

NOTES TECHNIQUES
SCIENCES DE LA TERRE
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

N° 12

1996

Le programme GSLNH
Rapport sur les traitements GPS

A* 10318 ex 2

Didier MAILLARD
Pierre LEBELLEGARD
Stéphane CALMANT

Fonds Documentaire ORSTOM



010010319

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



CENTRE DE NOUMÉA

NOTES TECHNIQUES
SCIENCES DE LA TERRE
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

N° 12

1996

Le programme GSLNH
Rapport sur les traitements GPS

** Didier MAILLARD
* Pierre LEBELLEGARD
* Stéphane CALMANT

* ORSTOM, Nouméa
** IGN-LAREG/ORSTOM



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

CENTRE DE NOUMÉA

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote: A*10318 Ex: 2

© ORSTOM, Nouméa, 1996

Maillard, D.
/Lebellegard, P.
/Calmant, S.

Le programme GSLNH. Rapport sur les traitements GPS

Nouméa : ORSTOM. Septembre 1996. 160 p.
Notes Tech. : Sci. Terre ; Géol. Géophys. ; 12

Ø66SISMO

GEODESIE ; TECTONIQUE ; DEPLACEMENT ; SISMOTECTONIQUE ; MESURE ; APPAREIL DE
MESURES ; GPS ; ZONE DE SUBDUCTION / NOUVELLE CALEDONIE ; VANUATU

Imprimé par le Centre ORSTOM
Septembre 1996



ORSTOM Nouméa
REPROGRAPHIE

Sommaire

1 - Présentation	5
1.1 - Le Projet GSLNH	5
1.2 - Le site de Lifou	5
2 - Les sites	6
2.1 - Ride de Nouvelle Calédonie	6
2.1.1 - <i>Nouméa</i>	
2.1.2 - <i>Koumac</i>	
2.1.3 - <i>Surprise</i>	
2.2 - Ride de Loyauté	6
2.2.1 - <i>Lifou</i>	
2.2.2 - <i>Maré</i>	
2.2.3 - <i>Ouvéa</i>	
2.2.4 - <i>Walpole</i>	
2.3 - Arc des Nouvelles Hébrides	7
2.3.1 - <i>Matthew</i>	
2.3.2 - <i>Santo</i>	
2.3.3 - <i>Mallicolo</i>	
2.3.4 - <i>Efate</i>	
2.3.5 - <i>Tanna</i>	
2.4 - Table des abréviations	7
3 - Observations	8
3.1 - Occupation des sites et récepteurs utilisés	8
3.2 - Paramètres d'observation	9
3.3 - Sessions d'observation	9
4 - Traitements des lignes de base	10
4.1 - Logiciels	10
4.2 - Paramètres de calcul	10
4.2.1 - <i>Coordonnées</i>	
4.2.2 - <i>Orbites</i>	
4.2.3 - <i>Paramètres de rotation de la Terre</i>	
4.2.4 - <i>Troposphère</i>	
4.2.5 - <i>Corrections d'horloges</i>	
4.3 - Stratégie de calcul	12
4.3.1 - <i>Sessions</i>	
4.3.2 - <i>Choix des lignes de bases</i>	
4.3.3 - <i>Types de traitements réalisés</i>	
4.3.4 - <i>Traitement des incertitudes</i>	
4.4 - Résultats	13
4.4.1 - <i>Comparaison des coordonnées</i>	
4.4.2 - <i>Géométrie planimétrique de la répétabilité</i>	
5 - Compensations	21
5.1 - Traitements par campagne	21
5.2 - Compensation globale	21
5.2.1 - <i>Ellipses de confiance</i>	
5.2.2 - <i>Résultats graphiques</i>	
6 - Références bibliographiques	29
7 - Carte de situation générale	30

Annexe 1 : Croquis des sites

Annexe 2 : Schémas des calculs quotidiens

Annexe 3 : Résultats graphiques

Annexe 4 : Résultats numériques (sur demande)

I - Présentation

1.1 - Le Projet GSLNH (Géodésie Spatiale Loyauté / Nouvelles Hébrides)

L'équipe de Géologie-Géophysique de l'ORSTOM à Nouméa conduit un projet de tecto-géodésie, GSLNH, qui vise à mettre en évidence les éventuels liens entre la sismicité et les déplacements superficiels au niveau de la zone de subduction des Nouvelles Hébrides. Dans ce projet, les déplacements sont déterminés au moyen de deux types d'équipements de géodésie spatiale: des récepteurs GPS d'une part et des balises de localisation DORIS d'autre part. (voir figure p.30)

Le système GPS est utilisé pour déterminer les positions relatives de sites sur chacune des plaques tectoniques en mouvement relatif au niveau de la zone de subduction des Nouvelles Hébrides. Sur la plaque australienne, les sites sont sur la Ride de Nouvelle-Calédonie (Nouméa et Koumac sur la grande terre, l'îlot Surprise) et sur la Ride des Loyauté (îles de Maré, Lifou, Ouvéa et Walpole). Dans le bassin Nord Fidjien, les sites sont implantés dans l'arc volcanique qui borde la fosse, à Santo, Mallicolo, Vaté, Tanna et Matthew. Le système DORIS est constitué de deux balises de localisation, à Lifou et Tanna, opérant dans un environnement de trois balises d'orbitographie à Nouméa, Wallis et Port Moresby (PNG).

L'acquisition des mesures GPS est menée en coopération avec les organismes institutionnels chargés de la géodésie sur le Territoire de Nouvelle-Calédonie (Service Territorial Bureau de Géodésie Nivellement de la DITTT, Services Topographiques des Provinces Iles, Nord et Sud) et à Vanuatu (Land & Survey Department). Les mesures d'août 1990 et d'août 1992 viennent des campagnes SWPP pilotées par les universités du Texas à Austin et de Caroline du Nord, auxquelles l'équipe ORSTOM et ses partenaires avaient participé. L'acquisition des télémessures DORIS est pilotée par la société CLS/Argos depuis le centre de calcul du CNES à Toulouse, l'équipe ORSTOM assurant la maintenance permanente des balises depuis Nouméa (balise de Lifou) et Port-Vila (balise de Tanna).

Le traitement des données issues de ces équipements de géodésie spatiale est mené en collaboration avec le LAREG (Laboratoire de Recherche En Géodésie) de l'IGN, le GRGS (Groupement de Recherche en Géodésie Spatiale) du CNES, et la société CLS/Argos. Le LAREG intervient dans le traitement des données GPS aux côtés de l'équipe ORSTOM. Le LAREG, le GRGS, et la société CLS/Argos concourent au traitement, encore expérimental, des données DORIS.

Le présent rapport présente les traitements GPS réalisés par l'équipe ORSTOM-IGN à Nouméa. Ces traitements portent sur plus de 600 journées d'observations réparties sur 21 campagnes (rattachements inclus) et 12 sites différents.

1.2 - Le site de Lifou

Commun aux deux équipements et occupant une position centrale dans chacun des deux réseaux, le site de Lifou a été choisi comme site de référence. Les coordonnées utilisées dans la suite des traitements proviennent du calcul du site de Lifou à partir de la station australienne de l'IERS de Tidbinbilla, (se reporter au paragraphe 4.2.1)

Dans le présent rapport les valeurs présentées correspondent à la détermination de coordonnées absolues et relatives des sites GPS du réseau GSLNH à partir du site de Lifou.

2 - Les sites

2.1 - Ride de Nouvelle Calédonie

2.1.1 - Nouméa

Le site de Nouméa a changé plusieurs fois pendant la série d'observation du réseau.

Pour les campagnes d'août 1990 et août 1992 le point de TINDU a été stationné, il s'agit du repère UNAVCO observé pour les campagnes du réseau SWPP.

Les autres campagnes de 1992 ont été réalisées sur la borne en fonte de la pointe CHALEIX (dans l'enceinte de la base militaire).

A partir de 1993 et jusqu'à la fin de la série d'observations le site a été transféré pour des raisons de commodité (local fermé pour le récepteur, absence de surveillance de nuit, courant sur place) sur le toit du Service Topographique et Foncier de la Province Sud situé à DUCOS.

En juillet 1993 un rattachement a été réalisé entre ces trois sites sur 2 jours d'observation.

2.1.2 - Koumac

Le site de Koumac est situé dans l'enceinte de la station météo, au sommet d'une petite colline en ville. Ce site bien dégagé a été mis en place en 1988 lors de la première campagne SWPP, il s'agit du rivet UNAVCO n°1. Aucun problème majeur n'est à signaler sur ce site.

2.1.3 - Surprise

Pour les besoins de la D.I.T.T.T. et de la M.O.P., l'îlot Surprise a été observé en GPS par deux fois et introduit dans le réseau GSLNH.

L'accès à l'îlot nécessite des moyens navals lourds. Les observations ne peuvent se faire qu'à l'occasion de mission de la M.O.P. dans cette zone. De 1990 à 1995, deux missions de ce type ont eu lieu, en novembre 1993 et novembre 1994.

2.2 - Ride de Loyauté

2.2.1 - Lifou

Le repère UNAVCO n°1 a été utilisé pour l'ensemble des observations. Ce repère, mis en place en 1988, est situé à proximité du terrain d'aviation de WANAHAM dans un endroit très bien dégagé. Ce site, étant celui observé avec le plus de régularité et occupant une position centrale dans le schéma, a été utilisé comme point fixe dans la plupart des traitements.

2.2.2 - Maré

Nous avons utilisé le repère UNAVCO n°1 situé sur l'aérodrome de La Roche. A noter que lors de la campagne de juin 1993 l'opérateur a centré l'appareil sur la plaque de signalisation située à 35 cm environ.

Un rattachement a été réalisé en 1994 en statique rapide entre les 2 positions et une confirmation de ce rattachement par méthode classique (angle et distance) début 1996.

2.2.3 - Ouvéa

Ouvéa a été stationné trois fois sur l'ensemble des campagnes. Nous avons utilisé le repère UNAVCO n°1 posé en 1988 sur l'aérodrome d'Ouloup.

2.2.4 - Walpole

Walpole étant un îlot difficile d'accès, il a été observé à l'occasion de manoeuvres militaires, les temps d'observation possible ne dépassent pas deux jours par campagne. La première campagne de juin 1992 a été l'occasion de la mise en place par nos soins, d'une borne en fonte qui définit le point. Nous avons eu la possibilité de le stationner sept fois en quatre ans.

2.3 - Arc des Nouvelles Hébrides

2.3.1 - Matthew

L'îlot volcanique Matthew a été observé lors des mêmes manoeuvres militaires que Walpole. Cependant les temps d'observation étaient réduits à une journée par campagne. Le repère mis en place en juin 1992 est aussi une borne en fonte, située sur le sommet le plus éloigné de la partie active du volcan.

2.3.2 - Santo

Mis en place par l'UNAVCO en 1988, le repère de Santo est situé dans l'enceinte de l'I.R.H.O. D'accès facile, ce site n'a posé aucun problème d'utilisation pendant la totalité des campagnes. A cette date les observations SWPP de 1990 ne sont pas disponibles.

2.3.3 - Mallicolo

Le repère de Mallicolo installé par l'UNAVCO en 1988 a été observé 2 fois pendant le projet SWPP (1990 et 1992). Une nouvelle observation a été réalisée fin 1995. Ce site difficile d'accès (1 heure de marche environ) est situé à flanc de colline et présente donc un masque important. De plus la végétation de cette zone oblige les opérateurs à réaliser des coupes importantes à chaque mise en place. A cette date les observations SWPP de 1990 ne sont pas disponibles.

2.3.4 - Efate

Le site de l'île d'Efate, situé assez loin de Port Vila, se trouve sur la plage d'Eton. Le sable recouvre souvent le site, il est donc nécessaire de prévoir plusieurs heures d'installation de façon à retrouver le repère s'il est ensablé. (Repère posé par l'UNAVCO en 1988)

2.3.5 - Tanna

Situé sur une plage à proximité du village de Lenakel, ce site présente l'inconvénient d'être trop proche de la mer (effets multi-trajets possible) mais surtout d'être recouvert par la mer lors des très fortes marées.

2.4 - Table des abréviations

Le logiciel de traitement utilisé, Bernese, prévoyant 4 caractères pour le nom de chaque site, nous avons utilisé les acronymes suivants :

Nouméa Tindu	TIND	Ouvéa Ouloup	OUVA
Nouméa Chaleix	CHAL	Walpole	WALP
Nouméa Ducos	DUCO	Matthew	MTTW
Koumac	KOUM	Santo IRHO	SNTO
Surprise	SURP	Mallicolo Sud	MLKL
Lifou Wanaham	LFOU	Efate Eton	EFAT
Maré La Roche	MARE	Tanna Lenakel	TANA
Maré plaque UNAVCO	M2AR		

3 - Observations

3.1 - Occupation des sites et récepteurs utilisés

La série des mesures a débuté par deux campagnes franco-américaines du réseau SWPP (août 1990, août 1992). Ensuite l'équipe de Géophysique de l'ORSTOM a organisé avec ses partenaires locaux deux à trois campagnes d'observations par an du réseau. Les observations se sont terminées en novembre 1995 pour cette partie de programme. Le rattachement des sites de Nouméa réalisé en mai 1996 est aussi présenté.

Dates	TIND	CHAL	DUCO	KOUM	SURP	LFOU	MARE	OUVA	WALP	MTTW	SNT0	MLKL	EFAT	TANA
08/90	T			T		T	T						T	T
06/92		A							A	A				
08/92	T			T		T	T	L			T	T	T	T
10/92		L				L							L	
12/92		L				L			L	L				
01/93			L			L	L						L	L
06/93			A			A	A*	A	A	A			A	A
07/93	A	A	A											
11/93			L	L	L						L		L	
12/93			L			L	L		L	L				L
03/94			L			L								L
07/94			L	L		L	L				L		L	L
09/94			L	L		L								
11/94			L	L	L	L					L			
11/94			L			L	L						L	
12/94			L			L	L		L	L				L
05/95			L	L		L	L	L			L		L	L
06/95			L	L		L			L	L				
11/95			L	L		L	L				L	L	L	L
11/95			L	L					L	L				
05/96	L	L	L											

récepteurs

A Ashtech LXII ou MXII
T Trimble 4000 SST
L Wild Leica système 200

* Station sur la plaque Unavco M2AR

D'une campagne de mesures à une autre, le type des récepteurs employés a varié. Des Trimble 4000 SST ont été utilisés pour les campagnes d'août 1990 et 1992, des Ashtech LXII pour la campagne de juin 1993 et des Wild Leica système 200 pour toutes les autres campagnes. Tous sont des récepteurs bi-fréquences.

Une seule campagne (août 1992) a été réalisée avec un mélange de récepteurs. Un récepteur Wild Leica système 200 était installé à Ouvéa alors que tous les autres sites étaient équipés de Trimble 4000 SST. Nous avons donc réalisé une modélisation de l'antenne Leica de façon à effectuer ce mélange de la façon la plus rigoureuse possible. (voir la note technique n°8 Sciences de la Terre de 1995).

Les caractéristiques des récepteurs utilisés sont les suivantes :

	Code	Phase
Ashtech LXII	C1 P2	L1 L2
Ashtech MXII	C1	L1 L2
Trimble 4000 SST	C1	L1 L2
Wild Leica système 200	C1 P2	L1 L2

3.2 - Paramètres d'observation

Les observations de 1990 et 1992 ont été réalisées avec un cadencement de 15 secondes. A partir de 1993, toutes les observations ont été cadencées à 30 secondes.

L'élévation de coupure a été généralement fixée à 10 degrés.

A partir de 1993 les observations ont été effectuées avec des récepteurs Leica, ces récepteurs possèdent deux types d'enregistrement possibles :

COMPACTED format utilisé par les logiciels LEICA
SAMPLED données brutes

Les récepteurs ont toujours été programmés pour une acquisition au format SAMPLED.

3.3 - Sessions d'observation

Nous avons prévu des séances d'observation en sessions les plus proches possible de 24h. Les récepteurs Leica ne permettant pas, avec les matériels à notre disposition, de réaliser des observations continues, les sessions ont été établies à 23 heures de façon à laisser le temps aux opérateurs d'effectuer le vidage des récepteurs.

Pour la première campagne du réseau SWPP (août 1990) les sessions sont beaucoup plus courtes. A cette époque la constellation GPS n'était pas complète, les observations ne se déroulaient qu'aux moments les plus favorables de la journée.

Dates	durée de la mission	jours GMT	durée moyenne des sessions	cadence des observations
08/90	8 jours	212 à 219	8 heures	15 sec.
06/92	2 jours	167 - 170	23 heures	15 sec.
08/92	8 jours	212 à 219	24 heures	15 sec.
10/92	3 jours	300 à 302	21 heures	30 sec.
12/92	1 jour	338	23 heures	30 sec.
01/93	7 jours	018 à 024	22 heures	30 sec.
06/93	6 jours	178 à 183	22 heures	30 sec.
07/93	2 jours	186 - 187	23 heures	30 sec.
11/93	3 jours	327 à 329	22 heures	30 sec.
12/93	5 jours	333 à 337	22 heures	30 sec.
03/94	5 jours	080 à 084	21 heures	30 sec.
07/94	9 jours	183 à 191	23 heures	30 sec.
09/94	3 jours	264 à 266	23 heures	30 sec.
11/94	6 jours	325 à 330	22 heures	30 sec.
11/94	7 jours	332 à 338	22 heures	30 sec.
12/94	5 jours	339 à 343	22 heures	30 sec.
05/95	10 jours	130 à 139	23 heures	30 sec.
06/95	2 jours	178 - 179	23 heures	30 sec.
11/95	6 jours	306 à 311	23 heures	30 sec.
11/95	3 jours	324 à 326	23 heures	30 sec.
05/96	2 jours	149 - 150	23 heures	30 sec.

4 - Traitements des lignes de base

4.1 - Logiciels

L'ensemble des traitements a été réalisé avec le logiciel Bernese version 3.5, logiciel développé à l'Institut d'Astronomie de l'Université de Berne (AIUB) et implanté au laboratoire de Géologie Géophysique de l'Orstom Nouméa sur station de travail UNIX-SUN. Les mises au format RINEX des données brutes ont été effectuées avec les utilitaires du logiciel Bernese pour les données provenant de récepteurs Ashtech et Trimble et avec le logiciel Ski 1.09 pour celles des récepteurs Wild-Leica.

Différents utilitaires (changement de référentiel, calcul et tracé d'ellipses ... etc.) ont été développés au sein du laboratoire.

Plusieurs compensations ont été effectuées en utilisant le logiciel Géolab (version 2.4 D) acquis par la DITTT.

4.2 - Paramètres de calcul

4.2.1 - Coordonnées

Les coordonnées fixées dans les traitements sont celles du site de Lifou (calculées à partir des sites fiduciaux de la région).

A l'époque 1993.0 et dans le référentiel ITRF93, ces coordonnées sont :

$$X = -5818731.8441 \quad Y = 1317761.7737 \quad Z = -2248017.2671$$

Ce qui donne en coordonnées géographiques sur l'ellipsoïde GRS 1980

$$\lambda = 167^{\circ}14'22''32821 \quad \phi = -20^{\circ}46'25''28140 \quad h = 89.7217$$

Pour chaque campagne nous avons corrigé ces coordonnées de la valeur de déplacement du point situé sur la plaque australienne, soit en m/an :

$$V_x : -0.0201 \quad V_y : -0.0163 \quad V_z : 0.0424$$

Puis ces coordonnées ont été transformées dans le référentiel utilisé dans les fichiers d'orbite.

WGS 84 pour les observations de 1990

ITRF 91 pour les observations de 1992 et 1993

ITRF 92 pour les observations de 1994

ITRF 93 pour les observations de 1995

Les paramètres de transformation utilisés proviennent de l'IGN / IERS et sont les suivants :

De	Vers	T1 cm	T2 cm	T3 cm	D 10 ⁻³	R1 0.001''	R2 0.001''	R3 0.001''
ITRF91	ITRF92	-1.1	-1.4	0.6	-0.14	0.0	0.0	0.0
ITRF92	ITRF93	-0.2	-0.7	-0.7	0.12	-0.39	0.80	-0.96
ITRF93	WGS 84	7.4	-50.0	-23.8	-1.01	18.69	-1.10	7.96

Les coordonnées approchées des autres points du réseau sont toujours issues d'un pré traitement d'une journée en ambiguïtés libres.

4.2.2 - Orbites

Nous avons réalisé les calculs des lignes de bases en utilisant les orbites précises produites par le centre Européen de calcul d'orbites installé à Berne : CODE.

La mission de 1990 a été préparée avec les orbites radio-diffusées.
Ces orbites n'ont pas été réestimées lors des traitements.

