

NOTES TECHNIQUES

SCIENCES DE LA TERRE

GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

N° 7

1994

Détermination par GPS du point géodésique
de l'Île Longue (Chesterfield)

Pierre LEBELLEGARD
Stéphane CALMANT
Jean CHATELIER
Didier MAILLARD
Christophe LEVISAGE

NOTES TECHNIQUES
SCIENCES DE LA TERRE
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

n° 7

1994

**Détermination par GPS du point géodésique
de l'Île Longue (Chesterfield)**

* Pierre LEBELLEGARD
* Stéphane CALMANT
** Jean CHATELIER
** Didier MAILLARD
*** Christophe LEVISAGE

* ORSTOM Nouméa
** DITTT, Nouméa
*** Mission Océanographique du Pacifique



**L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION**

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1994

/Lebellegard, P.
/Calmant, S.
Chatelier, J.
Maillard, D.
Levisage, C.

Détermination par GPS du point géodésique de l'Île Longue (Chesterfield)

Nouméa : ORSTOM. Décembre 1994. 32 p.
Notes Tech. : Sci. Terre ; Géol.-Géophys. ; 7

Ø64GEOREG

DONNEES SATELLITES ; GEODESIE SPATIALE ; SATELLITE GPS ; PROGRAMME GSLNH /
CHESTERFIELD ILES

Imprimé par le Centre ORSTOM
Decembre 1994

 ORSTOM Nouméa
REPROGRAPHIE

1 - Introduction

L'équipe de Géologie-Géophysique du centre ORSTOM de Nouméa mène depuis 1991, un programme de tecto-géodésie GSLNH (Géodésie Spatiale Loyauté/Nouvelles-Hébrides). Ce programme comporte un volet de géodésie spatiale avec des campagnes GPS et des balises DORIS. Ces actions sont menées en partenariat avec les différents services topographiques du Territoire et des Provinces de Nouvelle-Calédonie, partenariat formalisé par une convention. Le présent rapport a pour objet de présenter les résultats obtenus pour le positionnement précis du point géodésique de l'île Longue (Chesterfield) lors d'une campagne GPS qui s'est déroulée au mois de Septembre 1994 aux îles Chesterfield à l'occasion d'un transit Australie/Nouvelle-Calédonie du Navire Océanographique Laplace. Cette mission a été le fruit d'une collaboration entre la D.I.T.T.T, la M.O.P, et l'O.R.S.T.O.M.

2 - Les campagnes GPS du programme GSLNH

La présente campagne fait suite à un ensemble de campagnes GPS menées sur le Territoire de Nouvelle-Calédonie et à Vanuatu. Les sites les plus fréquemment occupés sur le Territoire ont été ceux de Lifou (Wanaham), Maré (Tadine), et Nouméa (Ducos). Le site de Lifou - où, outre le point GPS est installée une balise DORIS - sert de référence pour l'ensemble du réseau; les sites de Lifou, Maré, Ouvéa, Ducos, Koumac sont d'ailleurs intégrés au RRNC (Réseau de Référence de Nouvelle-Calédonie). Les sites de Maré et de Nouméa ont pour vocation soit de confirmer la stabilité géodésique du réseau soit de mettre en évidence des déformations internes au sein de la Plaque Australienne, la structure géologique qui porte la Ride des Loyauté (sites de Lifou et de Maré), et la ride de Nouvelle-Calédonie (site de Nouméa). Les résultats de positionnement obtenus lors des précédentes campagnes montrent, à la précision des mesures près, l'absence de déformations dans la Plaque Australienne. Le tableau I donne les caractéristiques des campagnes GPS menées à ce jour:

Mission	08/90	06/92	08/92	10/92	12/92	01/93	06/93	07/93	11/93	12/93	03/94	07/94	09/94
# Sites	6	3	8	3	4	6	8	3	4	6	3	7	4
Chaleix		A		W	W	W		A					
Ducos						W	A	A	W	W	W	W	W
Tindu	T/A		T					A					
Koumac	A/T		T						W			W	W
Surprise									W				
Chesterfield													W
Lifou	T		T	W	W	W	A			W	W	W	W
Maré	T		T			W	A			W		W	
Ouvéa			W				A						
Matthew		A			W		A			W			
Walpole		A			W		A			W			
Vaté	T		T	W		W	A		W			W/A	
Tanna	T		T			W	A			W	W	W	
Santo			T						W			W	

Tableau I - Occupations des sites GPS -

T: TRIMBLE 4000SST
A: ASHTECH LM-XII
W: LEICA/WILD SR299

3 - La campagne: occupations des sites

La campagne d'observations s'est déroulée du 22 Septembre 1994 à 22h 45 au 24 Septembre à 6h 17. Il s'agit des heures d'observation (TU) du site de Chesterfield. Les autres sites occupés (pendant une période au moins aussi étendue) ont été Koumac (station météo), Lifou (aéroport de Wanaham), et Ducos (Service Topographique de la Province Sud). Il est désormais établi que les observations nocturnes permettent d'obtenir une plus grande précision, du fait de la moindre influence des perturbations ionosphériques; malheureusement au cours de la présente campagne un problème matériel (panne de batterie) a limité à environ 4 heures la durée des observations nocturnes (cf. tableau II). Tous les sites ont été occupés par des récepteurs LEICA/WILD SR299/CR233 de la D.I.T.T.T. observant à une cadence de 15 secondes.

