         5      11      332  4     72.7    -6.0    -0.3
              35.0    23.0
DIR         5      13      334 49      8.8    -9.1    -0.4
              35.0    22.2
DIR         5       1      312 76     87.4   -41.3    -1.5
              35.0    27.8
DIR         5       2      299 93     96.7    44.0    1.6
              35.0    27.2
DIR         5       3      266 22     92.5   -16.1    -0.6
              35.0    25.4
DIR         5      11      332  4     38.5     3.5    0.2
              35.0    23.0
DIR         5      13      334 48     65.1    10.0    0.4
              35.0    22.2
ZANG        5       1      99 52      30.1   -34.4    -0.9
              40.0    38.7
ZANG        5       3      104 77     60.7   -48.6    -1.3
              40.0    37.1
ZANG        5      11      112 49     57.0   -22.0    -0.6
              40.0    35.5
ZANG        5      13      108 72     94.0    35.0    1.0
```

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0      GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0010
=====
Residuals (critical value = 3.596):
NOTE: Observation values shown are reduced to mark-to-mark.

          OBSERVATION RESIDUAL   STD RES
  TYPE AT      FROM        TO      STD DEV  STD DEV    PPM
-----  -----
ZANG      5           1       99 52     40.0     33.6
          40.0      -34.2    -0.9
ZANG      5           2       97 92     27.8    -112.9    -2.9
          40.0      38.5
ZANG      5           3      104 77     79.2    -30.1    -0.8
          40.0      37.1
ZANG      5          11      112 49     56.1    -22.9    -0.6
          40.0      35.5
ZANG      5          13      108 72     74.7     15.7     0.5
          40.0     33.6
DIST      5           1      3.30970   0.0002   0.1771
          0.0010   0.0010   50.83
DIST      5           1      3.30980   0.0001   0.0718
          0.0010   0.0010   20.62
DIST      5          13      2.76570   -0.0006  -0.2071
          0.0030   0.0029  219.77
DIST      5          11      1.90180   -0.0062  -2.0666
          0.0030   0.0030  3263.24
```



```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0      GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0012
=====
```

```
-----
|           S T A T I S T I C S      S U M M A R Y
|
```

```
|           |           |           |
| Residual Critical Value Type |           |   Tau Max
| Residual Critical Value     |           |   3.5965
| Number of Flagged Residuals |           |   0
| Convergence Criterion       |           |   0.0001
| Final Iteration Counter Value |           |   7
| Confidence Level Used       |           |   95.0000
| Estimated Variance Factor   |           |   0.9523
| Number of Degrees of Freedom |           |   85
|           |           |           |
-----
```

```
|           |           |           |
|           Chi-Square Test on the Variance Factor:
|
```

```
|           |           |           |
|           7.2023e-01 < 1.0000 < 1.3186e+00 ?
```

```
|           |           |           |
|           THE TEST PASSES
|
```

```
-----
|           |           |           |
| NOTE: All confidence regions were computed using the following factors:
|           |           |           |
-----
```

```
|           Variance factor used      =      0.9523
|           1-D expansion factor    =      1.9600
|           2-D expansion factor    =      2.4477
|           3-D expansion factor    =      2.7955
|           |           |           |
-----
```

```
|           Note that, for relative confidence regions, precisions are
|           computed from the ratio of the major semi-axis and the spatial
|           distance between the two stations.
|           |           |           |
-----
```

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0      GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0013
=====
2-D and 1-D Station Confidence Regions (95.000 and 95.000 percent):
STATION      MAJOR SEMI-AXIS   AZ      MINOR SEMI-AXIS      VERTICAL
-----
101a          0.0285    0        0.0000    0.0073
101b          0.0285  180        0.0091    0.0073
11            0.0005  28        0.0002    0.0001
12            0.0004  11        0.0002    0.0001
13            0.0013  76        0.0003    0.0002
2             0.0003  76        0.0002    0.0001
3             0.0005  76        0.0002    0.0001
4             0.0007  63        0.0003    0.0001
5             0.0007  44        0.0003    0.0001
```

```
=====
Marseille.iob
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0          GRS80      UNITS: m,GRAD Page 0014
=====
3D Station Confidence Regions (95.000 percent):
STATION      MAJ-SEMI (AZ,VANG)      MED-SEMI (AZ,VANG)      MIN-SEMI (AZ,VANG)
-----
101a          0.0325 (  0,   0)      0.0104 (  0,  90)      0.0000 ( 90,   0)
101b          0.0325 (360,   0)      0.0104 (  0,  90)      0.0104 ( 90,   0)
11            0.0006 ( 28,   0)      0.0002 (118,   0)      0.0001 (  0,  90)
12            0.0005 ( 11,   0)      0.0002 (101,   0)      0.0002 (  0,  90)
13            0.0015 ( 76,   0)      0.0004 (346,   0)      0.0003 (  0,  90)
2              0.0004 ( 76,   0)      0.0002 (346,   0)      0.0001 (  0,  90)
3              0.0006 ( 76,   0)      0.0003 (346,   0)      0.0001 (  0,  90)
4              0.0008 ( 63,   0)      0.0003 (333,   0)      0.0002 (  0,  90)
5              0.0008 ( 44,   0)      0.0003 (134,   0)      0.0001 (  0,  90)
```

Tue Jun 1 17:07:40 2010