A chaque fois il a été créé un arc par 24 heures en utilisant les options suivantes :

```
-----  
TIME REFERENCE SYSTEM           :      GPS  
NUMBER OF ITERATIONS            :        2  
POLYNOMIAL DEGREE FOR NUMERICAL INTEGRATION:    10  
LENGTH OF NUMERICAL INTEGRATION INTERVALS :    1.00 HOURS  
A PRIORI RADIATION PRESSURE COEFFICIENT   :    0.00000 M/S**2*1.D7  
RCK4 / RCK42 MODEL USED         :      YES  
REDUCE TABULAR POSITIONS TO CENTER OF MASS :      NO  
-----
```

4.2.3 - Paramètres de rotation de la Terre

Les paramètres de rotation de la Terre utilisés sont ceux estimés par CODE et ont été fixés dans l'ensemble des calculs.

4.2.4 - Troposphère

Pour la troposphère nous avons utilisé le modèle de Saastamoinen avec les paramètres météorologiques ($T_s = 23^\circ$ celsius, $H = 70\%$, $P = 1013,25$ mbar) pris à l'altitude zéro comme altitude de référence et nous avons estimé quatre paramètres troposphériques par jour et par station.

Les observations météo effectuées pendant les observations n'ont pas été utilisées dans les calculs.

4.2.5 - Corrections d'horloges

Les corrections d'horloges des récepteurs ont été calculées à partir du code P (quand il était disponible sur les récepteurs) en point isolé et en utilisant les paramètres d'horloge donnés dans les fichiers d'éphémérides précises. Pour la campagne de 1990, nous avons utilisé les paramètres radiodiffusés du message de navigation.

La campagne de juin 1993 ayant été réalisée avec des récepteurs Ashtech de différents modèles, certains récepteurs ne possédaient pas la réception du code P, d'autres la possédaient sur la fréquence L2 et quelques-uns sur les deux fréquences. Cette campagne donne des résultats assez dispersés qui sont probablement dûs à la différence du traitement des corrections d'horloges sur les différents récepteurs.

4.3 - Stratégie de calcul

4.3.1 - Choix des lignes de bases

L'ensemble des traitements a été réalisé pour des sessions de l'ordre de 24 heures (sauf la campagne de 1990).

Le choix des lignes de base prises en compte dans les calculs a été réalisé en fonctions des deux critères suivants :

- lignes de base les plus courtes
- temps d'observation

L'annexe 2 montre campagne par campagne et session par session les lignes de base prises en compte dans les traitements.

4.3.3 - Types de traitement réalisés

Les traitements ont été réalisés en plusieurs étapes :

Après la préparation des fichiers de phase de simple différence les traitements ont été réalisés de la façon suivante :

Traitement base par base

- 1 - traitement base par base en utilisant la combinaison linéaire L3 sans résolution d'ambiguïtés
- 2 - levée des ambiguïtés en L5
- 3 - levée des ambiguïtés en L3 en prenant en compte la connaissance des ambiguïtés de la combinaison L5
- 4 - comparaison des résultats 1 et 3

Traitement en réseau

- 5 - traitement en réseau en utilisant la combinaison linéaire L3 sans résolution d'ambiguïtés
- 6 - levée des ambiguïtés L3 en prenant en compte la connaissance des ambiguïtés en L1 et L2 calculés à l'étape 3
- 7 - comparaison des résultats 5 et 6

Seules les étapes 1 et 5 ont été réalisées pour la campagne d' août 1990 (faible constellation et éphémérides radio-diffusées)

Toutes les autres campagnes ont été calculées avec l'ensemble des étapes.

Dans tous les cas l'élévation de coupure a été prise à 15°.

4.3.4 - Traitement des incertitudes

L'évaluation des incertitudes sur les résultats est malaisée en GPS, les logiciels de traitement fournissant des covariances a posteriori clairement sous-estimées. Afin que ces incertitudes puissent être appréhendées au mieux nous avons évalué et reporté pour chaque résultat les ellipses a posteriori après normalisation par le χ^2 global de la dispersion des résultats considérés autour d'une solution de référence.

De fait, l'évaluation de ces incertitudes n'est obtenue qu'en comparant la dispersion d'un ensemble de solutions autour d'une solution de référence. Ceci rend le calcul de solutions quotidiennes (ou par session d'observations) indispensable, même si en définitive un calcul global sur l'ensemble d'une campagne semble fournir directement une solution acceptable (quasi identique à la moyenne pondérée sur les solutions quotidiennes).

4.4 - Résultats

L'ensemble des résultats est présenté dans le référentiel ITRF 93. Ne sont donnés dans ce rapport que les résultats des solutions réseaux journalières ambiguïtés fixées (sauf la campagne d'août 1990 qui a été calculées en ambiguïtés libres) pour les sessions comportant le site de Lifou.

4.4.1 - Comparaison des coordonnées

La comparaison des coordonnées a été réalisée après calcul de la moyenne pondérée pour l'ensemble de la campagne.

Les tableaux donnés par la suite présentent, campagne par campagne, pour chaque station et chaque session, l'écart (en mètre) entre la valeur calculée et la moyenne.

Ces résultats sont aussi présentés sous forme graphique en annexe 3.

Campagne d'août 1990

STATION/JOUR		212	213	214	215	216	217	218	219
MARE	(lat)		-0.0084	-0.0010	-0.0133	+0.0058		+0.0011	+0.0131
	(lon)		-0.0042	-0.0069	-0.0240	+0.0216		+0.0134	-0.0005
	(h)		-0.0300	-0.0033	-0.0354	+0.0054		+0.0297	-0.0112
EFAT	(lat)	-0.0015	-0.0273	-0.0037	+0.0214	+0.0061	-0.0030	+0.0004	+0.0187
	(lon)	+0.0529	+0.1505	+0.0664	+0.0251	+0.0076	-0.0120	+0.0007	-0.1860
	(h)	-0.0177	-0.0374	-0.0364	-0.0460	-0.0145	+0.0162	-0.0079	+0.0702
TANA	(lat)	-0.0211	-0.0378	-0.0060	+0.0289	+0.0097	+0.0078	+0.0028	+0.0272
	(lon)	+0.0059	+0.1009	+0.1121	+0.0125	+0.0171	+0.0114	+0.0104	-0.1067
	(h)	-0.0053	-0.0703	-0.0656	-0.0432	+0.0161	+0.0176	+0.0046	+0.0299
TIND	(lat)	+0.0004		+0.0126	-0.0336				
	(lon)	-0.0002		+0.0063	-0.0255				
	(h)	-0.0915		+0.0006	+0.0653				

Campagne d'août 1992

STATION/JOUR		212	213	214	215	216	217	218	219
EFAT	(lat)	-0.0054		-0.0090	-0.0026	-0.0050	+0.0098	+0.0045	+0.0064
	(lon)	+0.0042		-0.0148	-0.0093	+0.0176	-0.0021	+0.0020	-0.0015
	(h)	-0.0222		+0.0643	+0.0204	+0.0477	-0.0182	-0.0343	-0.0265
KOUU	(lat)						-0.0006	+0.0015	-0.0006
	(lon)						+0.0074	-0.0040	-0.0040
	(h)						+0.0008	+0.0110	-0.0139
MARE	(lat)	-0.0037		+0.0015	+0.0028	-0.0015	+0.0026	+0.0030	-0.0037
	(lon)	-0.0069		-0.0119	-0.0002	+0.0056	+0.0017	+0.0057	+0.0055
	(h)	-0.0082		-0.0117	-0.0287	+0.0781	-0.0139	+0.0054	-0.0182
MLKL	(lat)	-0.0059	+0.0026	-0.0120	-0.0034	-0.0101	+0.0094	+0.0063	+0.0093
	(lon)	+0.0042	+0.0186	-0.0298	-0.0140	+0.0297	+0.0028	-0.0063	-0.0063
	(h)	-0.0303	-0.0225	+0.1156	+0.0583	+0.0160	-0.0232	-0.0223	-0.0496
OUVA	(lat)	-0.0002	+0.0029	+0.0016	+0.0005	-0.0036	+0.0006	-0.0010	
	(lon)	-0.0019	-0.0063	-0.0024	+0.0042	+0.0099	+0.0003	+0.0001	
	(h)	-0.0168	+0.0005	-0.0063	-0.0100	+0.0598	-0.0187	-0.0065	
SNT0	(lat)	-0.0023	-0.0014	-0.0176	-0.0054	-0.0076	+0.0094	+0.0058	+0.0114
	(lon)	+0.0047	+0.0203	-0.0252	-0.0185	+0.0251	+0.0024	-0.0036	-0.0064
	(h)	-0.0164	-0.0225	+0.0847	+0.0633	-0.0003	-0.0089	-0.0453	-0.0306

TANA	(lat)	-0.0090	+0.0024	-0.0027	-0.0005	-0.0033	+0.0044	-0.0021	+0.0096
	(lon)	+0.0047	-0.0088	-0.0193	-0.0073	+0.0115	+0.0041	-0.0004	+0.0080
	(h)	-0.0284	+0.0048	+0.0284	+0.0104	+0.0491	-0.0398	+0.0038	-0.0106

TIND	(lat)	-0.0005	+0.0007	+0.0014	-0.0015				
	(lon)	-0.0021	-0.0011	-0.0043	+0.0104				
	(h)	-0.0037	+0.0227	+0.0093	-0.0374				

Campagne d'octobre 1992

STATION/JOUR		300	301	302
CHAL	(lat)	-0.0017	-0.0002	+0.0085
	(lon)	+0.0014	-0.0102	+0.0037
	(h)	+0.0025	+0.0110	-0.0104
EFAT	(lat)	+0.0030	-0.0009	-0.0041
	(lon)	+0.0138	-0.0091	+0.0010
	(h)	-0.0010	-0.0012	+0.0052

Campagne de janvier 1993

STATION/JOUR		018	019	020	021	022	023	024
DUCO	(lat)	+0.0042	-0.0041	+0.0070	-0.0016	-0.0005	+0.0044	-0.0096
	(lon)	+0.0233	-0.0004	-0.0009	-0.0012	-0.0025	+0.0017	+0.0004
	(h)	-0.0389	+0.0085	-0.0177	+0.0255	+0.0126	-0.0107	-0.0234
EFAT	(lat)	+0.0006	+0.0043	+0.0102	+0.0001	-0.0007	-0.0042	-0.0106
	(lon)	+0.0128	+0.0144	+0.0033	-0.0124	+0.0020	-0.0016	+0.0000
	(h)	-0.0412	-0.0093	-0.0093	-0.0008	+0.0124	-0.0013	+0.0034
MARE	(lat)		+0.0001	+0.0044	-0.0036			
	(lon)		-0.0010	-0.0043	+0.0051			
	(h)		-0.0012	+0.0036	+0.0017			
TANA	(lat)	+0.0018	-0.0032	+0.0158	-0.0054	-0.0009	-0.0006	-0.0057
	(lon)	+0.0125	+0.0079	+0.0029	-0.0047	-0.0034	-0.0048	+0.0030
	(h)	-0.0433	+0.0086	-0.0183	+0.0026	+0.0028	-0.0030	+0.0105

Campagne de juin 1993

STATION/JOUR		178	179	180	181	182	183
DUCO	(lat)	-0.0052	-0.0008	+0.0016	+0.0004	-0.0012	+0.0048
	(lon)	-0.0109	+0.0000	+0.0092	-0.0067	+0.0100	-0.0101
	(h)	+0.0188	-0.0019	-0.0508	-0.0075	+0.0138	+0.0552
EFAT	(lat)	+0.0060		+0.0030	+0.0043	-0.0033	-0.0051
	(lon)	+0.0197		-0.0156	-0.0248	+0.0522	-0.0327
	(h)	-0.0455		-0.0152	-0.0025	+0.0261	+0.0296
M2AR	(lat)	-0.0008	+0.0080	-0.0079	+0.0032	-0.0019	-0.0048
	(lon)	+0.0010	-0.0007	-0.0008	+0.0024	+0.0001	-0.0065
	(h)	-0.0267	+0.0384	-0.0139	-0.0203	+0.0067	+0.0043
MTTW	(lat)			-0.0031	+0.0015		
	(lon)			+0.0091	-0.0032		
	(h)			-0.0232	+0.0142		
OUVA	(lat)	+0.0038		-0.0029	+0.0029	-0.0022	
	(lon)	+0.0034		+0.0028	-0.0010	-0.0024	
	(h)	-0.0195		+0.0249	-0.0419	+0.0314	

TANA	(lat)	+0.0020	-0.0015	+0.0028	+0.0011	-0.0029	-0.0013
	(lon)	+0.0152	-0.0034	+0.0027	-0.0005	+0.0026	-0.0072
	(h)	-0.0282	+0.0036	-0.0122	-0.0061	-0.0065	+0.0430
WALP	(lat)			-0.0055	+0.0024		
	(lon)			+0.0040	-0.0021		
	(h)			-0.0106	+0.0065		

Campagne de décembre 1993

STATION/JOUR		334	335	336	337
DUCO	(lat)	-0.0012	+0.0003	+0.0011	+0.0002
	(lon)	+0.0014	-0.0022	+0.0022	-0.0006
	(h)	+0.0108	-0.0126	+0.0033	-0.0010
MARE	(lat)	-0.0041	+0.0005	+0.0023	+0.0013
	(lon)	+0.0041	+0.0017	-0.0021	-0.0094
	(h)	+0.0164	+0.0042	+0.0010	-0.0409
TANA	(lat)	-0.0012	+0.0026	-0.0025	-0.0002
	(lon)	+0.0003	-0.0001	+0.0008	-0.0017
	(h)	+0.0002	+0.0001	+0.0001	+0.0016

Campagne de mars 1994

STATION/JOUR		080	081	082	083	084
DUCO	(lat)	+0.0012	-0.0015	-0.0030	-0.0003	+0.0111
	(lon)	+0.0046	+0.0030	-0.0051	-0.0061	+0.0028
	(h)	-0.0010	+0.0099	-0.0124	+0.0167	-0.0149
TANA	(lat)	+0.0037	-0.0022	-0.0014	-0.0049	
	(lon)	+0.0007	-0.0010	+0.0010	-0.0121	
	(h)	+0.0027	+0.0027	-0.0072	+0.0093	

Campagne de juillet 1994

STATION/JOUR		185	186	187	188	189	190	191
DUCO	(lat)	-0.0010	+0.0018	-0.0004	+0.0001	+0.0001	-0.0013	+0.0013
	(lon)	+0.0012	+0.0024	+0.0020	+0.0000	-0.0063	-0.0063	-0.0027
	(h)	-0.0062	-0.0183	+0.0132	-0.0054	-0.0158	+0.0248	+0.0153
EFAT	(lat)			-0.0035	+0.0027			
	(lon)			+0.0031	-0.0023			
	(h)			+0.0046	-0.0016			
KOUM	(lat)	-0.0031	+0.0008	+0.0019	+0.0012	-0.0045		
	(lon)	+0.0036	+0.0006	+0.0031	-0.0019	-0.0058		
	(h)	+0.0121	+0.0010	+0.0027	-0.0125	+0.0107		
MARE	(lat)	-0.0010	+0.0005	+0.0022	+0.0006	-0.0016	-0.0016	+0.0005
	(lon)	-0.0003	-0.0023	+0.0016	+0.0022	-0.0013	-0.0038	+0.0027
	(h)	+0.0077	-0.0066	+0.0072	+0.0066	+0.0015	+0.0097	-0.0341
SNTO	(lat)	-0.0041	+0.0019	+0.0004	-0.0005	+0.0018	+0.0019	
	(lon)	+0.0079	+0.0017	-0.0031	+0.0025	-0.0029	-0.0117	
	(h)	+0.0102	+0.0173	-0.0040	-0.0135	+0.0017	-0.0070	
TANA	(lat)		+0.0003	+0.0010	+0.0002	-0.0017		
	(lon)		+0.0014	+0.0044	+0.0028	-0.0076		
	(h)		+0.0074	-0.0148	+0.0043	+0.0048		

Campagne de septembre 1994

STATION/JOUR	264	265
DUCO (lat)	+0.0009	-0.0007
(lon)	-0.0040	+0.0034
(h)	+0.0058	-0.0054
KOUM (lat)	+0.0026	-0.0027
(lon)	+0.0081	-0.0082
(h)	+0.0001	-0.0008

Campagne de novembre 1994

STATION/JOUR	325	326	327	328	329	330
DUCO (lat)	+0.0027	+0.0014	-0.0018	-0.0043	+0.0021	+0.0019
(lon)	-0.0061	+0.0054	+0.0028	+0.0021	-0.0012	-0.0146
(h)	-0.0193	-0.0247	+0.0170	-0.0184	+0.0133	+0.0324
KOUM (lat)	+0.0007	-0.0007	-0.0013	+0.0013		
(lon)	+0.0098	-0.0006	-0.0045	-0.0045		
(h)	-0.0051	+0.0106	+0.0034	-0.0086		
SNTO (lat)	+0.0058	+0.0119	-0.0094	+0.0022	+0.0038	
(lon)	+0.0029	+0.0179	+0.0042	-0.0033	-0.0100	
(h)	-0.0323	+0.0269	+0.0229	-0.0134	+0.0124	
SURP (lat)		-0.0016	-0.0032	+0.0021	+0.0010	+0.0049
(lon)		+0.0000	-0.0006	-0.0002	+0.0084	-0.0106
(h)		+0.0135	-0.0035	-0.0243	+0.0120	+0.0340

Campagne de novembre décembre 1994

STATION/JOUR	332	333	334	335	336	338
DUCO (lat)	+0.0011	-0.0027	-0.0005	+0.0063	-0.0019	+0.0005
(lon)	-0.0266	-0.0040	+0.0060	+0.0219	-0.0048	-0.0048
(h)	+0.0017	+0.0152	+0.0002	+0.0241	-0.0173	-0.0010
EFAT (lat)	-0.0043	-0.0071	+0.0004	+0.0117	-0.0004	
(lon)	-0.0102	-0.0289	+0.0040	+0.0190	-0.0024	
(h)	+0.0283	+0.0079	+0.0067	-0.0492	+0.0021	
MARE (lat)	-0.0044	-0.0043	+0.0000	+0.0073	+0.0022	-0.0012
(lon)	-0.0241	+0.0004	+0.0114	+0.0109	-0.0071	-0.0073
(h)	+0.0280	+0.0174	-0.0132	-0.0113	-0.0138	+0.0089

Campagne de décembre 1994

STATION/JOUR	339	340	341	342	343
DUCO (lat)	-0.0020	-0.0026	+0.0013	+0.0019	+0.0060
(lon)	+0.0063	+0.0000	-0.0029	-0.0022	-0.0056
(h)	+0.0011	+0.0085	-0.0012	-0.0118	+0.0076
MARE (lat)	-0.0012	-0.0031	+0.0001	+0.0034	+0.0054
(lon)	+0.0041	+0.0003	-0.0007	-0.0027	-0.0012
(h)	-0.0039	-0.0003	+0.0166	-0.0146	+0.0013
MTTW (lat)		-0.0011	+0.0016		
(lon)		+0.0070	-0.0061		
(h)		+0.0005	+0.0019		

TANA	(lat)	-0.0046	-0.0012	-0.0005	+0.0032
	(lon)	-0.0032	-0.0012	+0.0215	-0.0165
	(h)	+0.0440	-0.0234	-0.0258	-0.0036
WALP	(lat)	-0.0101	-0.0016	+0.0072	
	(lon)	+0.0086	+0.0006	-0.0052	
	(h)	-0.0335	-0.0031	+0.0232	

Campagne de mai 1995

STATION/JOUR		132	133	134	135	136	137	138	139
DUCO	(lat)	+0.0022	-0.0006	-0.0007	-0.0014	-0.0026	+0.0006	+0.0006	+0.0021
	(lon)	-0.0053	-0.0038	-0.0003	-0.0056	+0.0031	+0.0011	+0.0022	+0.0043
	(h)	-0.0176	+0.0055	+0.0082	+0.0219	-0.0103	-0.0010	+0.0131	-0.0210
EFAT	(lat)	+0.0045	-0.0025	-0.0025	-0.0029	+0.0023	+0.0035	-0.0031	+0.0063
	(lon)	-0.0033	-0.0011	+0.0062	+0.0017	+0.0035	+0.0025	-0.0057	-0.0060
	(h)	+0.0006	-0.0007	+0.0029	+0.0254	-0.0305	+0.0108	+0.0042	-0.0153
KOUM	(lat)	+0.0024	+0.0017	-0.0061	-0.0019	+0.0014	+0.0025		
	(lon)	-0.0058	-0.0027	-0.0003	+0.0039	+0.0004	+0.0000		
	(h)	-0.0065	+0.0023	-0.0117	+0.0242	-0.0098	-0.0160		
MARE	(lat)	+0.0014	+0.0030	-0.0021	-0.0008	-0.0025	+0.0012	-0.0019	+0.0021
	(lon)	+0.0032	-0.0048	+0.0001	-0.0008	-0.0006	-0.0026	+0.0023	+0.0039
	(h)	-0.0485	-0.0007	-0.0043	+0.0389	+0.0180	-0.0009	-0.0041	-0.0168
OUVA	(lat)	+0.0029	+0.0014	-0.0005	-0.0020	-0.0010		+0.0007	
	(lon)	-0.0021	-0.0028	+0.0018	+0.0008	+0.0018		-0.0006	
	(h)	-0.0325	-0.0066	+0.0083	+0.0046	-0.0046		+0.0254	
SNTO	(lat)	+0.0117	+0.0036	-0.0027	-0.0069				
	(lon)	-0.0019	-0.0055	+0.0055	+0.0020				
	(h)	-0.0150	-0.0155	-0.0031	+0.0251				
TANA	(lat)	+0.0003	-0.0027	-0.0036	-0.0057	+0.0017	+0.0040	+0.0021	+0.0052
	(lon)	-0.0073	-0.0010	+0.0026	+0.0015	+0.0019	+0.0021	-0.0020	-0.0014
	(h)	+0.0234	-0.0113	-0.0010	+0.0165	-0.0155	-0.0052	+0.0040	-0.0107