Site (RINEX)	J. début	H. début	J. fin	H. fin	R./RIN.	H. Ant.
CHES2651.940	22/09/94	22:45:30	23/09/94	05:20:15	WILD/2	0,5620
CHES2661.940	23/09/94	05:20:30	23/09/94	07:00:15	WILD/2	0,5620
CHES2662.940	23/09/94	07:03:30	23/09/94	11:49:45	WILD/2	0,5620
CHES2663.940	23/09/94	19:14:30	24/09/94	05:16:30	WILD/2	0,5620
CHES2671.940	24/09/94	05:16:45	24/09/94	06:17:00	WILD/2	0,5620
DUCO2641.940	21/09/94	05:36:60	21/09/94	18:50:00	WILD/2	1,5530
DUCO2651.940	22/09/94	07:02:15	22/09/94	19:18:00	WILD/2	1,5530
DUCO2652.940	22/09/94	19:22:45	23/09/94	05:26:00	WILD/2	1,5530
DUCO2661.940	23/09/94	05:26:15	23/09/94	06:59:60	WILD/2	1,5530
DUCO2662.940	23/09/94	07:02:15	23/09/94	19:07:15	WILD/2	1,5530
DUCO2663.940	23/09/94	19:11:00	24/09/94	05:22:00	WILD/2	1,5530
DUCO2671.940	24/09/94	05:22:15	24/09/94	07:04:30	WILD/2	1,5530
KOUM2641.940	21/09/94	06:32:45	21/09/94	18:46:00	WILD/2	1,5780
KOUM2642.940	21/09/94	19:34:45	21/09/94	05:31:30	WILD/2	1,5780
KOUM2651.940	22/09/94	05:31:45	22/09/94	06:32:30	WILD/2	1,5780
KOUM2652.940	22/09/94	07:06:30	22/09/94	18:51:15	WILD/2	1,5780
KOUM2653.940	22/09/94	19:26:45	23/09/94	05:26:60	WILD/2	1,6330
KOUM2661.940	23/09/94	05:27:15	23/09/94	06:17:60	WILD/2	1,6330
KOUM2662.940	23/09/94	06:43:30	23/09/94	18:47:60	WILD/2	1,6330
KOUM2663.940	23/09/94	19:14:30	24/09/94	05:23:00	WILD/2	1,6330
KOUM2671.940	24/09/94	05:23:15	24/09/94	06:03:45	WILD/2	1,6330
LFOU2641.940	21/09/94	06:59:60	21/09/94	18:59:45	WILD/2	1,7610
LFOU2642.940	21/09/94	19:02:60	22/09/94	05:34:30	WILD/2	1,7610
LFOU2651.940	22/09/94	05:34:45	22/09/94	06:50:45	WILD/2	1,7610
LFOU2652.940	22/09/94	07:02:00	22/09/94	18:58:45	WILD/2	1,7300
LFOU2653.940	22/09/94	19:02:30	23/09/94	05:31:30	WILD/2	1,7300
LFOU2661.940	23/09/94	05:31:45	23/09/94	06:54:30	WILD/2	1,7300
LFOU2662.940	23/09/94	07:00:60	23/09/94	19:00:15	WILD/2	1,7300

Tableau II - Sessions de la campagne de Septembre 1994 -

CHES: Chesterfield
DUCO: Ducos
KOUM: Koumac
LFOU: Lifou

4 - Les traitements

Lors des calculs de positionnement des points GPS, l'ensemble initial des coordonnées des différents sites occupés a une influence déterminante sur la résolution des ambiguïtés¹ et la précision des résultats, tout particulièrement lorsqu'il s'agit, comme c'est le cas pour le site de Chesterfield, d'une première occupation: on ne dispose pas

¹ Dans le cas des observations de phase, la partie entière du nombre de cycles entre le récepteur et le satellite est inconnue. Lever l'ambiguïté consiste à déterminer ce nombre.

alors pour le site considéré de coordonnées a priori s'approchant "suffisamment" de la valeur "exacte", c'est-à-dire de moins de 20 mètres au minimum, voire moins.

Les solutions dites "de navigation", obtenues grâce aux éphémérides radiodiffusées par les satellites GPS², n'atteignent pas cette précision (100 mètres en général) et ne peuvent par conséquent pas fournir de coordonnées initiales pour traitement par un logiciel de type "scientifique" tel que celui que nous utilisons (Bernese).

En ce qui concerne le point de l'Ile Longue, on se trouve précisément dans le cas d'un nouveau site. La détermination des coordonnées précises a été obtenue en plusieurs étapes:

- Obtention de coordonnées préliminaires par le logiciel de calcul fourni par le constructeur, SKI version 1.09, travaillant (sur PC) à partir d'éphémérides radiodiffusées:

(X, Y, Z)	-5575973.6480	2217733.9127	-2154152.5729
Lat., Lon., Haut.	19°52'10.7030"S	158°18'38.8193"E	65.928m

- Utilisation sur station de travail SUN, du logiciel développé à l'Institut d'Astronomie de l'Université de Berne (AIUB), Bernese version 3.4. Tout d'abord, nous avons effectué la levée des ambiguïtés à partir de tous les fichiers simple différence³ aboutissant à Chesterfield et des coordonnées obtenues précédemment:

- Estimation de coordonnées intermédiaires en utilisant la fréquence L3⁴ sans résoudre les ambiguïtés;
- A partir de ces nouvelles coordonnées, levée des ambiguïtés sur la fréquence L5;
- Enfin, levée des ambiguïtés sur la fréquence L3 en prenant en compte les ambiguïtés précédemment levées sur L5.

Lors des calculs avec Bernese, nous utilisons des fichiers d'éphémérides précises au format SP3, c'est-à-dire qui contiennent les corrections d'horloge

² Il s'agit des coordonnées approchées fournies dans l'en-tête du fichier RINEX lors du passage des données du format constructeur au format standard RINEX. Ce passage est en général effectué au moyen d'un utilitaire fourni par le constructeur.

³ Si $\hat{\Phi}_A(S, t)$ et $\hat{\Phi}_B(S, t)$ sont les données observées respectivement aux sites A et B pour le satellite S à l'instant t (données "zéro-différence"), la simple-différence (phase) est donnée par $\hat{\Phi}_A(S, t) - \hat{\Phi}_B(S, t)$. On peut également effectuer les calculs de simple-différence pour les données de code.

⁴ Outre les deux fréquences de base, on définit trois combinaisons linéaires des ces deux fréquences, avec chacune des propriétés particulières (cf. annexe 1).

des satellites GPS. Le tableau III présente les différentes sources extérieures de données utilisées⁵:

Type de données	Origine	@ Internet	Description
Éphémérides précises	CODE ⁶	130.92.4.10	Éphémérides précises au format SP3 contenant les corrections d'horloge satellite GPS
Pôles	CODE	130.92.4.10	Coordonnées du pôle; paramètres de rotation de la Terre
Bulletins périodiques GPS	US Navy	tycho.usno.navy.mil	Etat de la constellation GPS; santé des satellites, etc...
Mises à jour	AIUB	130.92.4.10	Mises à jour et corrections d'erreurs du logiciel Bernese

Tableau III - Sources de données extérieures -

L'utilisation de ce type d'éphémérides précises permet d'obtenir lors du pré-traitement des RMS de moins de 10 mètres sur les données de code zéro-différence (cf. annexe 3⁷).