Campagne de juin 1995

STATION/JOUR		178	179
DUCO	(lat)	-0.0010	+0.0012
	(lon)	+0.0002	-0.0002
	(h)	+0.0012	-0.0014
KOUM	(lat)	-0.0022	+0.0025
	(lon)	+0.0025	-0.0030
	(h)	+0.0021	-0.0030
MTTW	(lat)	-0.0010	+0.0014
	(lon)	+0.0005	-0.0006
	(h)	+0.0020	-0.0032
WALP	(lat)	-0.0016	+0.0019
	(lon)	-0.0012	+0.0013
	(h)	-0.0001	+0.0001

Campagne de novembre 1995

STATION/JOUR		306	307	308	309	310	311
DUCO	(lat)	+0.0010	-0.0048	+0.0093	+0.0015	-0.0004	-0.0033
	(lon)	-0.0008	+0.0012	+0.0041	+0.0033	-0.0043	-0.0016
	(h)	-0.0165	+0.0027	+0.0361	-0.0317	+0.0104	+0.0033
EFAT	(lat)	+0.0054	-0.0042	+0.0058	+0.0041	-0.0014	-0.0071
	(lon)	-0.0250	-0.0064	+0.0105	-0.0015	-0.0063	+0.0088
	(h)	+0.0211	+0.0176	+0.0272	-0.0550	+0.0088	-0.0085
KOUM	(lat)	+0.0004	-0.0014	+0.0080	-0.0014	+0.0001	-0.0038
	(lon)	+0.0009	-0.0044	-0.0053	-0.0023	+0.0087	+0.0000
	(h)	-0.0198	-0.0147	+0.0179	+0.0008	-0.0020	+0.0250
MARE	(lat)	+0.0004	-0.0003	+0.0052	-0.0018	+0.0007	-0.0032
	(lon)	+0.0008	-0.0011	+0.0003	+0.0037	-0.0012	-0.0016
	(h)	-0.0089	+0.0174	-0.0048	+0.0022	+0.0040	-0.0131
MLKL	(lat)	+0.0036	-0.0057	+0.0069	-0.0003	-0.0032	
	(lon)	-0.0069	-0.0077	+0.0143	-0.0022	-0.0076	
	(h)	-0.0358	+0.0311	+0.0092	-0.0442	+0.0256	
SNT0	(lat)		-0.0083	+0.0123	+0.0072	+0.0040	-0.0070
	(lon)		-0.0055	+0.0073	-0.0070	+0.0150	+0.0010
	(h)		+0.0423	+0.0017	-0.0491	+0.0141	-0.0112
TANA	(lat)	+0.0045	-0.0040	+0.0061	+0.0032	+0.0002	-0.0071
	(lon)	+0.0077	-0.0005	-0.0064	+0.0082	-0.0066	-0.0026
	(h)	-0.0122	+0.0083	+0.0118	-0.0088	+0.0022	-0.0021

4.4.2 - géométrie planimétrique de la répétabilité

Campagne d'août 1990

Site	a (m)	b (m)	angle (deg.)	h (m)
TIND	0.0361	0.0293	95	0.1130
MARE	0.0140	0.0064	175	0.0745
EFAT	0.0884	0.0124	7	0.0510
TANA	0.0788	0.0166	6	0.0763

Campagne d'août 1992

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
EFAT	0.0149	0.0116	36	0.1060
KOUM	0.0062	0.0032	7	0.0453
MARE	0.0131	0.0075	102	0.1210
MLKL	0.0252	0.0167	2	0.1420
OUVA	0.0103	0.0041	65	0.0925
SNT0	0.0221	0.0160	12	0.1030
TANA	0.0138	0.0113	22	0.0905
TIND	0.0105	0.0081	159	0.0749

Campagne d'octobre 1992

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0065	0.0062	59	0.0176
EFAT	0.0108	0.0038	24	0.0081

Campagne de janvier 1993

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0096	0.0065	56	0.0543
EFAT	0.0083	0.0070	21	0.0265
MARE	0.0048	0.0034	37	0.0111
TANA	0.0090	0.0061	117	0.0310

Campagne de juin 1993

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0141	0.0117	18	0.0895
EFAT	0.0309	0.0104	144	0.0673
M2AR	0.0070	0.0062	88	0.0797
MTTW	0.0105	0.0059	158	0.0803
OUVA	0.0141	0.0081	79	0.1150
TANA	0.0078	0.0060	40	0.0503
WALP	0.0068	0.0009	145	0.0399

Campagne de décembre 1993

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0047	0.0098	52	0.0322
MARE	0.0080	0.0014	62	0.0641
TANA	0.0020	0.0011	118	0.0026

Campagne de mars 1994

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0061	0.0040	43	0.0291
TANA	0.0033	0.0021	89	0.0148

Campagne de juillet 1994

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0064	0.0049	33	0.0415
EFAT	0.0052	0.0027	61	0.0108
KOUM	0.0049	0.0032	68	0.0305
MARE	0.0043	0.0034	73	0.0425
SNT0	0.0050	0.0028	11	0.0291
TANA	0.0064	0.0034	20	0.0280

Campagne de septembre 1994

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0059	0.0020	149	0.0173
KOUM	0.0097	0.0032	177	0.0159

Campagne de novembre 1994

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0084	0.0064	33	0.0594
KOUM	0.0071	0.0033	2	0.0194
SNTO	0.0104	0.0032	95	0.0490
SURP	0.0065	0.0061	175	0.0580

Campagne de novembre décembre 1994

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0093	0.0047	145	0.0437
EFAT	0.0169	0.0108	171	0.0518
MARE	0.0128	0.0080	148	0.0438

Campagne de décembre 1994

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0050	0.0039	53	0.0195
MARE	0.0051	0.0030	61	0.0365
MTTW	0.0089	0.0012	166	0.0063
TANA	0.0191	0.0116	26	0.0836
WALP	0.0107	0.0019	137	0.0774

Campagne de mai 1995

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0060	0.0050	42	0.0422
EFAT	0.0062	0.0044	49	0.0410
KOUM	0.0065	0.0030	72	0.0593
MARE	0.0079	0.0063	64	0.0758
OUVA	0.0053	0.0029	68	0.0592
SNTO	0.0093	0.0043	97	0.0488
TANA	0.0060	0.0044	105	0.0359

Campagne de juin 1995

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0020	0.0000	67	0.0036
KOUM	0.0040	0.0029	83	0.0113
MTTW	0.0025	0.0002	76	0.0099
WALP	0.0022	0.0011	140	0.0050

Campagne de novembre 1995

Site	a (m)	b (m)	angle (deg)	h (m)
DUCO	0.0079	0.0053	41	0.0645
EFAT	0.0131	0.0086	13	0.0860
KOUM	0.0067	0.0055	35	0.0565
MARE	0.0041	0.0030	72	0.0379
MLKL	0.0108	0.0096	43	0.0903
SNTO	0.0126	0.0076	66	0.0786
TANA	0.0076	0.0055	30	0.0234

5 - Compensations

5.1 - Traitements par campagne

Une première série de compensations a été faite campagne par campagne de façon à vérifier la qualité de chaque série de résultats. Un seul site a été fixé dans chaque traitement de façon à minimiser les contraintes.

Dans ces compensations, après avoir retiré les valeurs aberrantes, les écart-types ont été définis de façon à obtenir de bons résultats statistiques par campagne.

A chaque fois, chaque écart-type de la mission issu du logiciel de Berne a été multiplié par un coefficient représentant la qualité des mesures.

campagne	degré de liberté	coefficient	estimateur de variance
08/90	63	15	1.35
08/92	132	30	1.24
10/92	12	10	0.68
01/93	60	12	1.04
06/93	72	27	0.80
11/93	15	10	1.12
12/93	33	10	0.95
03/94	21	10	0.66
07/94	81	10	1.08
09/94	9	20	1.13
11/94	48	10	1.23
11/94	48	15	1.11
12/94	42	14	0.97
05/95	159	10	1.10
06/95	12	10	0.62
11/95	99	15	1.27

5.2 - Compensation globale

L'ensemble de ces observations a ensuite été compensé en fixant le point de Lifou (coordonnées ITRF 93 époque 93.0, en contraignant les sites de la plaque australienne à une seule position (TIND, CHAL, DUCO, KOUM, SURP, MARE, OUVA, WALP) et en différenciant les autres sites par mission (MTTW, SNT0, MLKL, EFAT, TANA).

La compensation générale donne les résultats suivants :

degré de liberté : 1071
 estimateur de variance : 2.21

5.2.1 - ellipses de confiance calculées (probabilité de 95%)

Sites de la ride de Nouvelle Calédonie

Site	1/2 axes (m)	Az du 1/2 grand axe	hauteur
CHAL	0.005 0.004	24	0.027
DUCO	0.002 0.001	45	0.009
TIND	0.005 0.005	143	0.031
KOUM	0.002 0.002	101	0.012
SURP	0.005 0.005	82	0.027

Sites de la ride de Loyauté

Site	1/2 axes (m)	Az du 1/2 grand axe	hauteur
MARE	0.002 0.002	101	0.011
M2AR	0.007 0.006	2	0.021
OUVA	0.003 0.003	98	0.021
WALP	0.004 0.003	109	0.021

Sites de l'arc des Nouvelles Hébrides

Site : EFAT

campagne	1/2 axes (m)	Az du 1/2 grand axe	hauteur
08/90	0.049 0.016	86	0.071
08/92	0.008 0.007	21	0.048
10/92	0.016 0.011	71	0.052
01/93	0.008 0.006	37	0.035
06/93	0.020 0.020	93	0.109
11/93	0.008 0.006	87	0.036
07/94	0.006 0.005	176	0.033
11/94	0.008 0.008	172	0.043
05/95	0.004 0.003	102	0.021
11/95	0.006 0.006	152	0.035

Site : MLKL

campagne	1/2 axes (m)	Az du 1/2 grand axe	hauteur
08/92	0.008 0.008	93	0.050
11/95	0.009 0.007	91	0.044

Site : MTTW

campagne	1/2 axes (m)	Az du 1/2 grand axe	hauteur
06/92	0.073 0.036	92	0.261
12/92	0.020 0.016	83	0.097
06/93	0.033 0.024	98	0.160
12/93	0.009 0.008	74	0.048
12/94	0.010 0.009	110	0.055
06/95	0.007 0.004	103	0.028
11/95	0.014 0.010	88	0.065

Site : SNT0

campagne	1/2 axes (m)	Az du 1/2 grand axe	hauteur
08/92	0.008 0.007	9	0.045
11/93	0.012 0.011	150	0.066
07/94	0.005 0.004	145	0.024
11/94	0.009 0.006	93	0.033
05/95	0.006 0.005	0	0.032
11/95	0.008 0.008	112	0.041

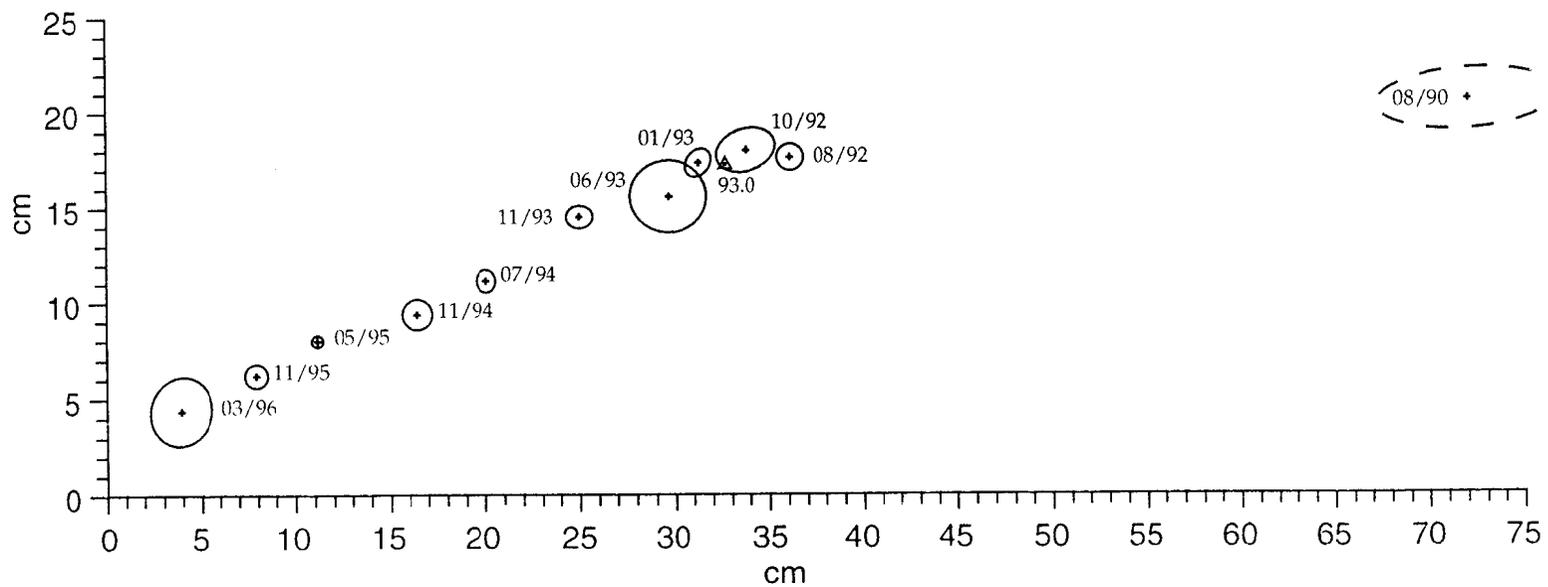
Site : TANA

campagne	1/2 axes (m)	Az du 1/2 grand axe	hauteur
08/90	0.045 0.015	87	0.071
08/92	0.007 0.007	51	0.045
01/93	0.007 0.005	54	0.031
06/93	0.014 0.013	64	0.076
12/93	0.006 0.004	55	0.028
03/94	0.009 0.006	63	0.039
07/94	0.004 0.004	38	0.023
12/94	0.011 0.008	69	0.054
05/95	0.004 0.003	82	0.020
11/95	0.009 0.008	91	0.051

5.2.2 - résultats graphiques

Efate - Eton (EFAT)

- + MM/AA Solution par campagne
- △ Position à l'époque 93.0
- 1 cm □ () Ellipse de confiance à 95%

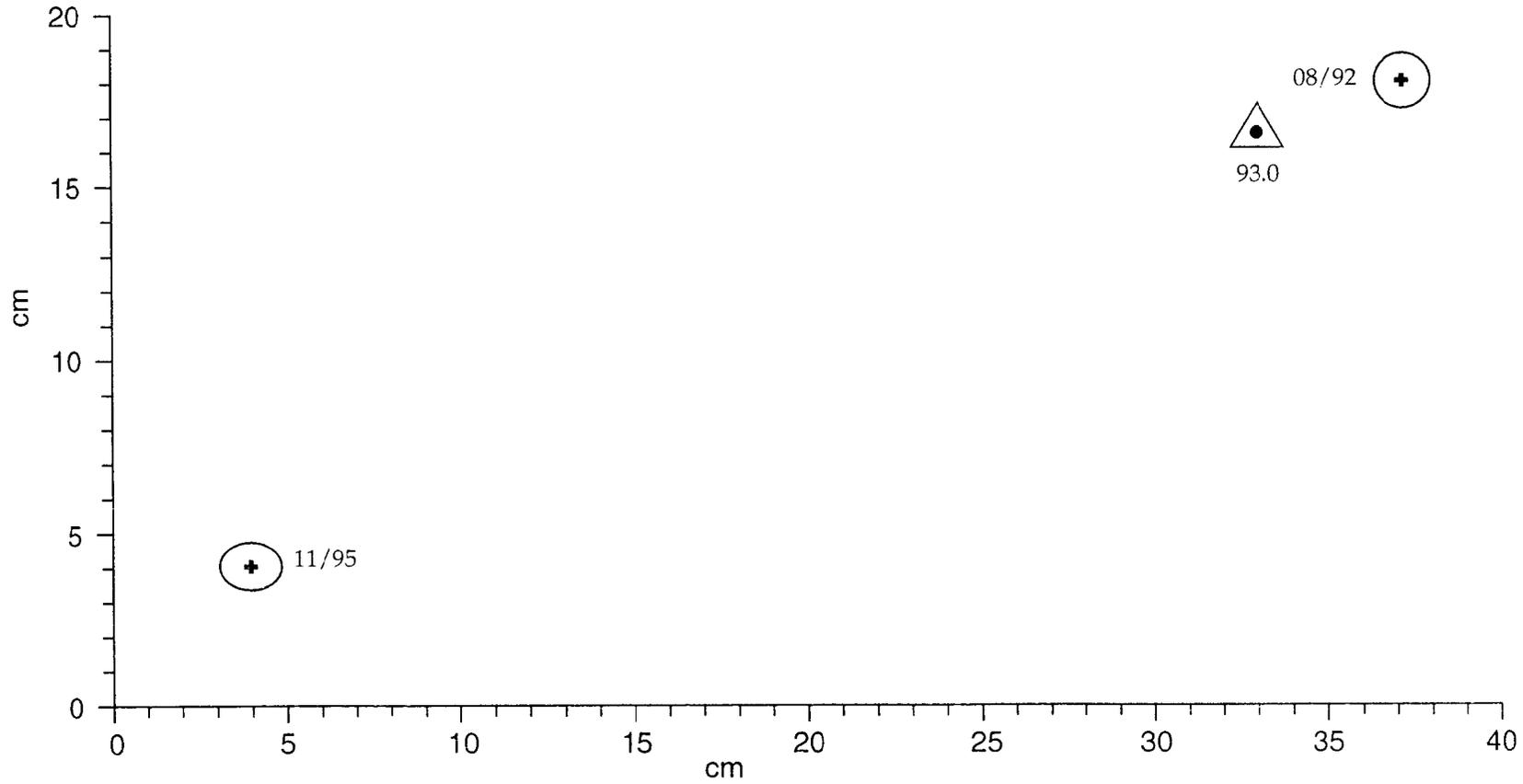


Mallicolo - Sud (MLKL)

+ MM/AA Solution par campagne

△ Position à l'époque 93.0

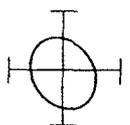
1 cm] ○ Ellipse de confiance à 95%

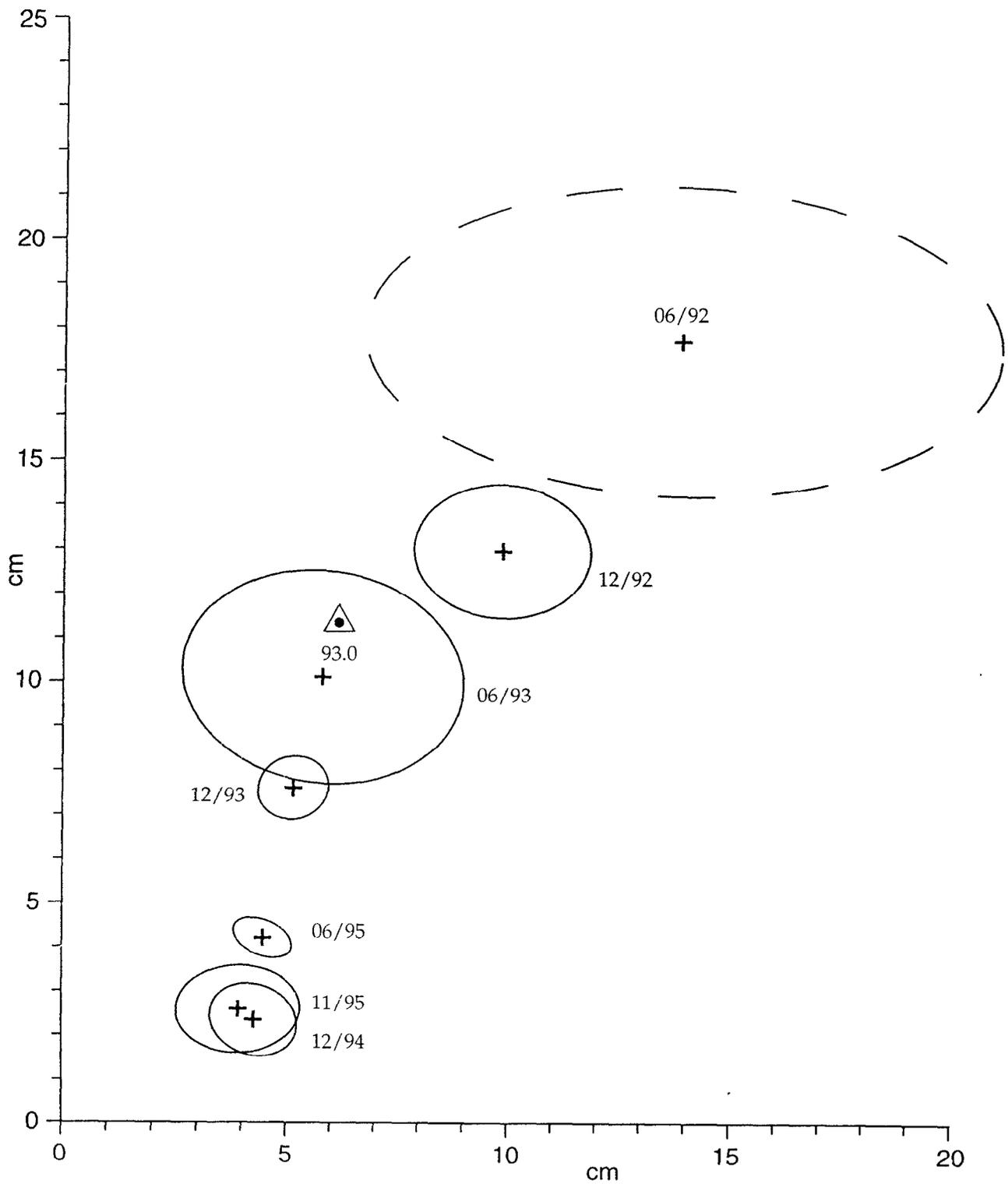


Matthew (MTTW)

+ MM/AA Solution par campagne

△ Position à l'époque 93.0

1 cm]  Ellipse de confiance à 95%

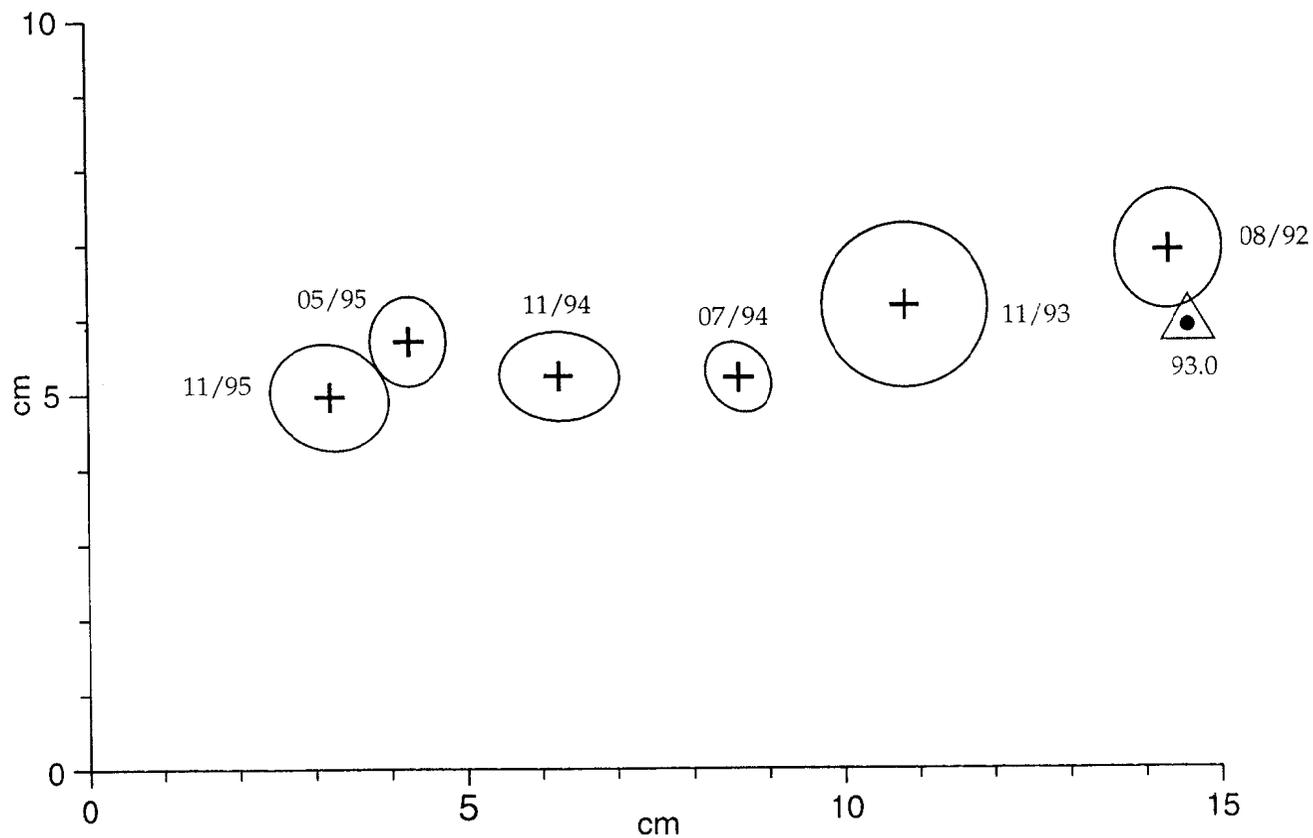


Santo - IRHO (SNT0)

+ MM/AA Solution par campagne

△ Position à l'époque 93.0

1 cm } Ellipse de confiance à 95%

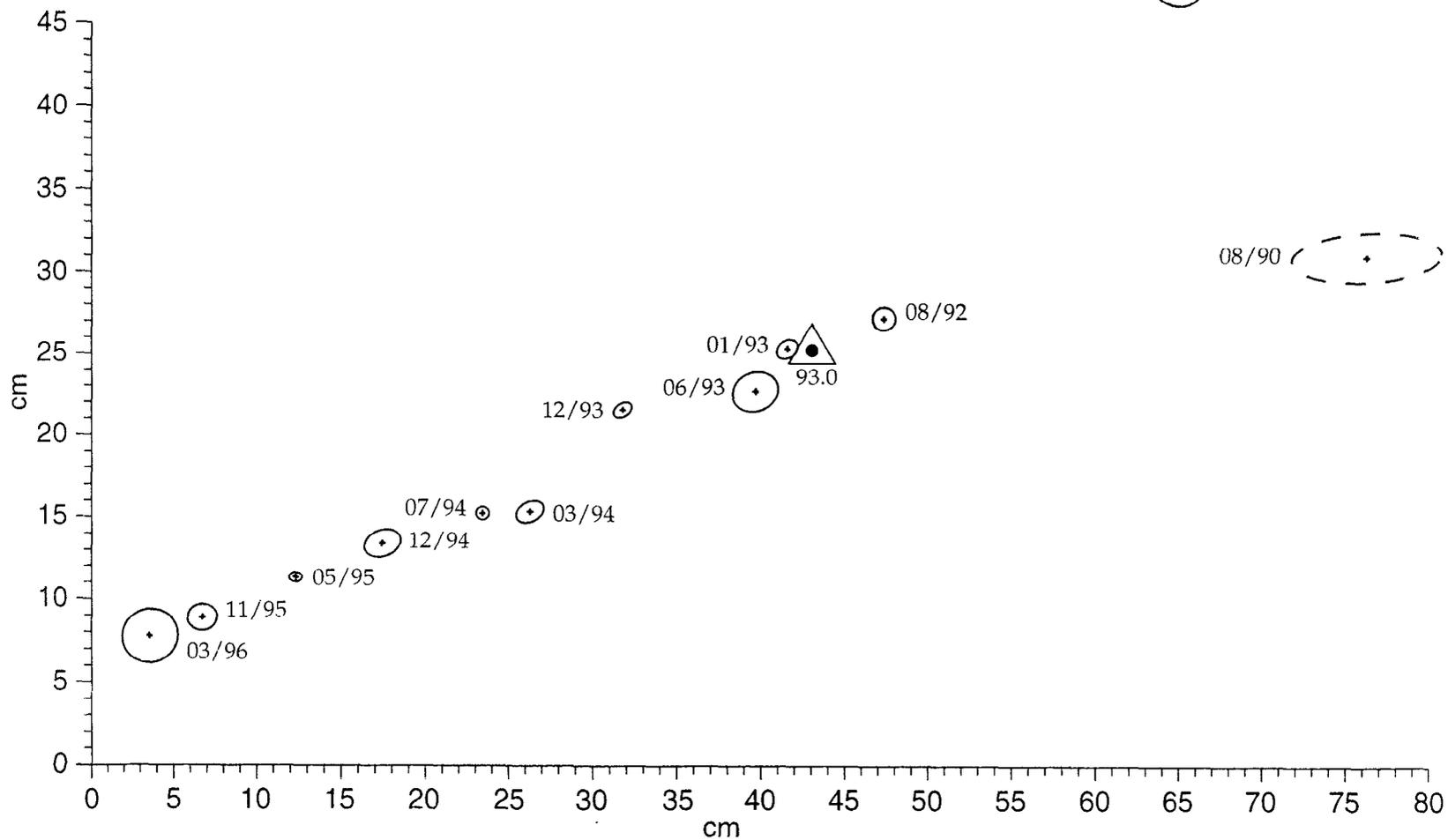


Tanna - Lenakel (TANA)

⊕ MM/AA Solution par campagne

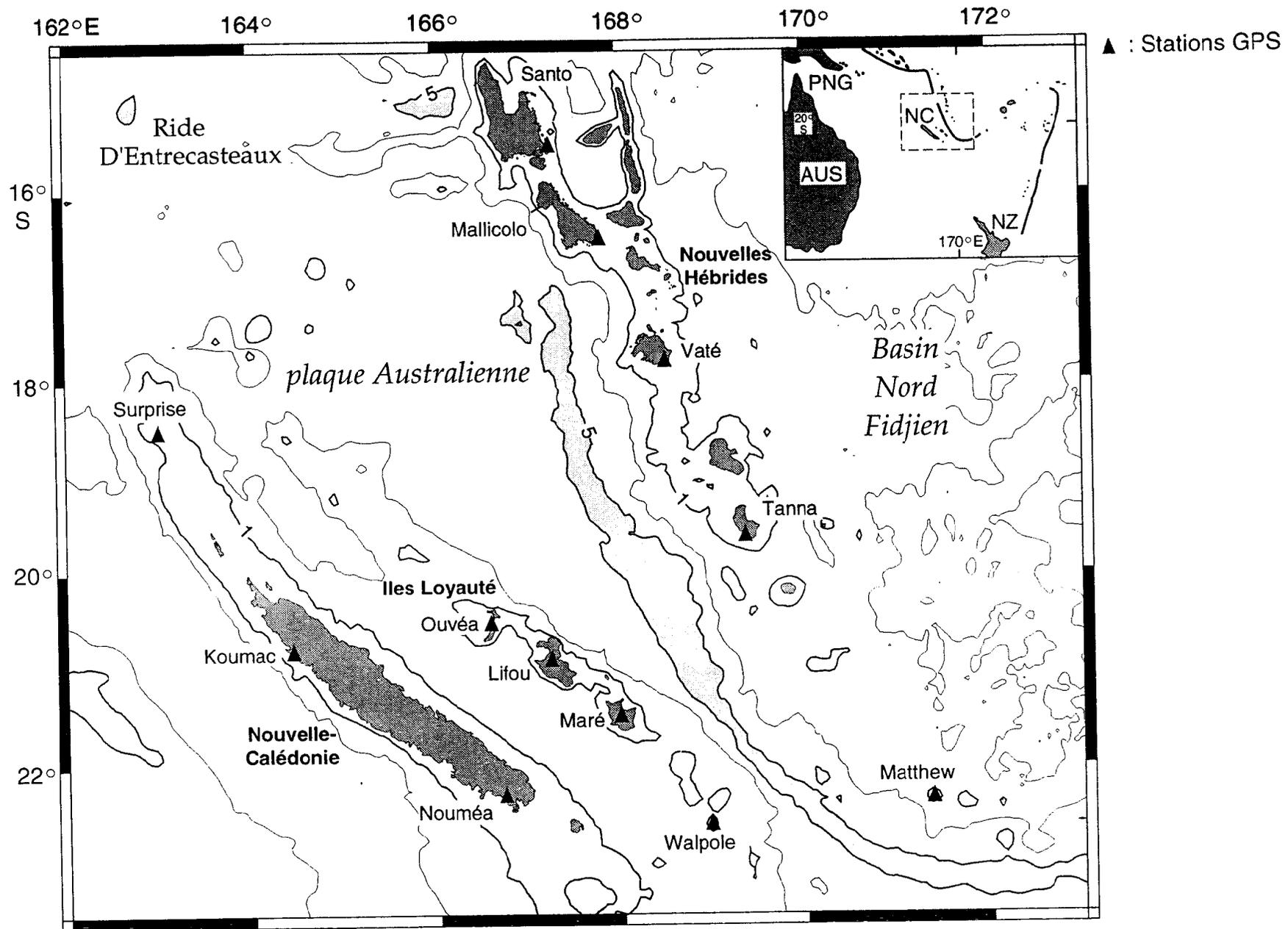
△ Position à l'époque 93.0

⊖ 1 cm ⊕ Ellipse de confiance à 95%



6 - Références

- J.RECY et al. (1993). Programme National de Télédétection Spatiale 1993.
Suivi des déplacements et déformations d'une lithosphère océanique en contexte
de subduction et corrélation avec la sismicité. UR1F / ORSTOM
- C.BOUCHER, Z.ALTAMIMI, L.DUHEIM (1994), Results and Analysis of the ITRF93.
IERS Technical Note 18. Observatoire de Paris.
- Z.ALTAMIMI (1995), Notions fondamentales en géodésie
Système de référence terrestres : réalisations.
Support de Cours, LAREG - ENSG
- S.BOTTON (1995), Notions fondamentales en géodésie
Le système GPS.
Support de Cours, LAREG - ENSG
- C.BOUCHER, S.BOTTON, L.DUHEIM, (1996), Le réseau de Référence Français.
Publication du LAREG MM/10
- H.DUQUENNE, (1995) Traitement des observations de géodésie sur satellites.
Publication du LAREG SC/4
- P.WILLIS (1992), Introduction à la géodésie spatiale.
Cours et Conférence - LAREG - CC/G 23
- S.CALMANT et al, (1995) Geodetic measurements of convergence across the
New Hebrides subduction zone.
Geophysical Research Letters.



Localisation des stations du réseau GSLNH

Annexe 1

Croquis des sites

Cette annexe contient les fiches signalétiques des sites GPS du réseau GSLNH

Les fiches de plusieurs sites proviennent du réseau géodésique de Nouvelle Calédonie et ont été réalisées par la DITTT (Direction des Infrastructures de la Topographie et des Transports Territoriaux.)

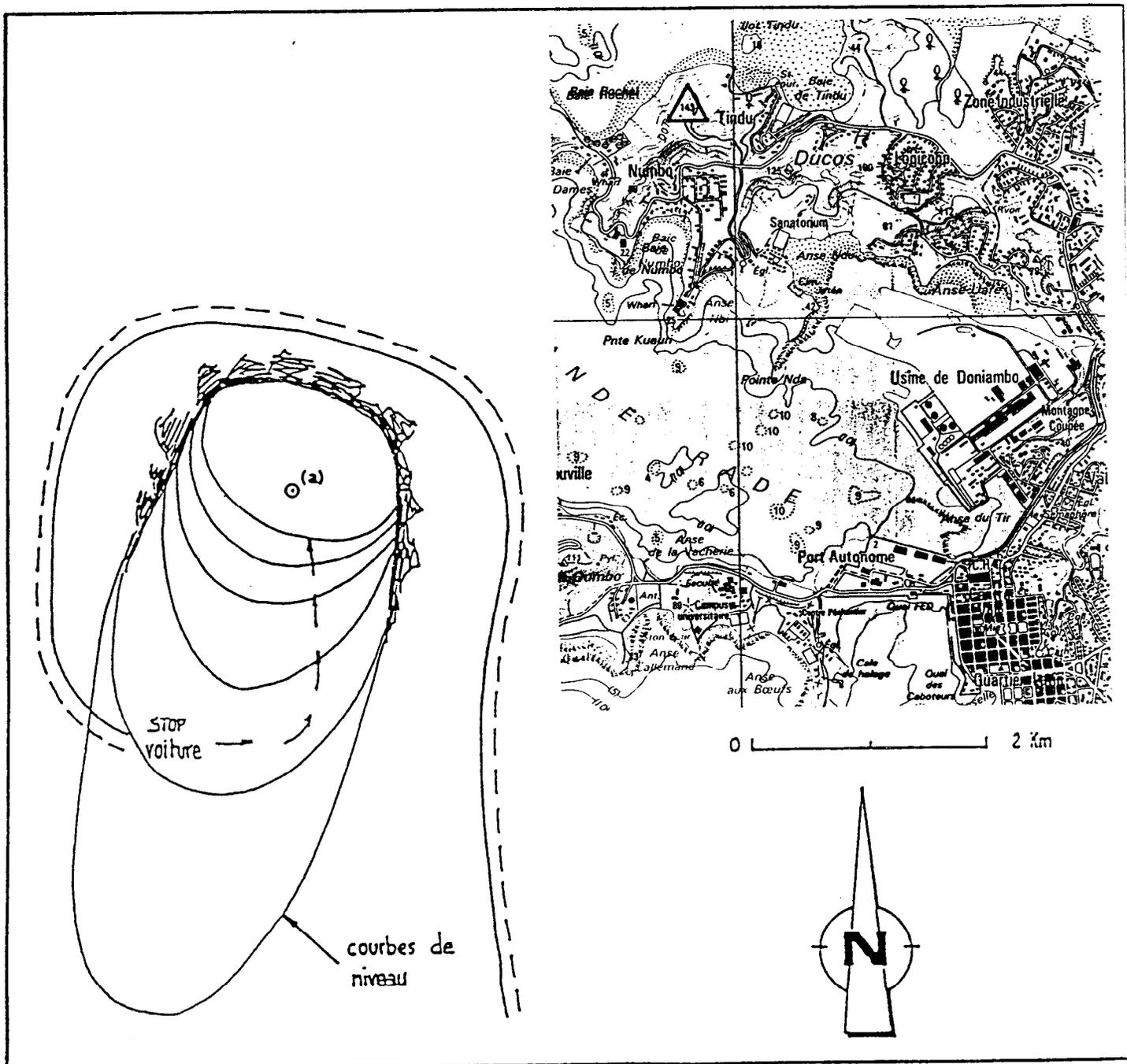
33 - 22 - NOUMEA Tindu

9881801

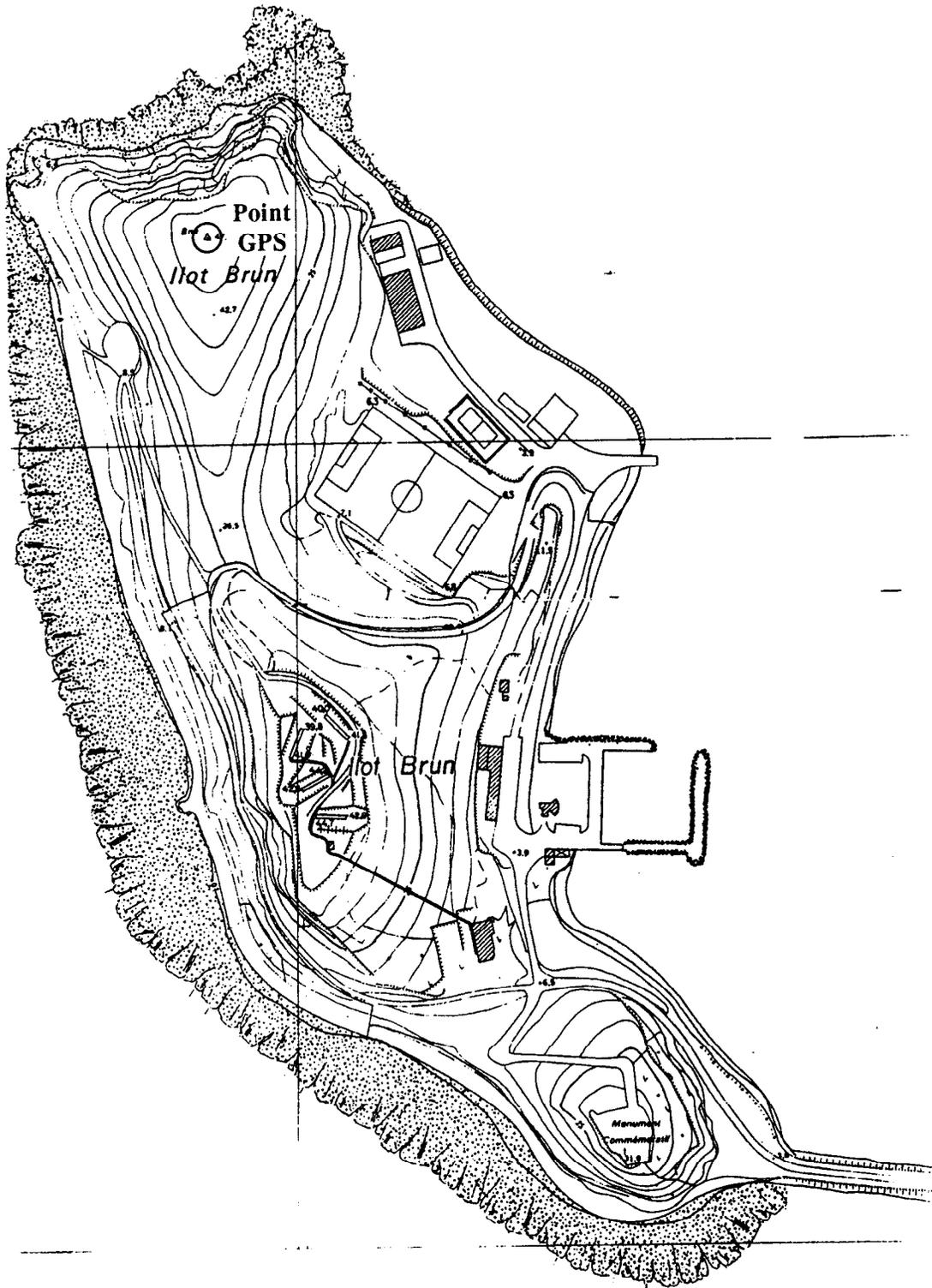
Orientement au sol à partir de la borne:

Situation topo: 5 kms au Nord Nord Ouest de la mairie de NOUMEA.