- Détermination finale: solution "réseau": la solution précédente a été obtenue en travaillant sur des "simples bases", c'est-à-dire à partir de paires indépendantes de sites. Or les précédentes campagnes ayant permis de conclure à l'absence de déformations au sein de la Plaque Australienne, il a été possible de prendre pour hypothèse de départ la connaissance de coordonnées précises⁸ pour les trois sites "connus" Lifou, Ducos, et Koumac. Ces points fixés, la solution "réseau" a consisté à estimer les coordonnées du site de Chesterfield en utilisant les observations simple-différence entre celui-ci et chacun des sites fixés. Finalement, ont été estimés les délais dûs à la troposphère.

⁵ La Nouvelle-Calédonie n'étant pas encore reliée au réseau Internet, le processus habituel consiste à se connecter par minitel au centre ORSTOM de Montpellier qui lui, y est relié, à récupérer par ftp (connexion de type "anonymous") les données recherchées, et enfin à les rapatrier vers la Nouvelle-Calédonie par une connexion uucp ou par la messagerie ORSTOM pour les fichiers de petite taille (moins de 100 kilo-octets). Le procédé prend au maximum 24 heures. Les données sont publiques, à l'exception des mises à jour de Bernese, auxquelles l'accès est lié à l'achat préalable du logiciel, fourni sous la forme de code source Fortran. Compte tenu du fait que pour des raisons de confidentialité les éphémérides précises ne sont pas disponibles avant un délai de deux semaines, on peut estimer que pour des calculs du type de ceux présentés ici, les résultats définitifs peuvent être obtenus moins de un mois après la fin de la campagne.

⁶ CODE: Centre for Orbit Determination in Europe. (L'adresse Internet est celle de l'Institut d'Astronomie de l'Université de Berne)

⁷ On pourra noter que la valeur initiale - hauteur - du site de Chesterfield est erronée: en effet à la suite d'une faute de frappe (corrigée par la suite!) on a entré 95.92m pour la hauteur au lieu de 65.92m. On s'en rapproche néanmoins sensiblement à l'issue du pré-traitement (70m environ).

⁸ L'absence de déformation permet de considérer que les distances entre différents sites situés sur la Plaque Australienne ne varient pas, et les coordonnées prises en compte sont **relatives** au site de Lifou.

5 - Résultats

Les résultats de coordonnées obtenus pour le site de Chesterfield sont donnés en Annexe 4; la qualité des observations (cf. Annexes 2 et 3) et des éphémérides, le faible intervalle d'échantillonnage (15 secondes) et surtout la faible durée de la seule session de nuit disponible nous ont conduits à établir notre solution finale à partir de la dernière "journée" (période de 24 heures, du 23 Septembre à 7:00, au 24 Septembre à 7:00) en définissant des sessions de une heure.

Les coordonnées ont été déterminées à partir de celles utilisées pour le site de Lifou. Ce sont donc des coordonnées relatives. Ceci vaut en particulier pour les estimations d'incertitudes qui doivent donc être interprétées comme des incertitudes sur des positions relatives. Deux types de solution finale (cf. Annexe 4) intégrant les valeurs individuelles par session ont été considérées: • solutions moyennes avec calcul des répétabilités et écarts quadratiques moyens; • solutions par moindres carrés pondérés par les matrices de covariance données par Bernese. Aucun de ces calculs ne saurait parfaitement représenter les incertitudes sur les positions; empiriquement, nous avons été conduits à préférer généralement les solutions obtenues par moindres carrés pondérés⁹: dans ce cas précis, les deux solutions sont rigoureusement identiques, seuls diffèrent es indicateurs de précision .

Les coordonnées considérées¹⁰ sont:

Site	X	Y	Z	Latitude	Longitude	Hauteur
DUCO	-5742168.1982	1384128.3549	-2398856.0638	-22°14'16.795"	166°26'51.349"	75.867m
LFOU	-5818731.6760	1317762.4680	-2248017.3410	-22°46'25.284"	167°14'22.304"	89.738m
KOUM	-5751144.8175	1618215.6905	-2225765.4762	-20°33'32.044"	164°17'05.433"	84.376m

Les coordonnées estimées pour le site de Chesterfield sont:

Site	X	Y	Z	Latitude	Longitude	Hauteur
CHES	-5575973.798	2217733.813	-2154152.535	-19°52'10.701"	158°18'38.824"	66.012m
+/-				1.5cm/0.49msec	2.3cm/0.78msec	11.5cm

⁹ Toutes les coordonnées sont exprimées dans le système WGS-84.

¹⁰ Une analyse très préliminaire a conduit à estimer que l'ensemble du réseau pourrait être décalé de 24 ms vers l'ouest et de 2ms vers le sud par rapport au système WGS-84. L'estimation rigoureuse des paramètres de passage entre le référentiel mondial et le repère local basé sur les coordonnées du site de Lifou est en cours afin de permettre une détermination de coordonnées non plus seulement relatives, mais aussi absolues.

Ce qui donne entre les sites de Lifou et de Chesterfield une distance cartésienne de 936.851,328 mètres et une distance géodésique de 937.668,664 mètres.

6 - Conclusion

Lorsque l'on compare les coordonnées de départ et la solution finale obtenue par Bernese (cf. tableau IV), le calcul préliminaire obtenu par le logiciel SKI 1.09 apparaît un excellent compromis, puisqu'il est à même de fournir une solution approchée (à moins de 2 msec. en latitude, 6msec. en longitude et 10 cm en hauteur) de la meilleure solution possible donnée par Bernese. Cette précision de la solution est suffisante pour que du GPS différentiel puisse être mené sur les autres îlots de l'archipel des Chesterfield à partir de ce point de référence et que toutes ces terres émergées soient rattachées au système mondial de coordonnées WGS-84. On trouvera en Annexe 5 le positionnement du point déterminé par Bernese sur une carte de l'archipel des Chesterfield.

Coordonnées	X	Y	Z	Latitude	Longitude	Hauteur
TRANSIT				19°52'08.057"S	158°18'40.924"E	
SKI 1.09	-5575973.648	2217733.913	-2154152.573	19°52'10.703"S	158°18'38.819"E	65.928m
BERNESE	-5575973.798	2217733.813	-2154152.535	19°52'10.701"S	158°18'38.824"E	66.012m

Tableau IV - Coordonnées initiales et solution finale -

La distance géodésique entre les coordonnées TRANSIT et les coordonnées données par BERNESE est de 101,9 mètres.