Accès: Véhicules tout-terrain.



NOUMEA : CHALEIX



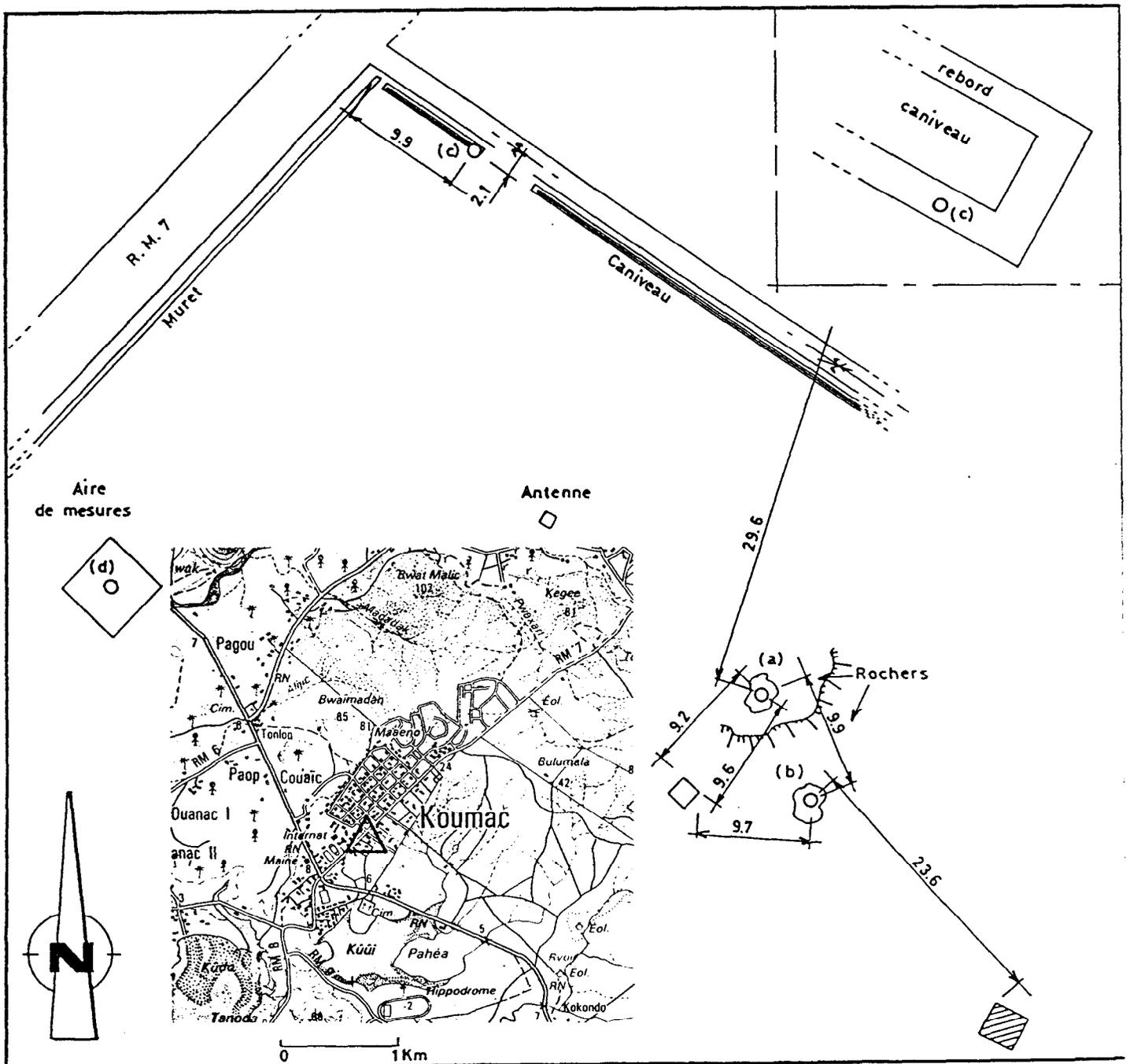
06 - 09 - KOUMAC Station météo

9881201

Orientement au sol à partir de la borne: Repère (b).

Situation topo: Au centre du village, près de la station météo

Accès: A tous véhicules.



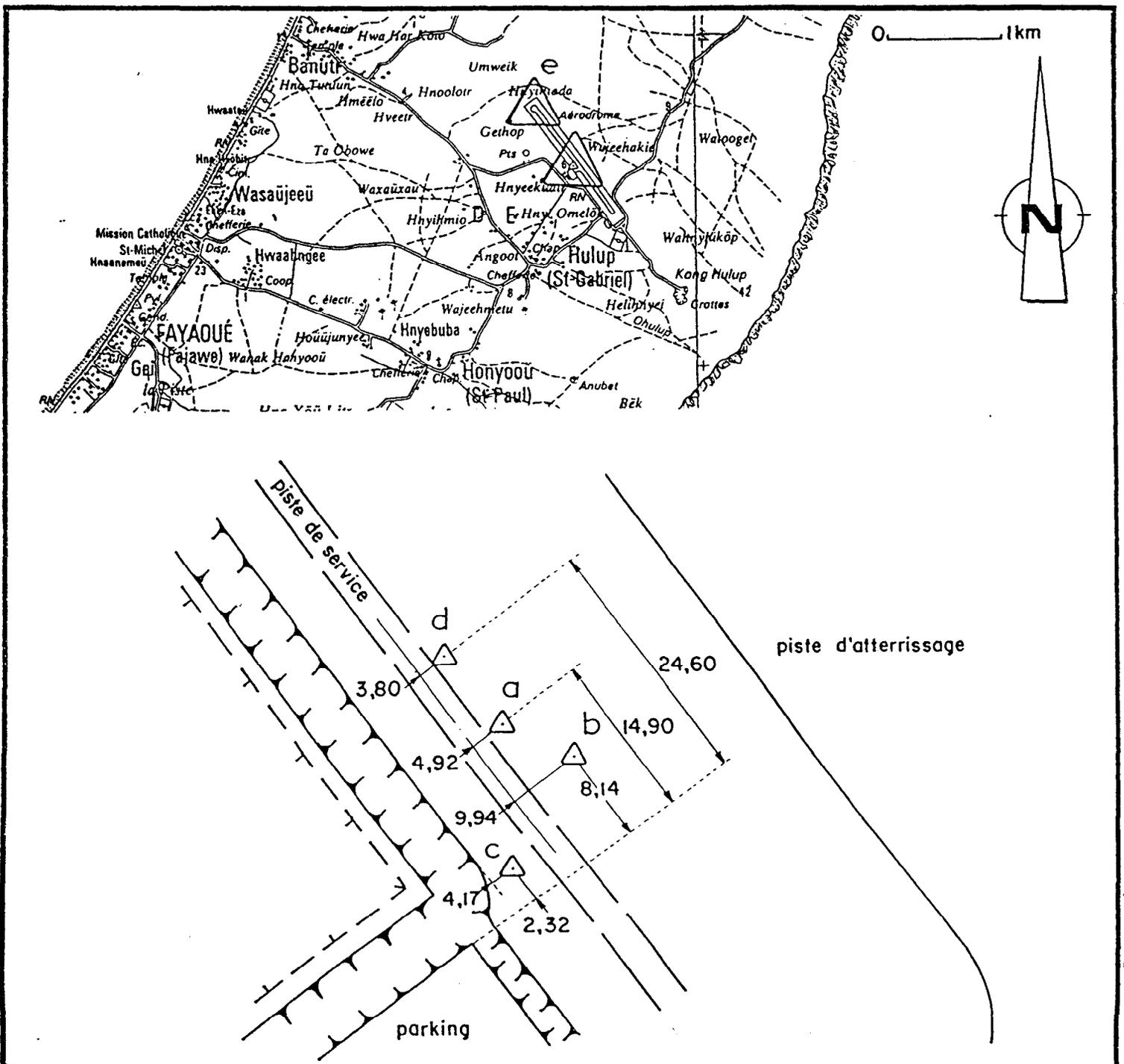
39-46 OULOUP

98820

Orientement au sol à partir de la borne : 39-46 Ouloup : Spit scellé en bout de piste

Situation topo : 0.9 km Nord-nord est de la chapelle d'Ouloup

Accès : Tout véhicule

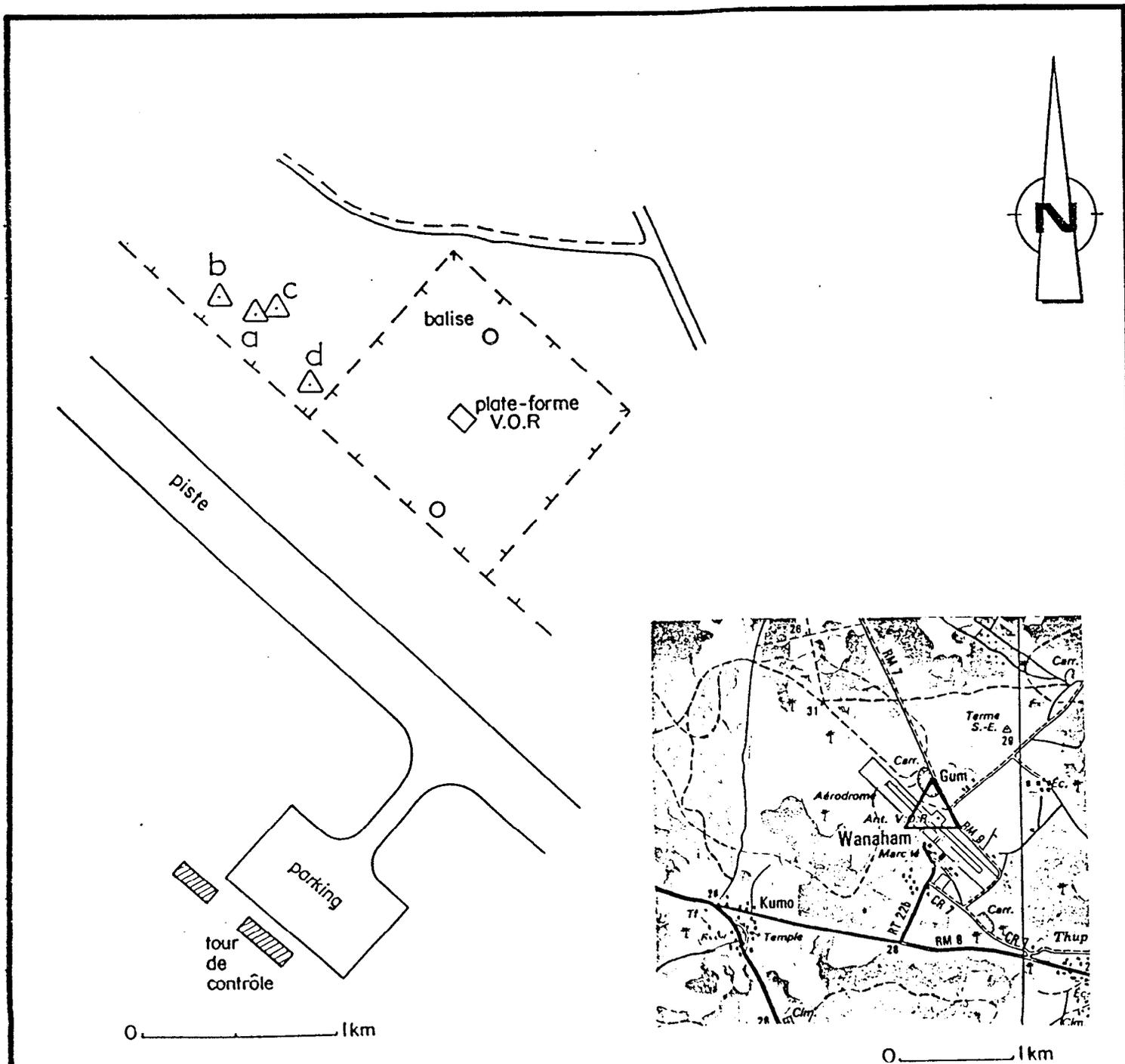


40-19 WANAHAM

Orientement à partir du Spit sur tour de contrôle : 40-206 Nathalo , clocher

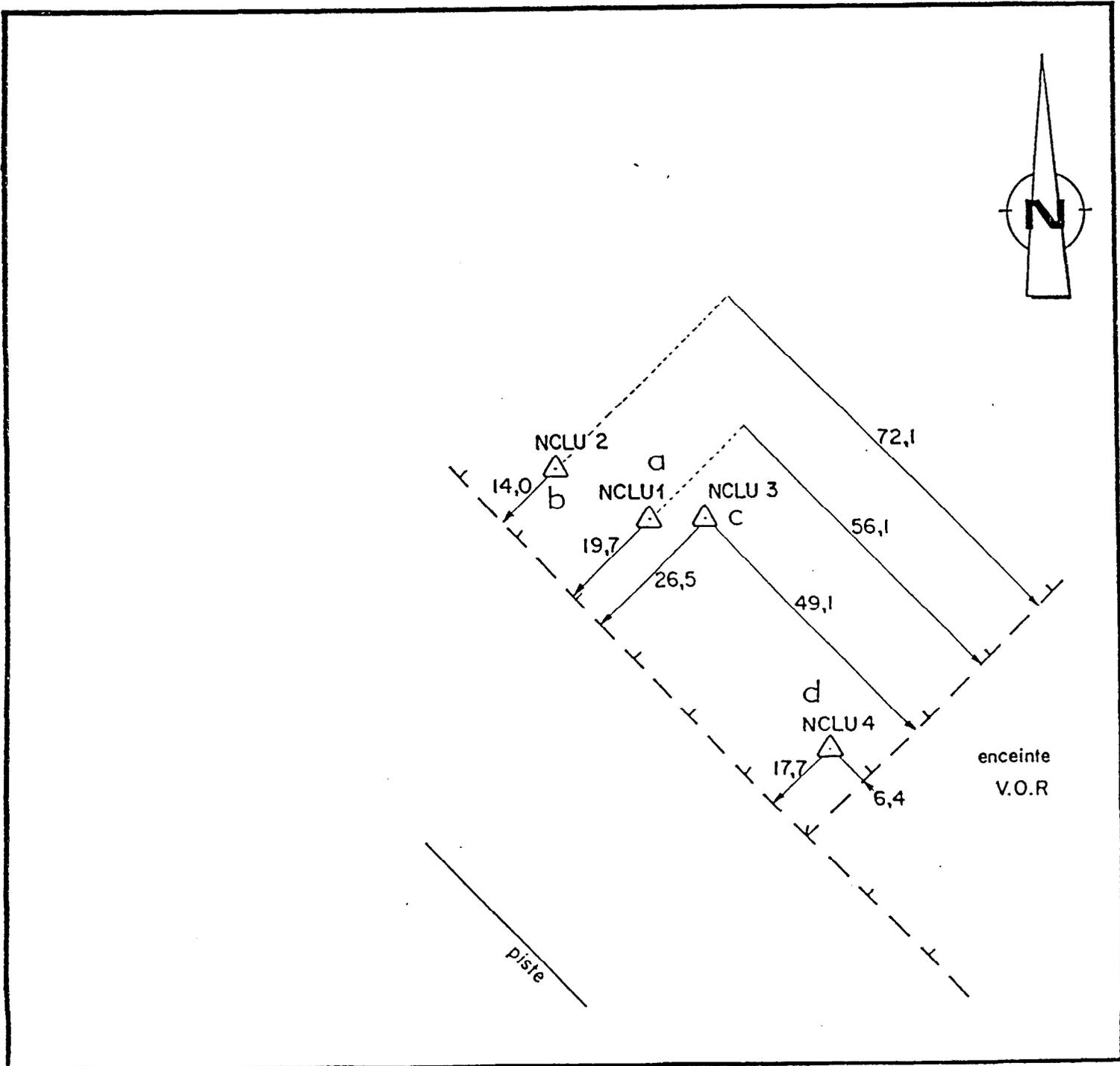
Situation topo : 2,3 km Nord-Ouest de l'église de Hnathalo

Accès : Autorisation à demander à l'aviation civile pour la tour de contrôle.
Pour points UNAVCO contourner l'aérodrome par le sud-ouest.
Accès tout véhicule.



40-19 WANAHAM

2/2
9881401



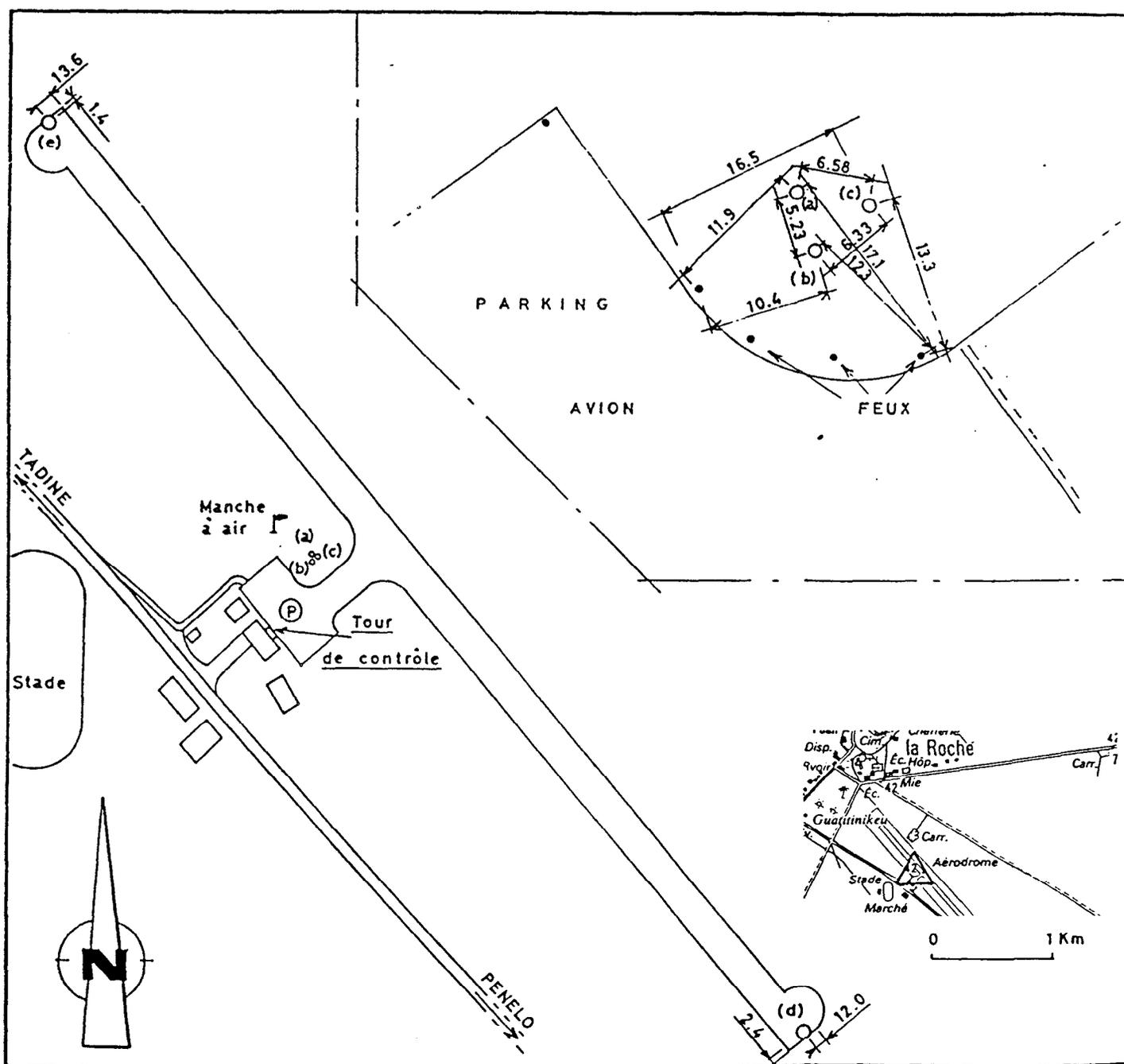
45-22 Aéroport de MARE

9881501

Orientement au sol à partir de la borne: Repères (d) et (e).

Situation topo: Site de l'aéroport de MARE.

Accès: Demander l'autorisation d'accès au Commandant de l'aéroport.



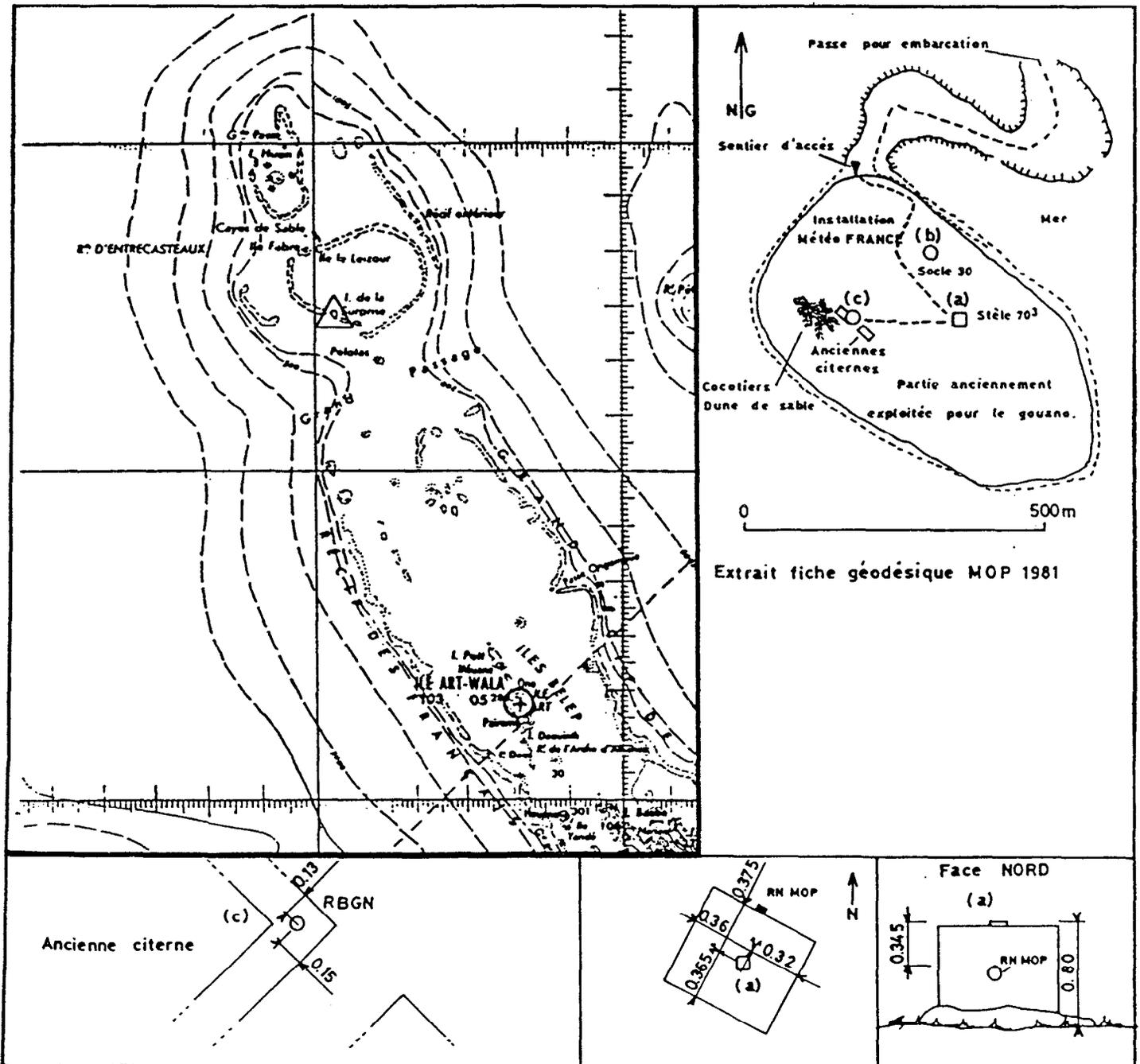
Ile de la SURPRISE

9880003

Orientement au sol : uniquement à partir des points auxiliaires.

Situation topo : 150 km au nord-nord-ouest des îles Bélep

Accès : A partir du point de débarquement, au nord de l'île, longer la plage sur 100 m en direction du Sud-Est, puis prendre à droite, traverser les installations de Météo France 1993, et poursuivre environ 200 m à travers une clairière, stèle MOP très apparente (0.70 m)³. Prendre un trépied de 2.50m pour stationner.



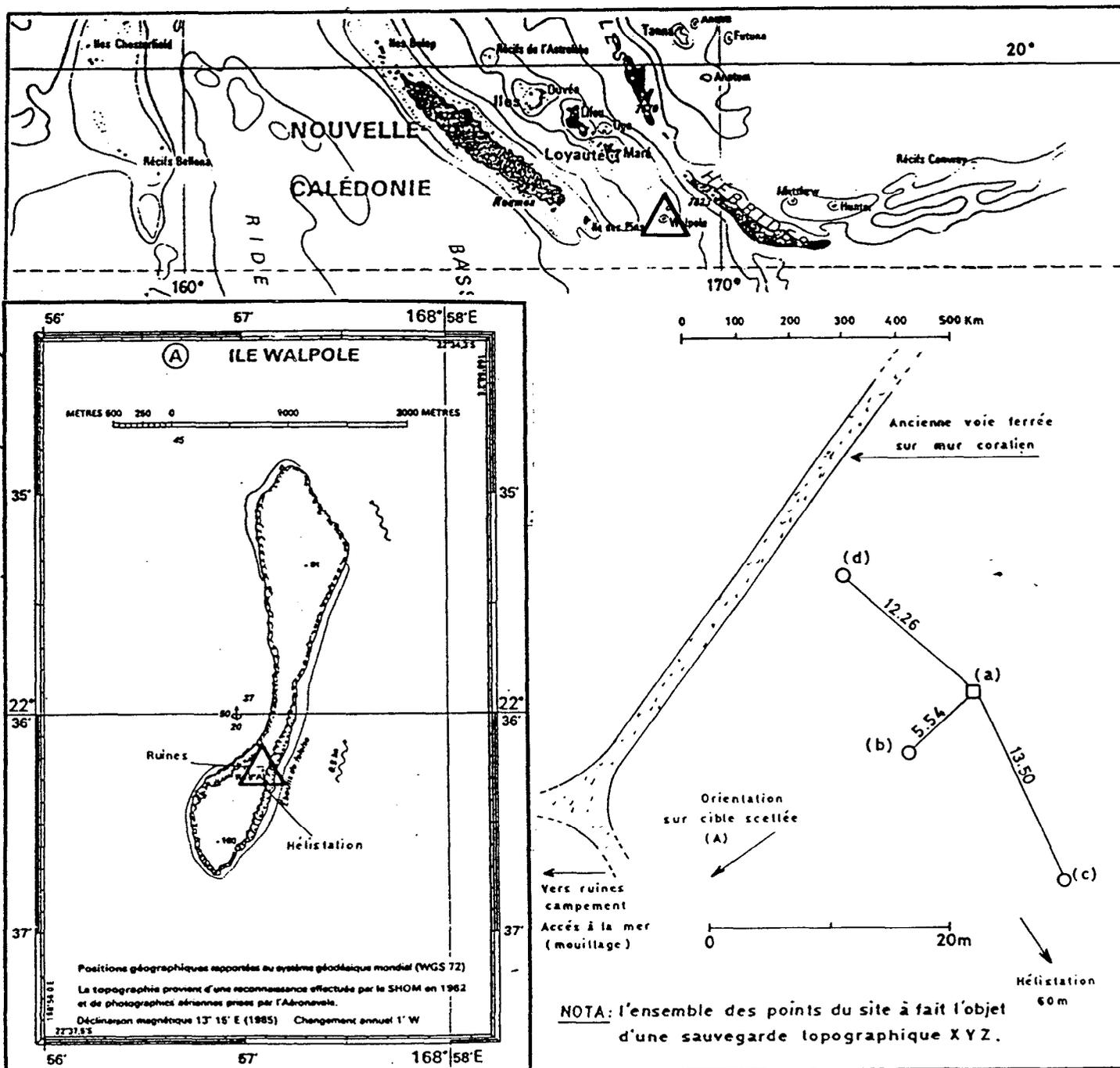
WALPOLE

9880001

Orientement au sol : Entre points du site et sur cible scellée au SO.

Situation topo : 60 mètres au NO d'une hélisation sommaire et d'un dépôt de carburant de l'armée.
150 mètres à l'Est de ruines, ancienne exploitation de phosphate.

Accès : Hélicoptère ou bateau: mouillage sur la côte Ouest au NO de ruines, accès par un petit sentier conduisant à ces mêmes ruines.



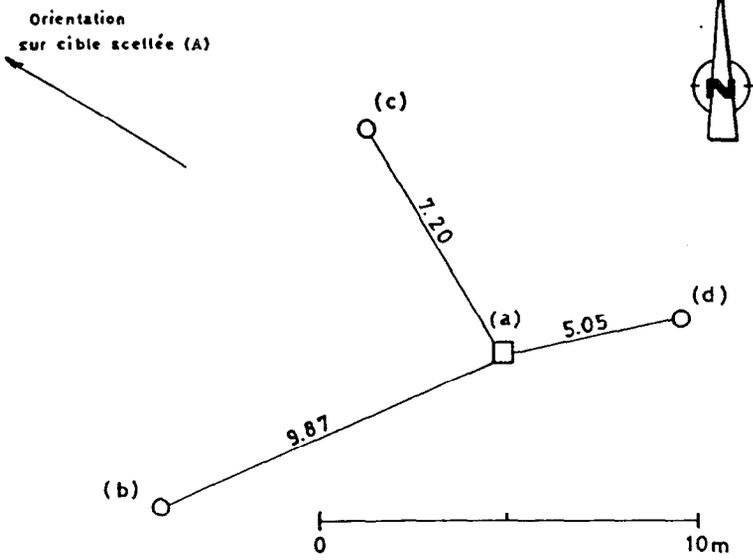
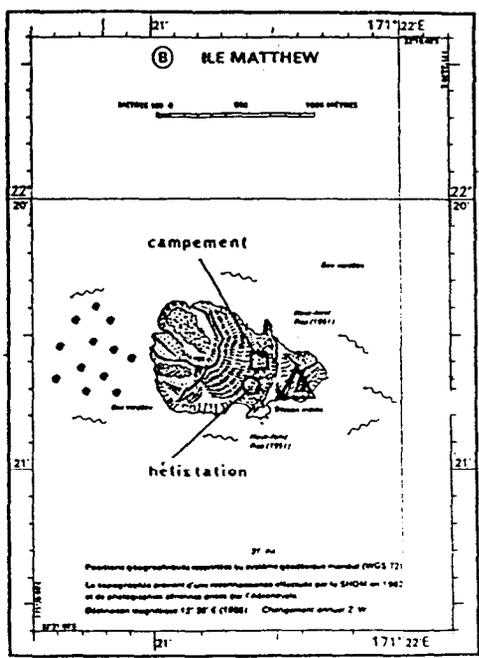
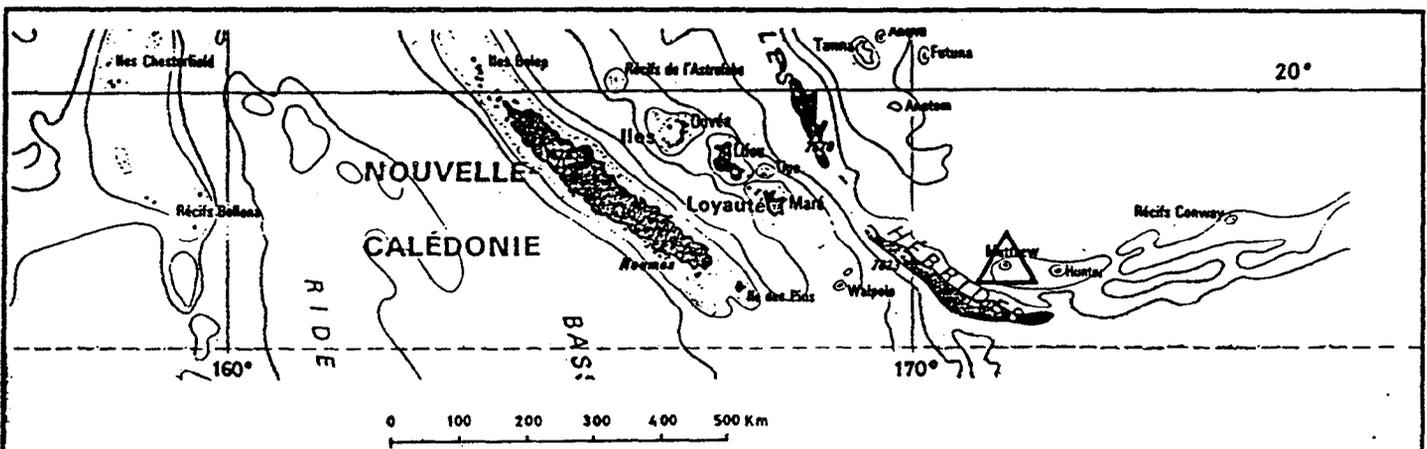
MATTHEW

9880002

Orientement au sol : Entre points du site et sur cible scellée au NO.

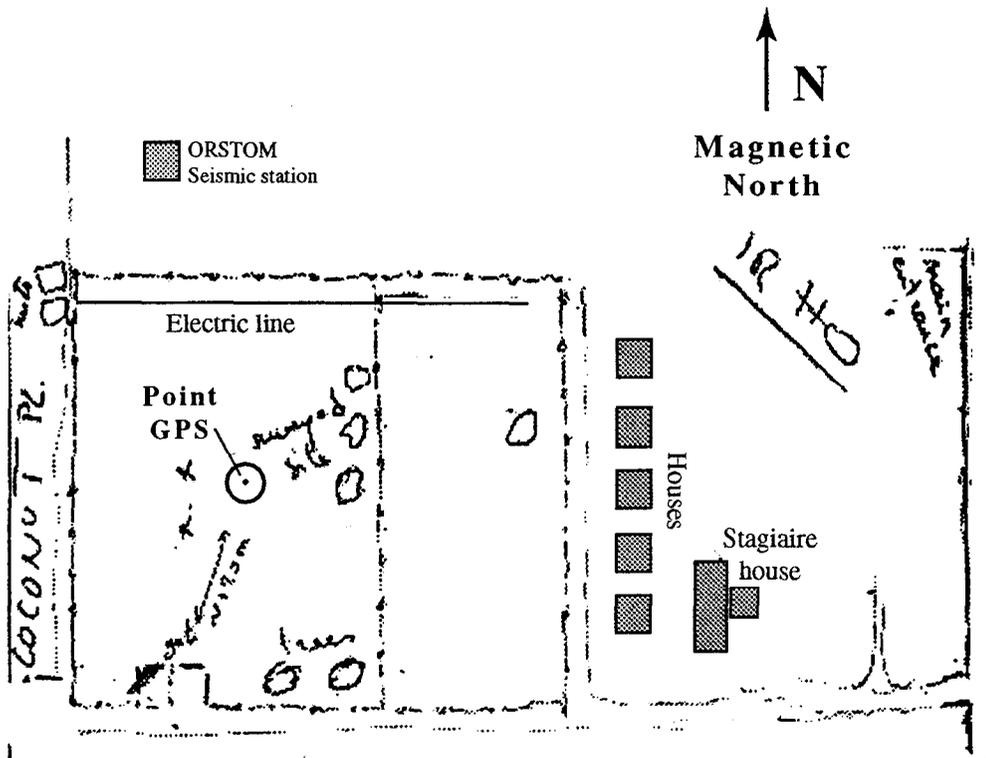
Situation topo : A l'Est du volcan, à 100 m au Sud du point culminant Est de l'île (142m).

Accès : sur l'île, hélicoptère ou bateau: mouillage au Nord?. sur site par hélicoptère (ou en escalade par la falaise: encordage). Site dangereux par vent d'Ouest, émissions de fumeroles ou de gaz..

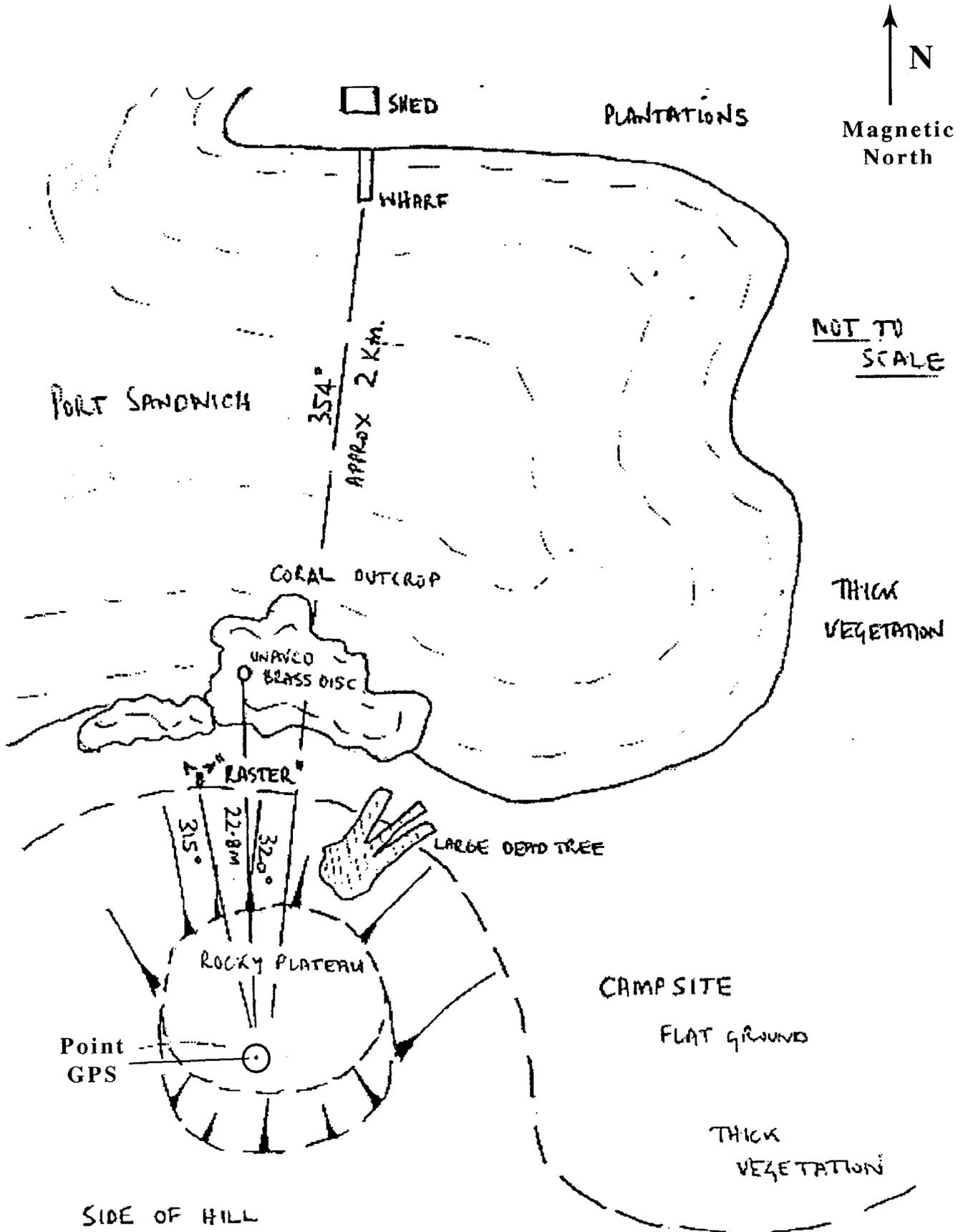


NOTA: l'ensemble des points du site à fait l'objet d'une sauvegarde topographique XYZ.