- ANNEXE 1 -

Les combinaisons linéaires des fréquences L1 et L2

Les combinaisons linéaires de L1 et L2¹

La table suivante montre les combinaisons linéaires possibles si l'on traite des données issues de récepteurs bi-fréquence. Ce peuvent être des données de code ou de phase.

Carrier	Remarks	Wavelength
L1	Actual carrier, f1 = 1.57542 GHz	wl1 = 19 cm
L2	Actual carrier, f2 = 1.22760 GHz	wl2 = 24 cm
L3	Ionosphere free linear combination	wl3 = 0 cm
L4	Geometry free linear combination (contains only ionosphere and ambiguities)	wl4 = infinity
L5	"Wide lane"	wl5 = 86 cm

Ou encore:

$$L3 = \frac{(f_1)^2}{(f_1)^2 \cdot (f_2)^2} * L1 - \frac{(f_2)^2}{(f_1)^2 \cdot (f_2)^2} * L2,$$

$$L4 = L1 - L2,$$

$$L5 = \frac{f_1}{f_1 - f_2} * L1 - \frac{f_2}{f_1 - f_2} * L2.$$

Chaque combinaison linéaire a ses avantages:

¹ Extrait de la documentation du logiciel Bernese version 3.4

- L'avantage de L1 et L2 est leur faible bruit: le bruit sur une observation L3 est à peu près 3 fois plus élevé que celui sur une observation L1 ou L2, 1.4 fois pour L4 et 5 fois pour L5.
- L'avantage de L3 est l'élimination ou la réduction de la majeure partie de la réfraction ionosphérique.
- L'avantage de L4 est son indépendance des horloges récepteurs et de la géométrie. Elle contient seulement les paramètres ionosphériques et (pour les données de phase) les ambiguïtés.
- L'avantage de L5 est sa grande longueur d'onde: alors que les erreurs systématiques non modélisées (comme par exemple les erreurs d'orbites) influencent L1 et L5 de la même manière, la longueur d'onde de L5 est environ 4 fois plus élevée. Cela signifie que la résolution d'ambiguïtés dans cette combinaison linéaire est beaucoup moins affectée par les erreurs systématiques.

De ces propriétés découlent principalement les techniques de traitements pour les récepteurs bi-fréquences.

- ANNEXE 2 -

Etat de la constellation GPS

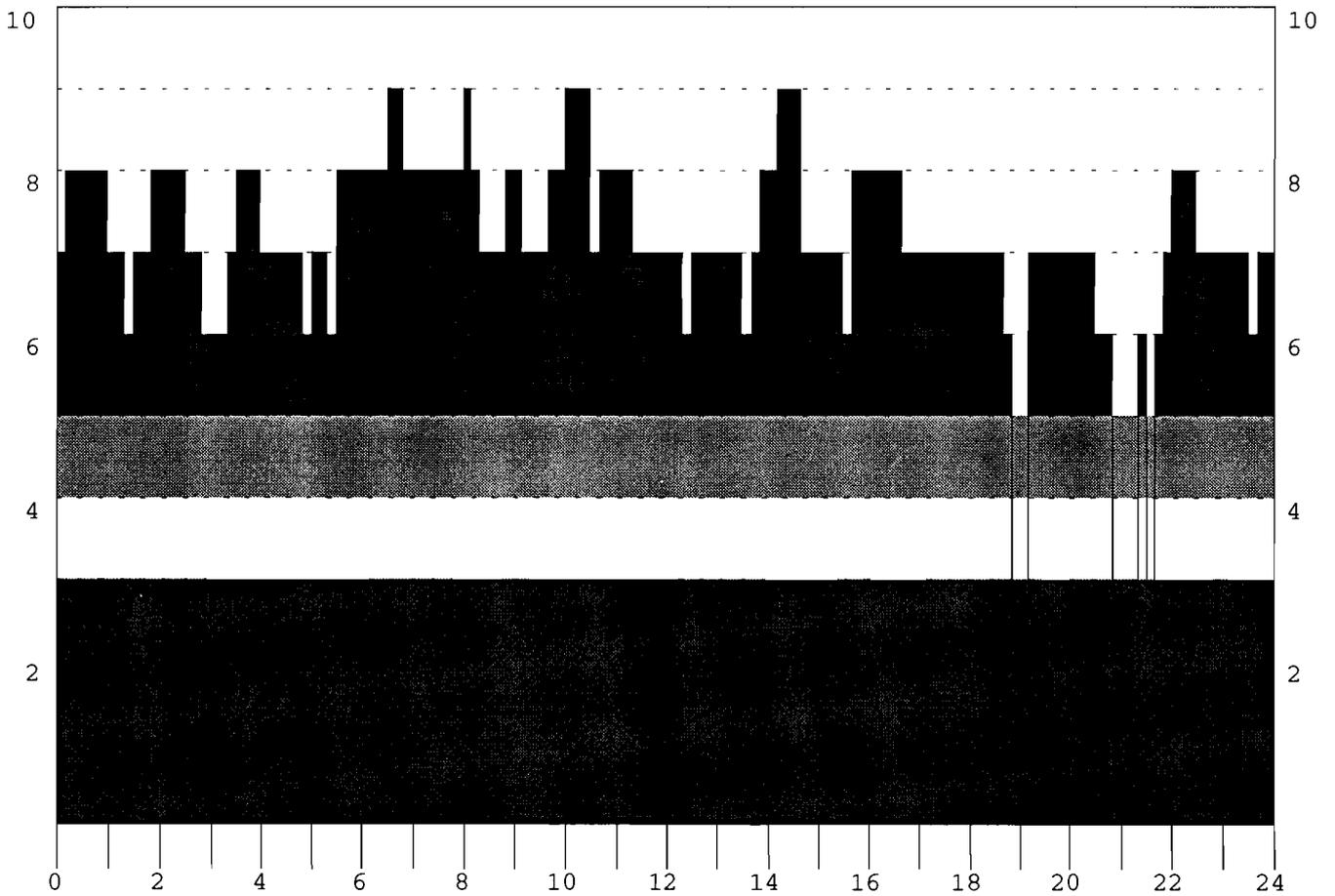
General information - satellite availability

Prediction date: 23/09/94
Site: Chesterfield Time: GMT+00.00
Latitude: 19°52'S Longitude: 158°18'E
Height: 66m Cut-off angle: 10°
Almanac from: 21/05/94 Obstructions: none
Sats. not used: 13
Sats. used: 1 2 4 5 6 7 9 12 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 ;

The U.S. government has the right to modify the position or terminate the
operation of these satellites at any time.