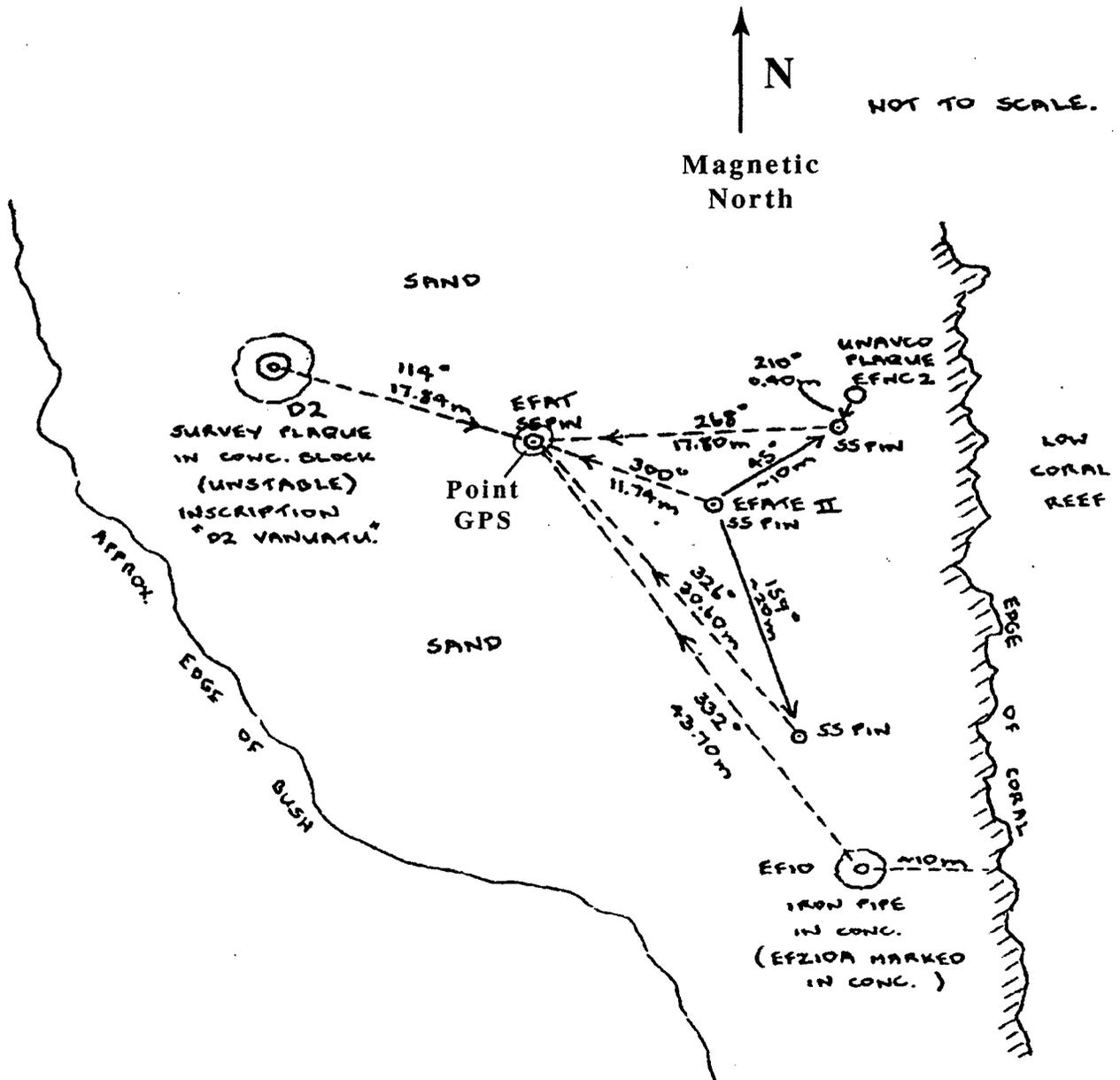
SANTO



MALLICOLO



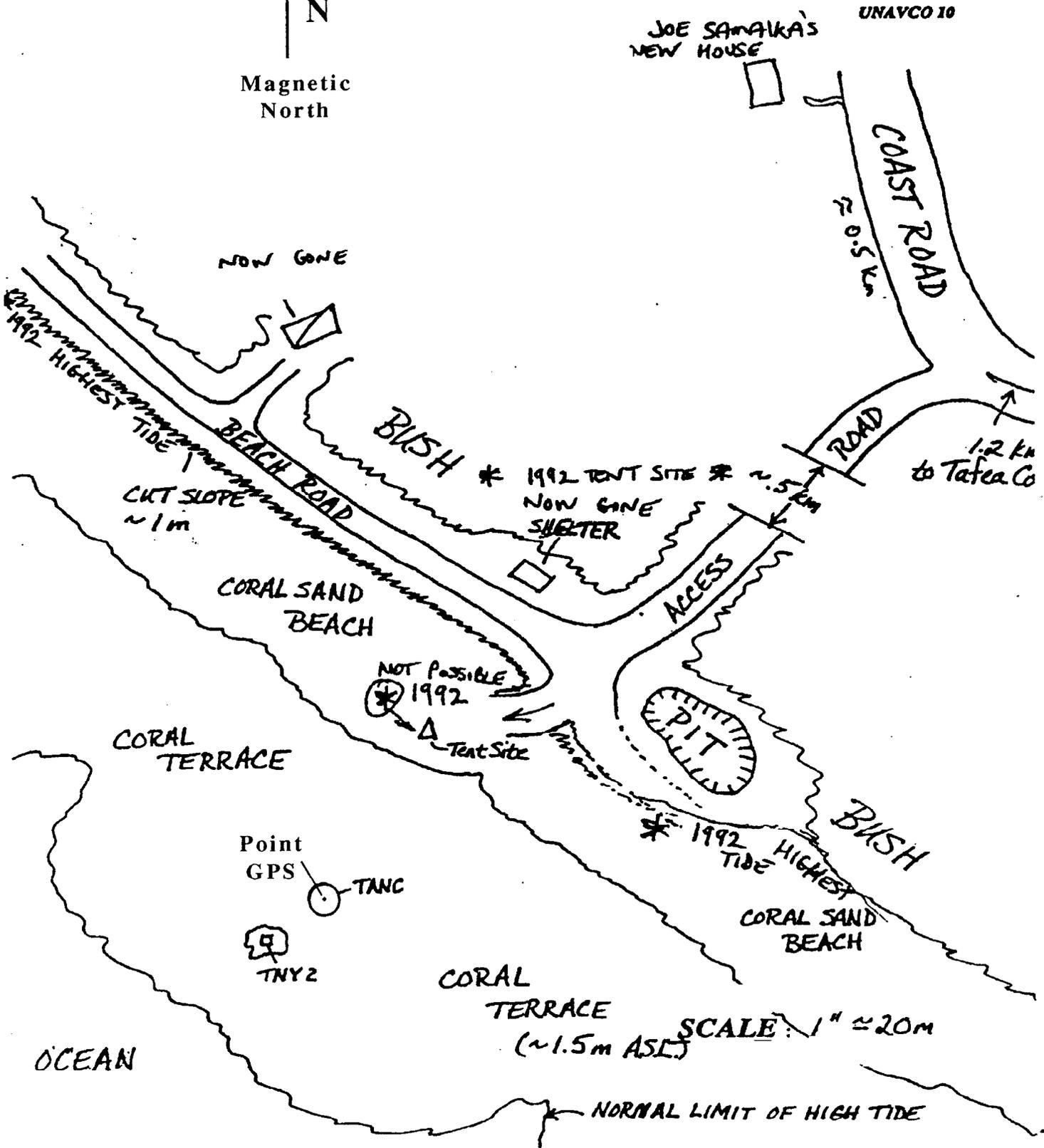
VATE



TANNA



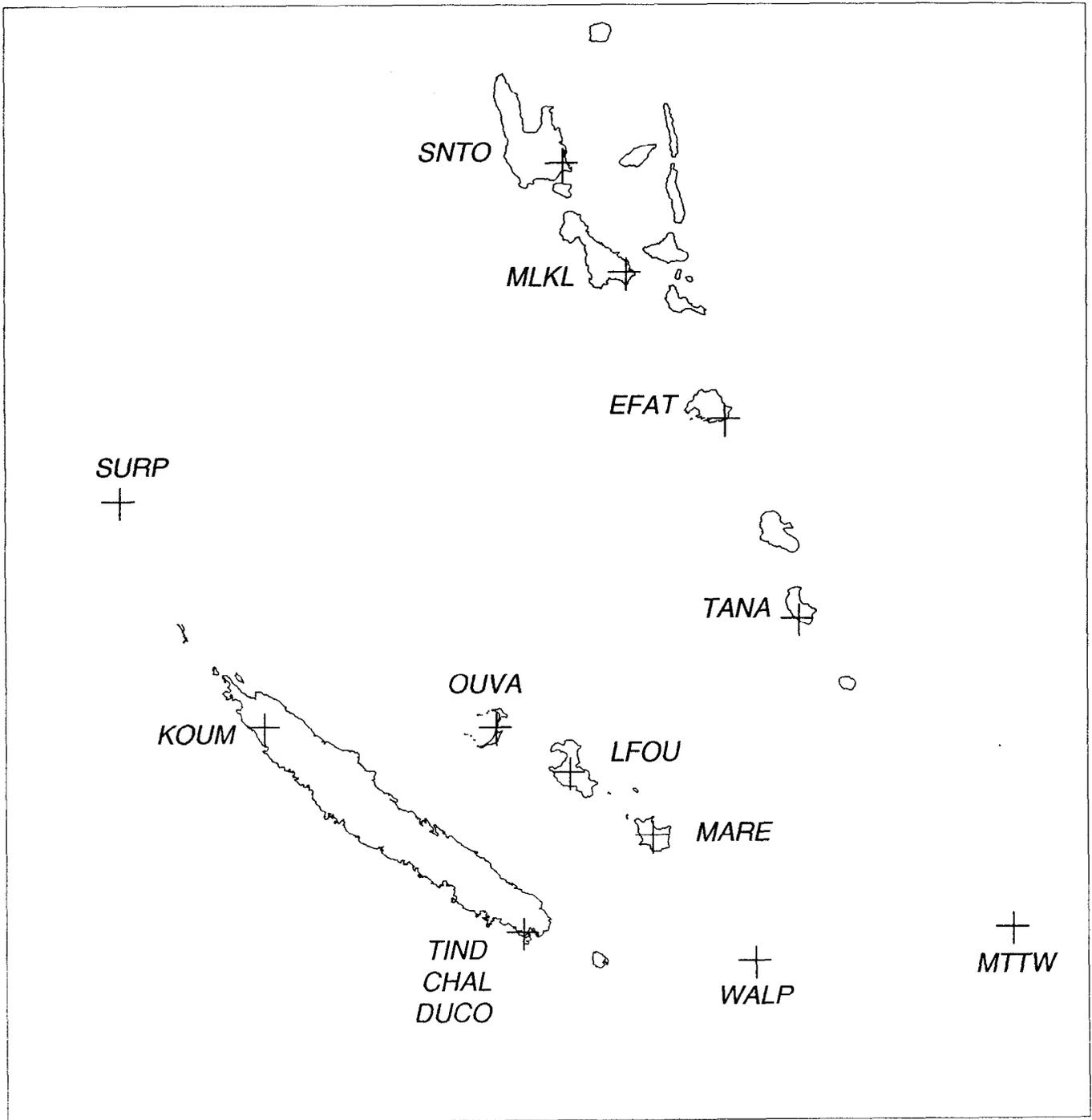
Magnetic North



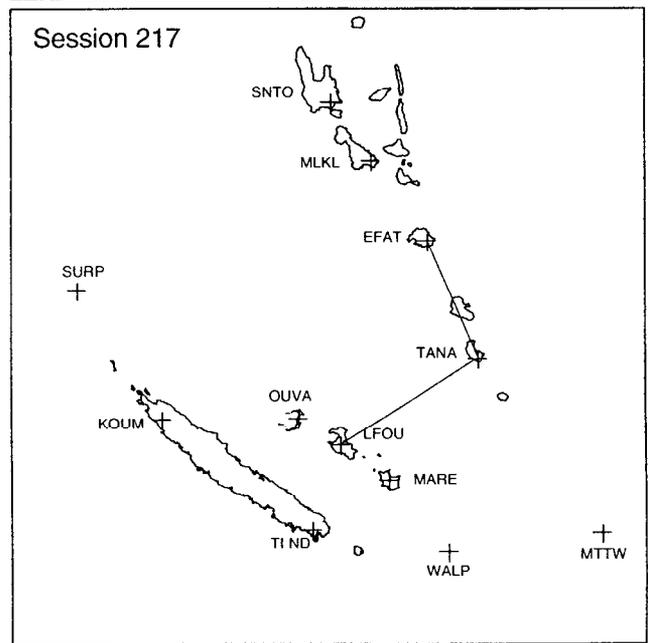
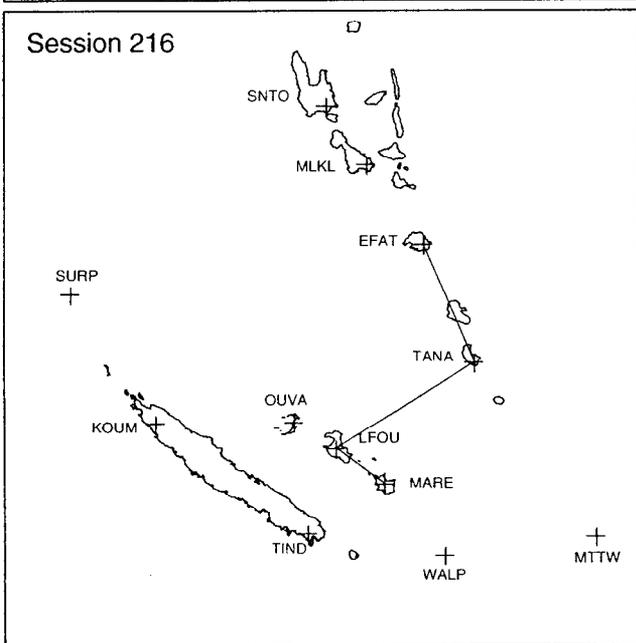
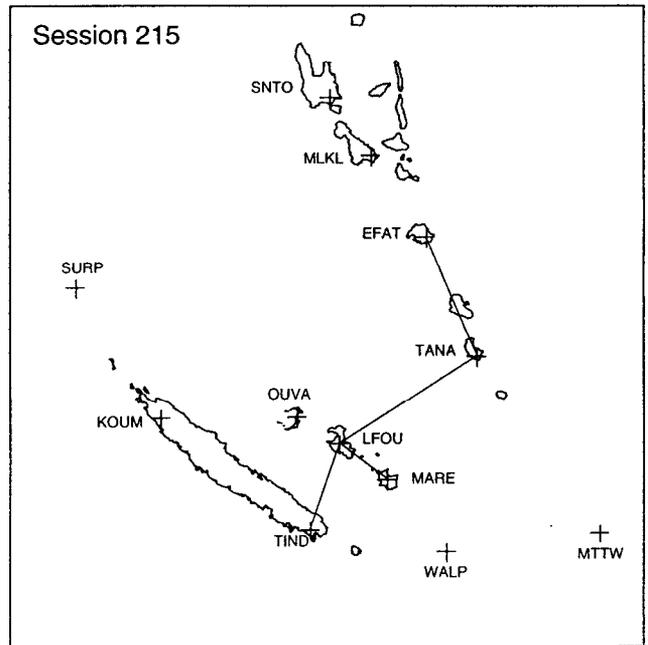
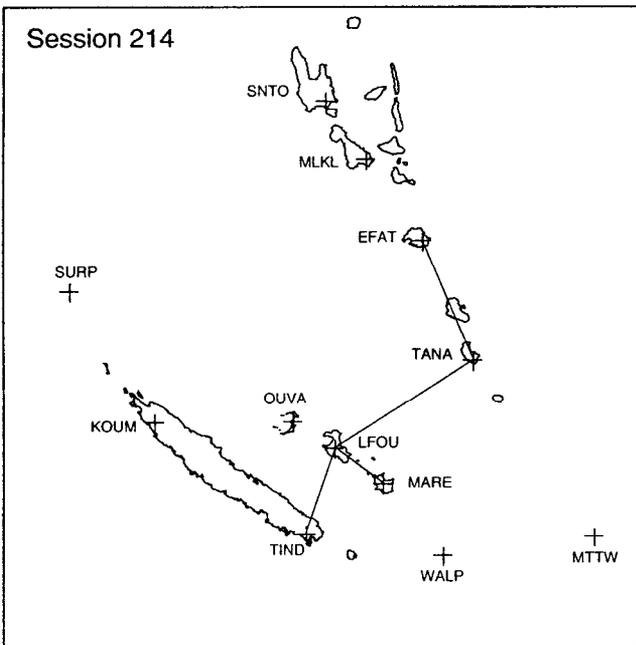
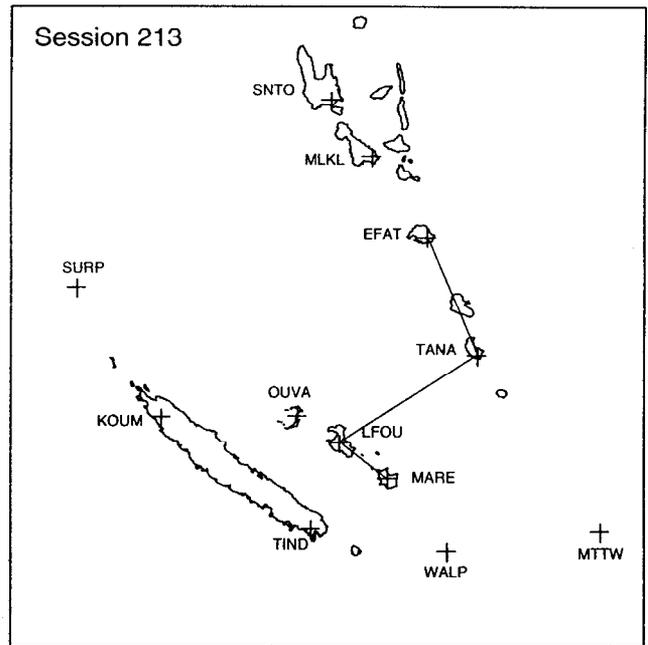
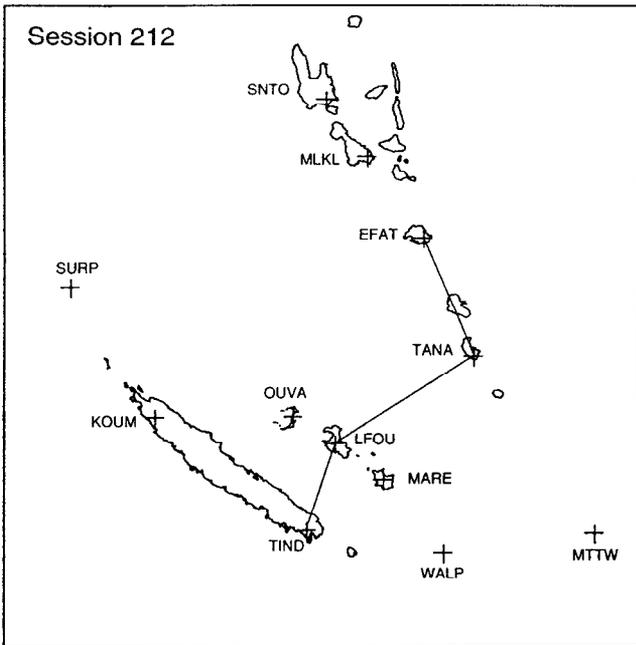
Annexe 2

Schémas des calculs quotidiens

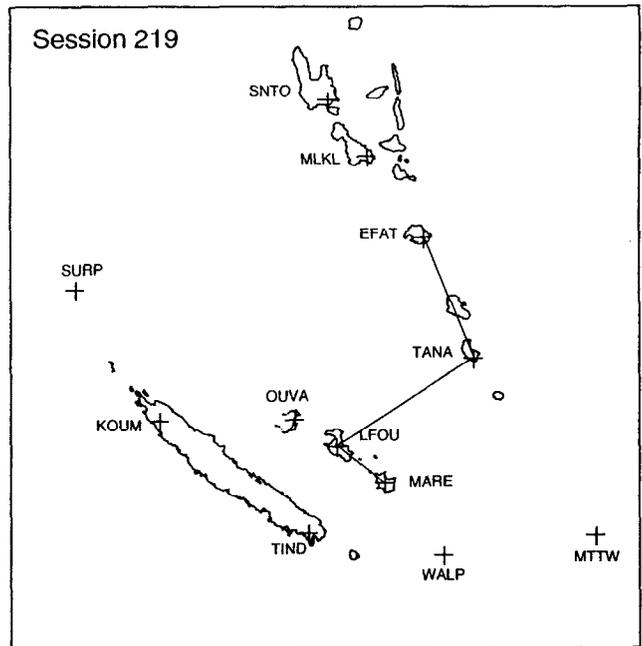
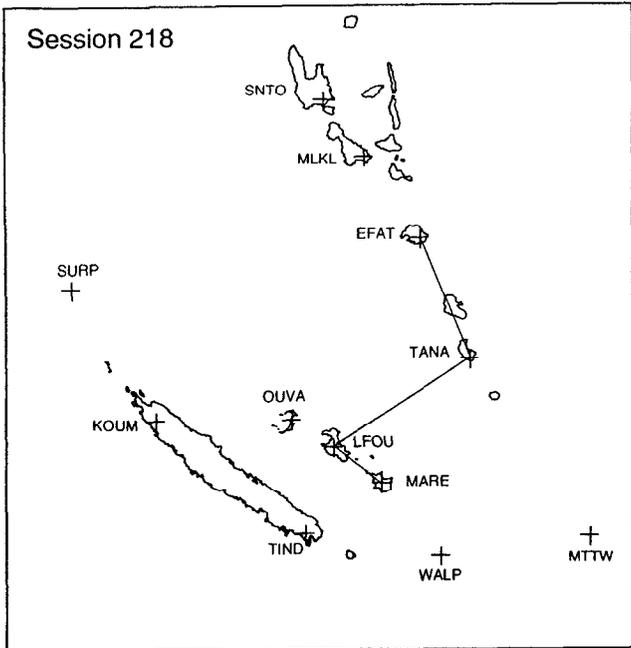
Les sites GPS du reseau GSLNH