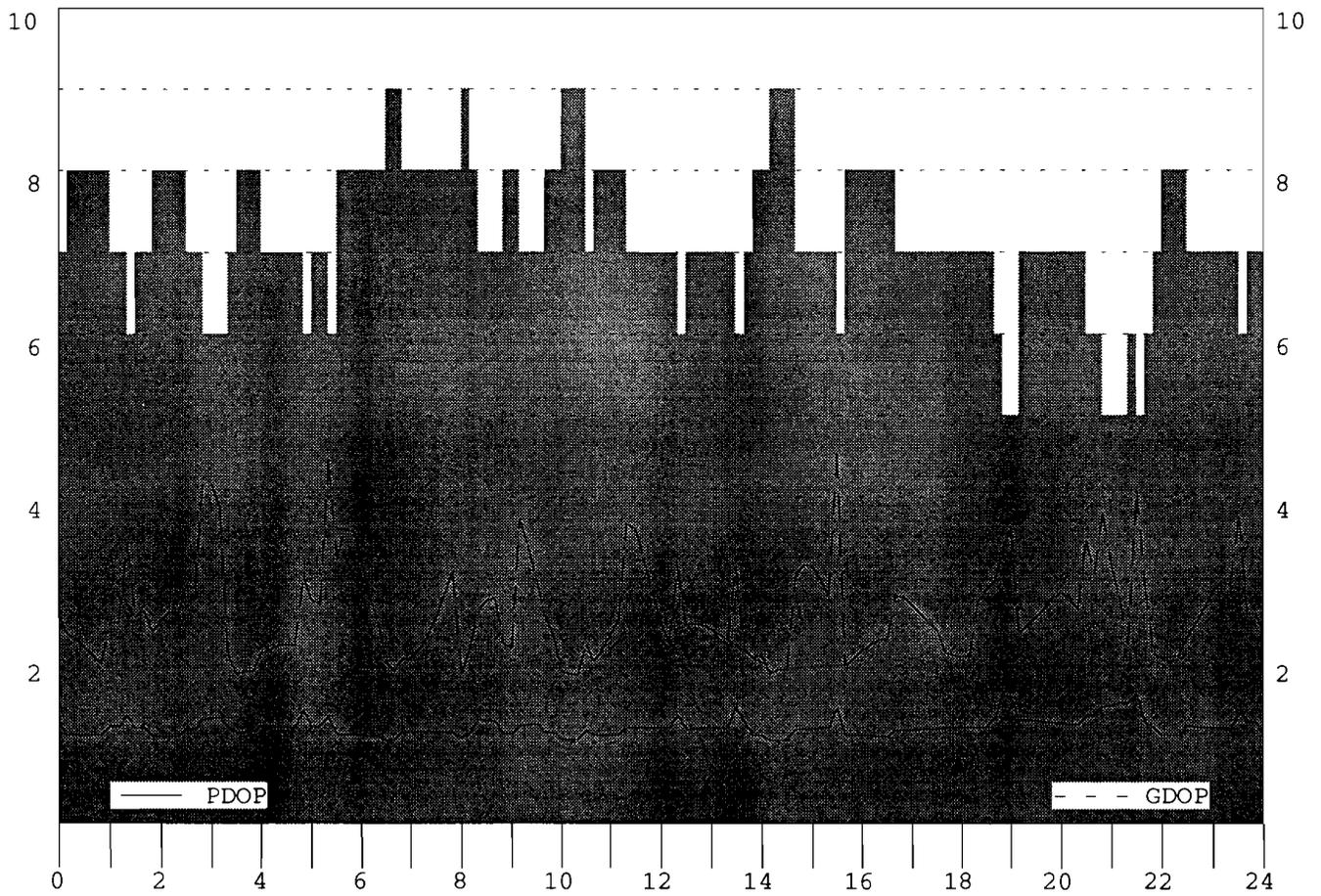
Satellite summary

Prediction date: 23/09/94
Window: 00.00 - 24.00
Site: Chesterfield Time: GMT+00.00
Latitude: 19°52'S Longitude: 158°18'E
Height: 66m Cut-off angle: 10°
Almanac from: 21/05/94 Obstructions: none
Sats. not used: 13
Sats. used: 1 2 4 5 6 7 9 12 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31



Satellite PDOP/GDOP

Prediction date: 23/09/94
Window: 00.00 - 24.00
Site: Chesterfield Time: GMT+00.00
Latitude: 19°52'S Longitude: 158°18'E
Height: 66m Cut-off angle: 10°
Almanac from: 21/05/94 Obstructions: none
Sats. not used: 13
Sats. used: 1 2 4 5 6 7 9 12 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31



 Chesterfield Satellite summary, PDOP, GDOP Time: GMT+00.00
 23/09/94 19°52'S 158°18'E 66m 10°Almanac from: 21/05/94

Time	Sats.	PDOP	GDOP	Satellite Nos
00.00	7	1.25	2.56	14 18 19 27 28 29 31
00.10	8	1.09	2.33	2 14 18 19 27 28 29 31
00.20	8	1.08	2.26	2 14 18 19 27 28 29 31
00.30	8	1.08	2.16	2 14 18 19 27 28 29 31
00.40	8	1.08	2.05	2 14 18 19 27 28 29 31
00.50	8	1.08	1.95	2 14 18 19 27 28 29 31
01.00	7	1.21	2.47	2 18 19 27 28 29 31
01.10	7	1.19	2.47	2 18 19 27 28 29 31
01.20	6	1.32	3.44	2 18 19 27 29 31
01.30	7	1.17	2.54	2 7 18 19 27 29 31
01.40	7	1.18	2.62	2 7 18 19 27 29 31
01.50	8	1.08	2.35	2 7 15 18 19 27 29 31
02.00	8	1.07	2.50	2 7 15 18 19 27 29 31
02.10	8	1.07	2.59	2 7 15 18 19 27 29 31
02.20	8	1.08	2.59	2 7 15 18 19 27 29 31
02.30	7	1.16	2.92	2 7 15 18 19 27 31
02.40	7	1.16	2.88	2 7 15 18 19 27 31
02.50	6	1.28	4.27	2 7 15 18 19 27
03.00	6	1.29	4.15	2 7 15 18 19 27
03.10	6	1.30	3.87	2 7 15 18 19 27
03.20	7	1.21	2.07	2 7 15 18 19 26 27
03.30	8	1.12	1.83	2 4 7 15 18 19 26 27
03.40	8	1.12	1.86	2 4 7 15 18 19 26 27
03.50	8	1.13	1.88	2 4 7 15 18 19 26 27
04.00	7	1.20	2.08	2 4 7 15 19 26 27
04.10	7	1.20	2.14	2 4 7 15 19 26 27
04.20	7	1.19	2.18	2 4 7 15 19 26 27
04.30	7	1.18	2.20	2 4 7 15 19 26 27
04.40	7	1.18	2.18	2 4 7 15 19 26 27
04.50	6	1.40	3.04	2 4 7 19 26 27
05.00	7	1.20	2.75	2 4 7 19 24 26 27
05.10	7	1.19	2.70	2 4 7 19 24 26 27
05.20	6	1.32	4.46	2 4 7 24 26 27
05.30	8	1.10	3.25	2 4 7 9 12 24 26 27
05.40	8	1.09	3.60	2 4 7 9 12 24 26 27
05.50	8	1.09	3.59	2 4 7 9 12 24 26 27
06.00	8	1.08	3.23	2 4 7 9 12 24 26 27
06.10	8	1.08	2.80	2 4 7 9 12 24 26 27
06.20	8	1.08	2.47	2 4 7 9 12 24 26 27
06.30	9	1.02	2.00	2 4 5 7 9 12 24 26 27
06.40	9	1.02	1.87	2 4 5 7 9 12 24 26 27
06.50	8	1.12	2.02	2 4 5 7 9 12 24 26
07.00	8	1.14	2.01	2 4 5 7 9 12 16 24
07.10	8	1.14	2.13	2 4 5 7 9 12 16 24
07.20	8	1.13	2.29	2 4 5 7 9 12 16 24
07.30	8	1.13	2.52	2 4 5 7 9 12 16 24
07.40	8	1.12	2.81	2 4 5 7 9 12 16 24
07.50	8	1.11	3.11	2 4 5 7 9 12 16 24
08.00	9	1.05	1.84	2 4 5 7 9 12 16 20 24
08.10	8	1.12	2.15	4 5 7 9 12 16 20 24
08.20	7	1.28	2.61	4 5 9 12 16 20 24
08.30	7	1.27	2.74	4 5 9 12 16 20 24
08.40	7	1.27	2.76	4 5 9 12 16 20 24
08.50	8	1.10	2.22	4 5 6 9 12 16 20 24
09.00	8	1.10	2.15	4 5 6 9 12 16 20 24
09.10	7	1.22	3.72	5 6 9 12 16 20 24
09.20	7	1.21	3.41	5 6 9 12 16 20 24
09.30	7	1.22	3.00	5 6 9 12 16 20 24
09.40	8	1.12	2.55	5 6 9 12 16 17 20 24
09.50	8	1.12	2.30	5 6 9 12 16 17 20 24
10.00	9	1.04	1.87	5 6 9 12 16 17 20 24 26
10.10	9	1.04	1.84	5 6 9 12 16 17 20 24 26

Time	Sats.	PDOP	GDOP	Satellite Nos
10.20	9	1.04	1.82	5 6 9 12 16 17 20 24 26
10.30	7	1.15	2.20	5 6 16 17 20 24 26
10.40	8	1.08	1.98	5 6 16 17 20 23 24 26
10.50	8	1.08	2.13	5 6 16 17 20 23 24 26
11.00	8	1.08	2.32	5 6 16 17 20 23 24 26
11.10	8	1.09	2.50	5 6 16 17 20 23 24 26
11.20	7	1.17	3.67	5 6 16 17 20 23 26
11.30	7	1.17	3.62	5 6 16 17 20 23 26
11.40	7	1.17	3.25	5 6 16 17 20 23 26
11.50	7	1.17	2.83	5 6 16 17 20 23 26
12.00	7	1.18	2.48	5 6 16 17 20 23 26
12.10	7	1.18	2.23	5 6 16 17 20 23 26
12.20	6	1.34	3.14	6 17 20 21 23 26
12.30	7	1.16	2.45	6 17 20 21 22 23 26
12.40	7	1.17	2.46	6 17 20 21 22 23 26
12.50	7	1.17	2.43	6 17 20 21 22 23 26
13.00	7	1.17	2.38	6 17 20 21 22 23 26
13.10	7	1.18	2.33	6 17 20 21 22 23 26
13.20	7	1.18	2.27	6 17 20 21 22 23 26
13.30	6	1.44	3.16	6 17 21 22 23 26
13.40	7	1.25	2.12	6 9 17 21 22 23 26
13.50	8	1.09	2.03	1 6 9 17 21 22 23 26
14.00	8	1.08	2.07	1 6 9 17 21 22 23 26
14.10	9	1.02	1.84	1 6 9 17 21 22 23 26 28
14.20	9	1.02	1.89	1 6 9 17 21 22 23 26 28
14.30	9	1.02	1.89	1 6 9 17 21 22 23 26 28
14.40	7	1.17	3.03	1 6 9 17 21 23 28
14.50	7	1.17	3.18	1 6 9 17 21 23 28
15.00	7	1.17	3.15	1 6 9 17 21 23 28
15.10	7	1.17	3.00	1 6 9 17 21 23 28
15.20	7	1.17	2.81	1 6 9 17 21 23 28
15.30	6	1.43	4.53	1 9 17 21 23 28
15.40	8	1.09	1.94	1 9 17 21 23 25 28 31
15.50	8	1.09	2.02	1 9 17 21 23 25 28 31
16.00	8	1.08	2.11	1 9 17 21 23 25 28 31
16.10	8	1.08	2.20	1 9 17 21 23 25 28 31
16.20	8	1.08	2.26	1 9 17 21 23 25 28 31
16.30	8	1.08	2.27	1 9 17 21 23 25 28 31
16.40	7	1.16	2.81	1 17 21 23 25 28 31
16.50	7	1.16	2.78	1 17 21 23 25 28 31
17.00	7	1.16	2.69	1 17 21 23 25 28 31
17.10	7	1.16	2.57	1 17 21 23 25 28 31
17.20	7	1.16	2.46	1 17 21 23 25 28 31
17.30	7	1.17	2.37	1 17 21 23 25 28 31
17.40	7	1.17	2.10	1 15 21 23 25 28 31
17.50	7	1.18	2.06	1 15 21 23 25 28 31
18.00	7	1.18	2.04	1 15 21 23 25 28 31
18.10	7	1.18	2.05	1 15 21 23 25 28 31
18.20	7	1.17	2.74	1 15 21 22 25 28 31
18.30	7	1.18	2.85	1 15 21 22 25 28 31
18.40	6	1.28	2.97	1 15 21 22 25 31
18.50	5	1.59	3.35	1 15 21 22 25
19.00	5	1.55	3.63	1 15 21 22 25
19.10	7	1.28	2.34	1 14 15 21 22 25 29
19.20	7	1.27	2.42	1 14 15 21 22 25 29
19.30	7	1.27	2.53	1 14 15 21 22 25 29
19.40	7	1.26	2.66	1 14 15 21 22 25 29
19.50	7	1.25	2.78	1 14 15 21 22 25 29
20.00	7	1.24	2.83	1 14 15 21 22 25 29
20.10	7	1.23	2.78	1 14 15 21 22 25 29
20.20	7	1.22	2.63	1 14 15 21 22 25 29
20.30	6	1.33	3.49	1 14 15 22 25 29
20.40	6	1.33	3.07	1 14 15 22 25 29
20.50	5	1.43	3.82	14 15 22 25 29
21.00	5	1.45	3.17	14 15 22 25 29
21.10	5	1.49	2.78	14 15 22 25 29
21.20	6	1.47	2.19	14 15 19 22 25 29
21.30	5	1.58	4.08	14 15 19 22 29

Time	Sats.	PDOP	GDOP	Satellite Nos
21.40	6	1.26	2.94	14 15 19 22 28 29
21.50	7	1.17	2.09	14 15 18 19 22 28 29
22.00	8	1.09	2.03	14 15 18 19 22 28 29 31
22.10	8	1.09	2.05	14 15 18 19 22 28 29 31
22.20	8	1.09	2.06	14 15 18 19 22 28 29 31
22.30	7	1.21	2.29	14 18 19 22 28 29 31
22.40	7	1.20	2.45	14 18 19 22 28 29 31
22.50	7	1.19	2.65	14 18 19 22 28 29 31
23.00	7	1.18	2.85	14 18 19 22 28 29 31
23.10	7	1.17	2.96	14 18 19 22 28 29 31
23.20	7	1.17	2.93	14 18 19 22 28 29 31
23.30	6	1.36	3.77	14 18 19 28 29 31
23.40	7	1.26	2.58	14 18 19 27 28 29 31
23.50	7	1.25	2.58	14 18 19 27 28 29 31
24.00	8	1.09	2.35	2 14 18 19 27 28 29 31

- ANNEXE 3 -

Pré-traitement des observations de code zéro différence
(site de Chesterfield)

GLNH0994

PROGRAM CODSPP 24-OCT-94 09:34
BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 3.4

STATION: CHES FILE: P:/GLNH0994/OBS/CHES0031.CZO RECEIVER UNIT: 100382

DAY OF YEAR : 266

OBSERVATIONS : FROM 1994-09-23 07:03:30.00 TO 1994-09-23 11:50: 0.00
REQUESTED WINDOW : -- --

MEASUREMENT INTERVAL: 15 SEC
SAMPLING RATE : 1
PROCESSED FREQUENCY : L3
ELEVATION LIMIT : 15 DEG

ATMOSPHERE MODELS : TROPOSPHERE IONOSPHERE
SAASTAMOINEN NONE

STATISTICS FOR SV	24	4	12	9	2	7	5	16	20	6	17	26	23	TOTAL
OBSERVATIONS ON FILE:	983	503	799	783	231	299	1146	1143	905	743	599	472	301	8907
OBSERVATIONS USED :	856	422	713	672	158	174	1100	1062	828	623	514	374	254	7750
RMS (METER) :	3.5	4.6	4.2	4.6	6.5	6.1	4.5	5.8	2.8	6.3	4.6	6.2	6.6	5.3

RESULTS:

SIGMA0: 5.25

STATION COORDINATES:

LOCAL GEODETIC DATUM: WGS - 84

		A PRIORI	NEW	NEW- A PRIORI	RMS ERROR
CHES	X	-5575999.87	-5575979.37	20.49	0.26
(MARKER)	Y	2217744.34	2217735.02	-9.32	0.15
	Z	-2154162.77	-2154153.34	9.43	0.14

HEIGHT	95.93	71.58	-24.35	0.29
LATITUDE	- 19 52 10.703	- 19 52 10.663	0 0 0.040	0.0035
LONGITUDE	158 18 38.819	158 18 38.857	0 0 0.037	0.0044

CLOCK PARAMETERS:

OFFSET FOR REFERENCE EPOCH: 0.000000130 (SEC)

CLOCK OFFSETS STORED IN PHASE OBSERVATION FILE

RECEIVER UNIT : 100382
REFERENCE EPOCH : 1994-09-23 07:03:30.00

GLNH0994

PROGRAM CODSPP 24-OCT-94 09:34
BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 3.4

STATION: CHES FILE: P:/GLNH0994/OBS/CHES0032.CZO RECEIVER UNIT: 100382

DAY OF YEAR : 266

OBSERVATIONS : FROM 1994-09-23 19:14:30.00 TO 1994-09-24 05:16:45.00
REQUESTED WINDOW : -- --

MEASUREMENT INTERVAL: 15 SEC
SAMPLING RATE : 1
PROCESSED FREQUENCY : L3
ELEVATION LIMIT : 15 DEG

	TROPOSPHERE					IONOSPHERE													
	SAASTAMOINEN					NONE													
STATISTICS FOR SV	25	15	21	1	22	14	29	19	18	28	31	27	2	7	16	26	4	24	
9 TOTAL																			
OBSERVATIONS ON FILE:	308	1112	262	306	727	1035	1403	1767	1423	815	1123	1458	1295	913	99	500	429	96	
1 15072																			
OBSERVATIONS USED :	292	779	186	196	638	932	1239	1643	1312	648	954	1311	1200	836	0	425	367	57	
0 13015																			
RMS (METER)	3.7	4.5	4.6	5.7	8.5	4.7	9.1	3.5	5.5	5.7	5.2	6.7	5.5	6.6	0.0	9.5	3.1	5.2	
0.0 6.6																			

RESULTS:

SIGMA: 6.62

STATION COORDINATES:

LOCAL GEODETIC DATUM: WGS - 84

		A PRIORI	NEW	NEW- A PRIORI	RMS ERROR
CHES	X	-5575999.87	-5575980.71	19.16	0.26
(MARKER)	Y	2217744.34	2217736.16	-8.18	0.15
	Z	-2154162.77	-2154150.95	11.82	0.14
	HEIGHT	95.93	72.33	-23.60	0.29
	LATITUDE	- 19 52 10.703	- 19 52 10.572	0 0 0.131	0.0037
	LONGITUDE	158 18 38.819	158 18 38.837	0 0 0.018	0.0037

CLOCK PARAMETERS:

OFFSET FOR REFERENCE EPOCH: 0.000000080 (SEC)

CLOCK OFFSETS STORED IN PHASE OBSERVATION FILE

RECEIVER UNIT : 100382
REFERENCE EPOCH : 1994-09-23 19:14:30.00

GLNH0994

PROGRAM CODSPP 24-OCT-94 09:34
BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 3.4

STATION: CHES FILE: P:/GLNH0994/OBS/CHES0033.CZO RECEIVER UNIT: 100382

DAY OF YEAR : 267

OBSERVATIONS : FROM 1994-09-24 05:16:45.00 TO 1994-09-24 06:17:15.00
REQUESTED WINDOW : -- --

MEASUREMENT INTERVAL: 15 SEC
SAMPLING RATE : 1
PROCESSED FREQUENCY : L3
ELEVATION LIMIT : 15 DEG

ATMOSPHERE MODELS :	TROPOSPHERE				IONOSPHERE					TOTAL
	SAASTAMOINEN									
STATISTICS FOR SV	7	2	26	27	9	24	4	12	5	
OBSERVATIONS ON FILE:	242	242	242	242	242	242	242	242	0	1936
OBSERVATIONS USED :	0	237	0	237	190	237	237	188	0	1326
RMS (METER) :	0.0	4.9	0.0	6.9	7.6	7.0	3.5	6.1	0.0	6.8

RESULTS:

SIGMA0: 6.75

STATION COORDINATES:

LOCAL GEODETIC DATUM: WGS - 84

		A PRIORI	NEW	NEW- A PRIORI	RMS ERROR
CHES	X	-5575999.87	-5575962.96	36.91	0.89
(MARKER)	Y	2217744.34	2217733.26	-11.08	0.67
	Z	-2154162.77	-2154137.92	24.85	0.50

HEIGHT	95.93	51.38	-44.55	1.08
LATITUDE	- 19 52 10.703	- 19 52 10.367	0 0 0.336	0.0105
LONGITUDE	158 18 38.819	158 18 38.704	- 0 0 0.115	0.0159

CLOCK PARAMETERS:

OFFSET FOR REFERENCE EPOCH: 0.000000064 (SEC)

CLOCK OFFSETS STORED IN PHASE OBSERVATION FILE

RECEIVER UNIT : 100382
REFERENCE EPOCH : 1994-09-24 05:16:45.00

- ANNEXE 4 -

Résultats

Résultats par session de une heure

X	Y	Z	LATITUDE	LONGITUDE	HAUTEUR
-5575973.802	2217733.819	-2154152.535	-19°52'10.7007"	158°18'38.8242"	66.017m
-5575973.801	2217733.815	-2154152.534	-19°52'10.7007"	158°18'38.8243"	66.015m
-5575973.796	2217733.814	-2154152.533	-19°52'10.7007"	158°18'38.8243"	66.009m
-5575973.786	2217733.811	-2154152.530	-19°52'10.7007"	158°18'38.8243"	65.999m
-5575973.795	2217733.813	-2154152.535	-19°52'10.7008"	158°18'38.8243"	66.009m
-5575973.794	2217733.813	-2154152.532	-19°52'10.7007"	158°18'38.8244"	66.007m
-5575973.804	2217733.814	-2154152.538	-19°52'10.7007"	158°18'38.8244"	66.018m
-5575973.820	2217733.818	-2154152.542	-19°52'10.7007"	158°18'38.8245"	66.035m
-5575973.808	2217733.812	-2154152.541	-19°52'10.7008"	158°18'38.8245"	66.022m
-5575973.790	2217733.807	-2154152.536	-19°52'10.7008"	158°18'38.8245"	66.003m
-5575973.788	2217733.809	-2154152.533	-19°52'10.7008"	158°18'38.8244"	66.001m
-5575973.794	2217733.808	-2154152.534	-19°52'10.7008"	158°18'38.8245"	66.006m
-5575973.792	2217733.811	-2154152.530	-19°52'10.7006"	158°18'38.8244"	66.004m
-5575973.796	2217733.813	-2154152.533	-19°52'10.7007"	158°18'38.8244"	66.009m
-5575973.793	2217733.813	-2154152.532	-19°52'10.7007"	158°18'38.8243"	66.006m
-5575973.798	2217733.815	-2154152.534	-19°52'10.7007"	158°18'38.8243"	66.012m
-5575973.804	2217733.819	-2154152.538	-19°52'10.7007"	158°18'38.8243"	66.020m

Solution moyenne

		Ecartes quad. moyens	Répétabilités
X	-5575973.798	0.0079	0.0085
Y	2217733.813	0.0034	0.0036
Z	-2154152.535	0.0033	0.0035
LATITUDE	-19°52'10.70071"	.00001sec./0.04cm	.00006sec./0.19cm
LONGITUDE	158°18'38.82438"	.00002sec./0.06cm	.00009sec./0.25cm
HAUTEUR	66.0114m	0.009	0.009

Solution 'moindres carrés'

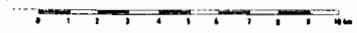
		Incertitudes
X	-5575973.798	0.1017
Y	2217733.813	0.0420
Z	-2154152.535	0.0433
LATITUDE	-19°52'10.70071"	1.5cm/0.49msec
LONGITUDE	158°18'38.82438"	2.3cm/0.78msec
HAUTEUR	66.0114m	11.5cm

- ANNEXE 5 -

Plan de l'archipel des Chesterfield et
positionnement de la solution finale

RÉCIFS ET ILES CHESTERFIELD

1/150 000 (19° 40')



Cartouche dressé d'après les reconnaissances effectuées par le SHOM entre 1980 et 1982
Les sondes en caractères gras (Ex: 28) proviennent de reconnaissances anciennes
Au Nord du parallèle 19° 45' S les limites des zones de petits fonds mal connues, provenant de la restitution de données des satellites LANDSAT, sont approximatives
Les récifs et les roches faiblement immergées ont été dessinés à partir de photographies aériennes prises par l'Aéronavale