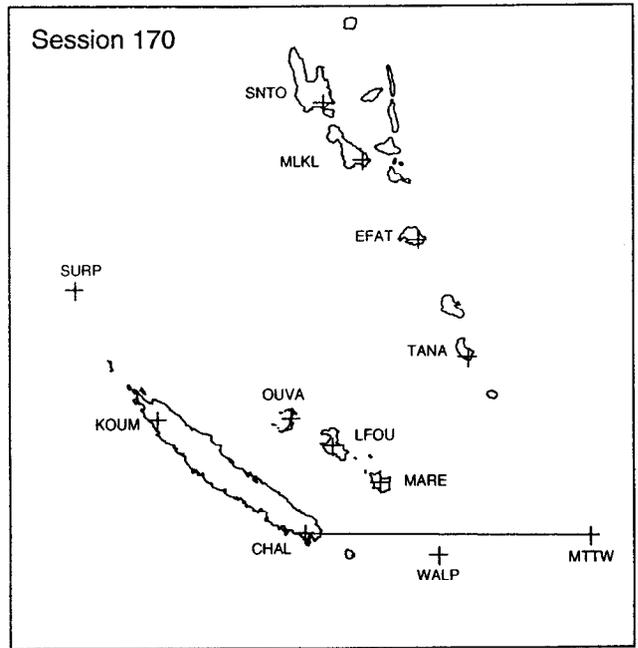
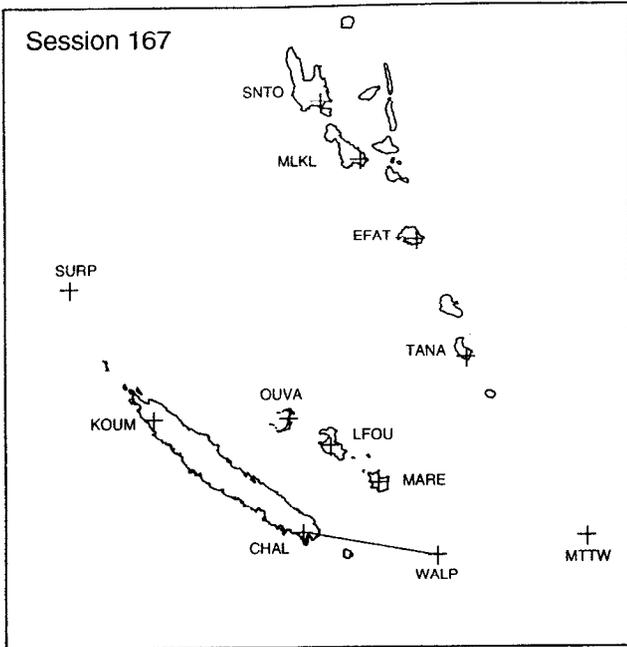
Campagne Août 1990



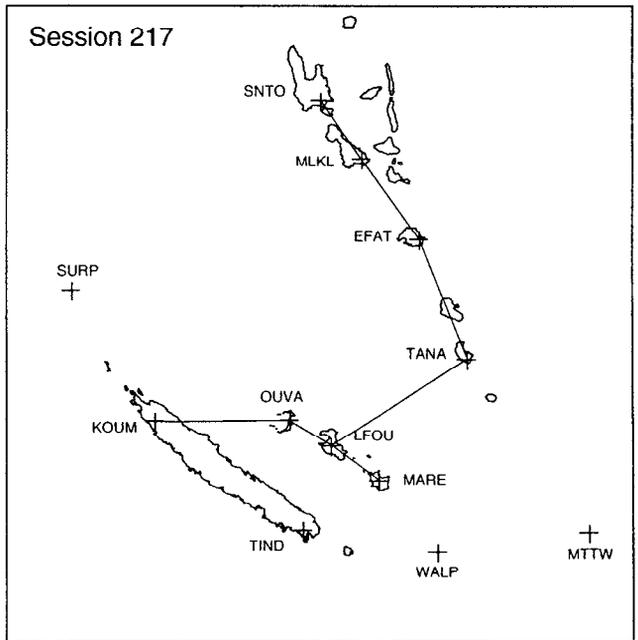
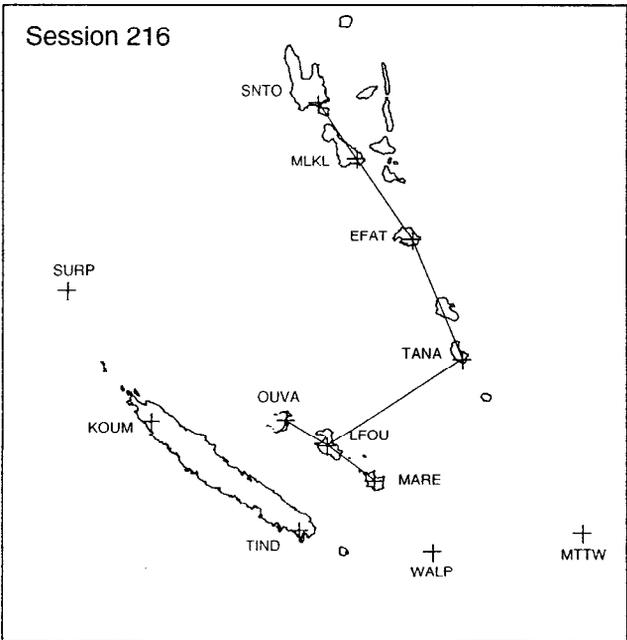
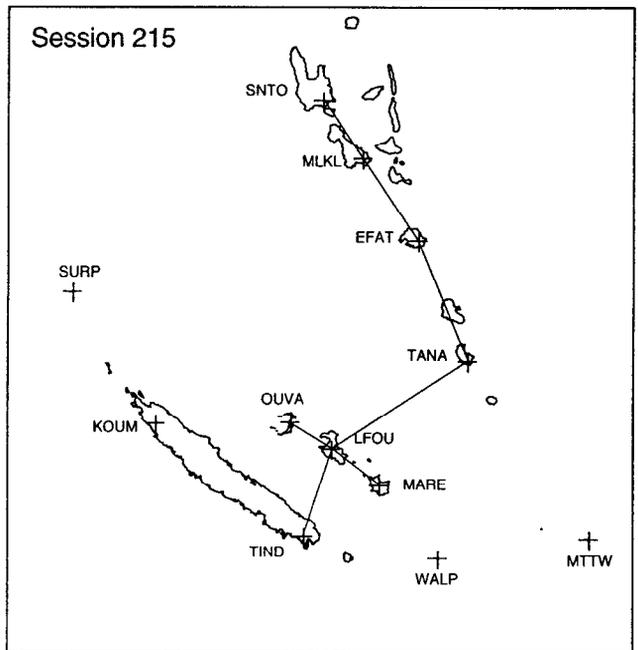
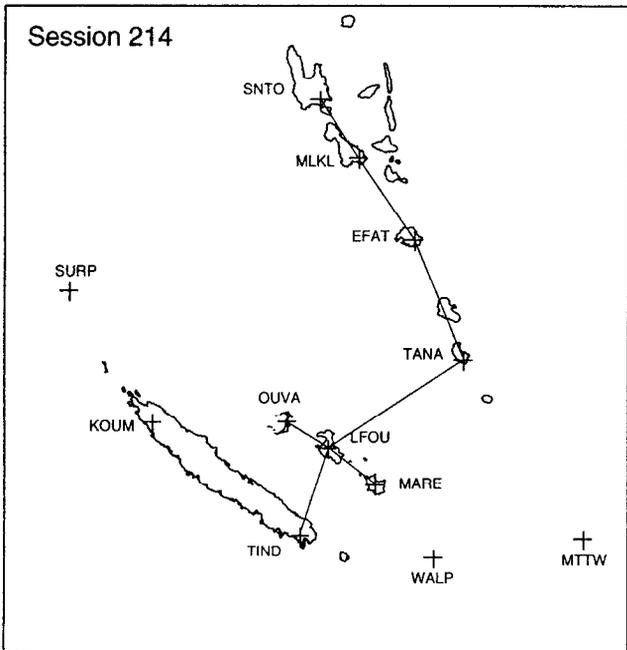
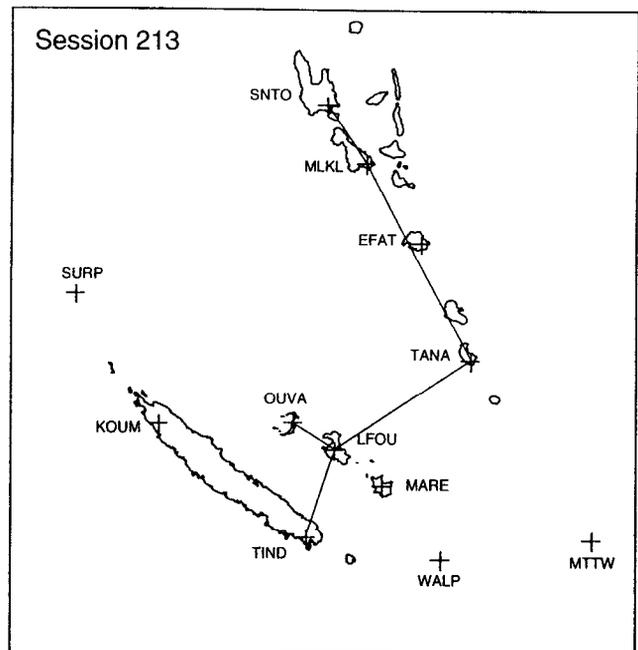
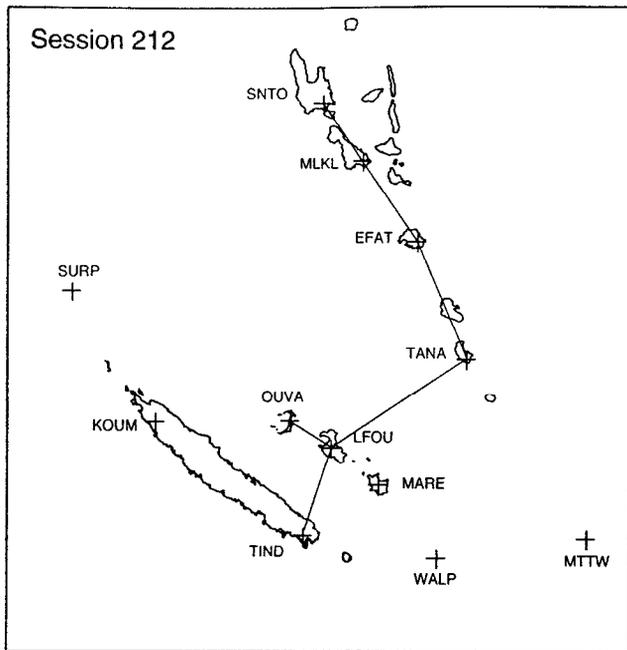
Campagne Août 1990



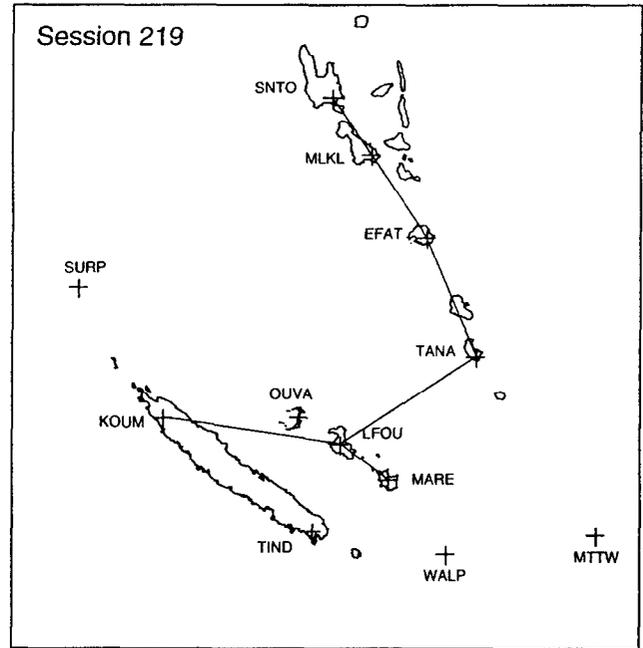
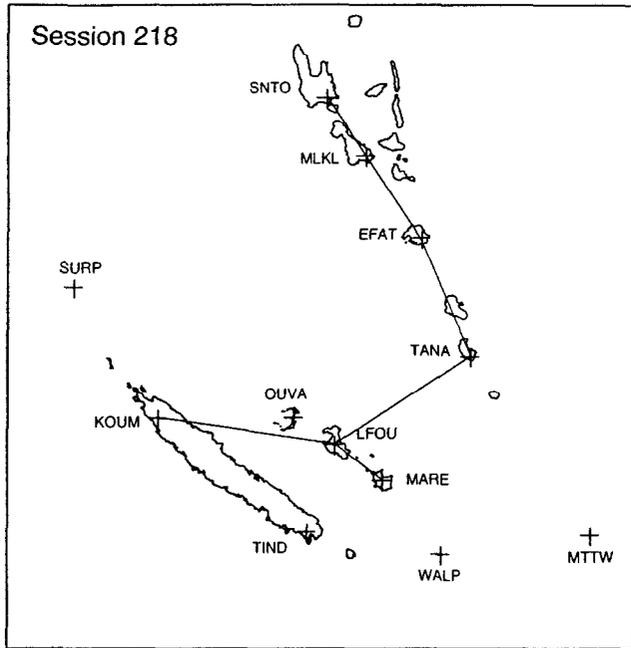
Campagne Juin 1992



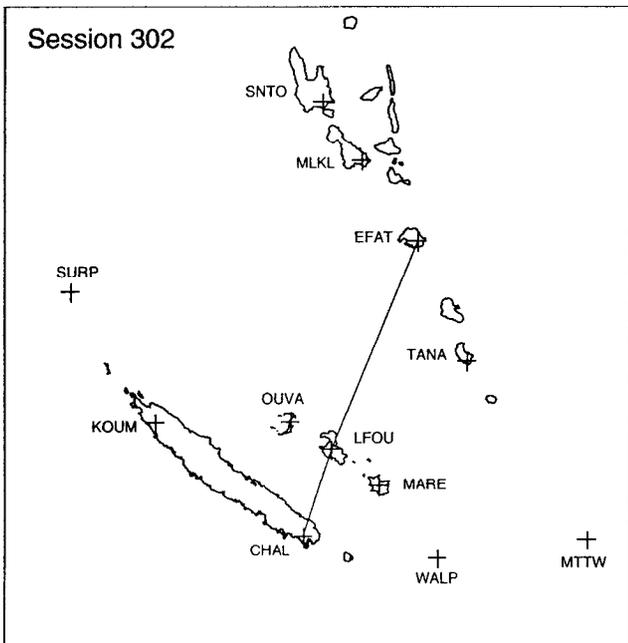
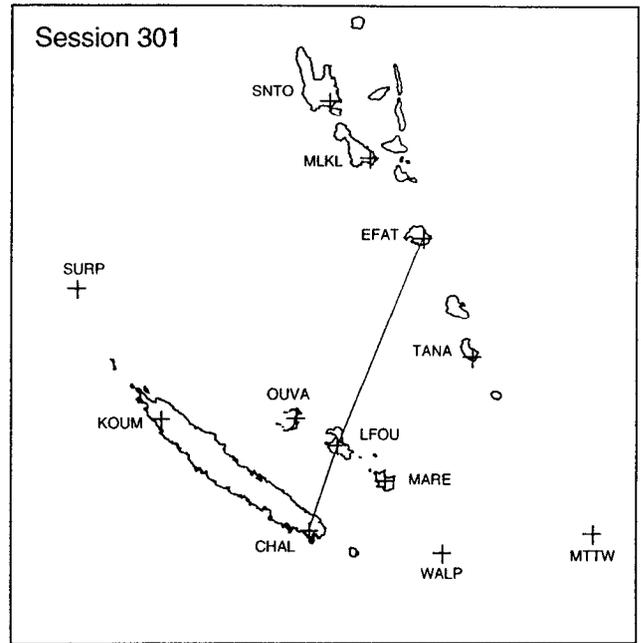
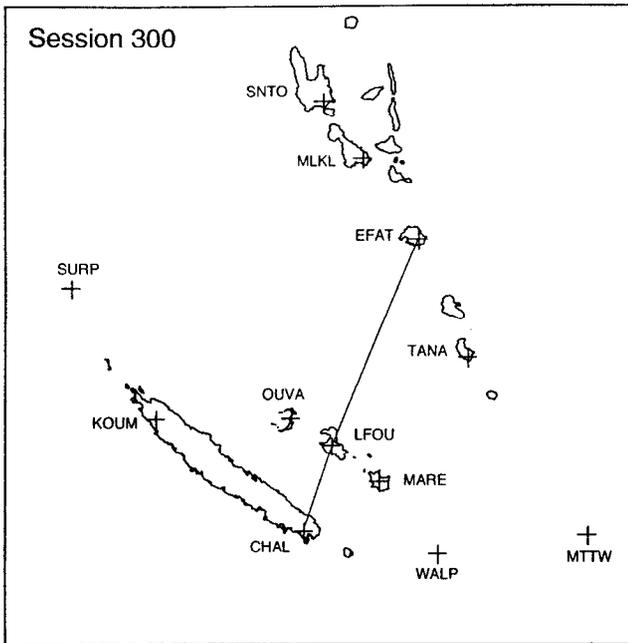
Campagne Août 1992



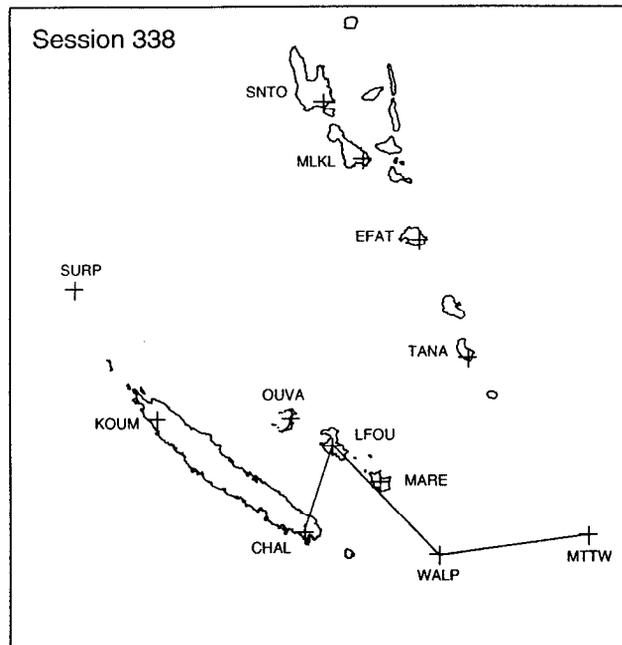
Campagne Août 1992



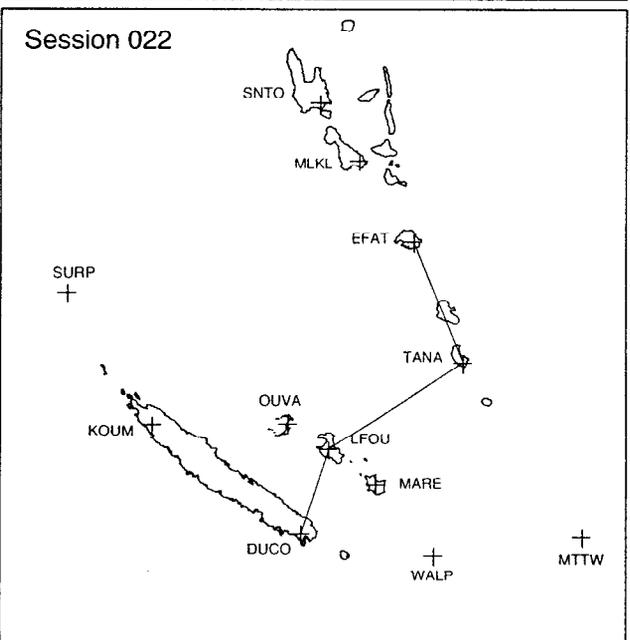
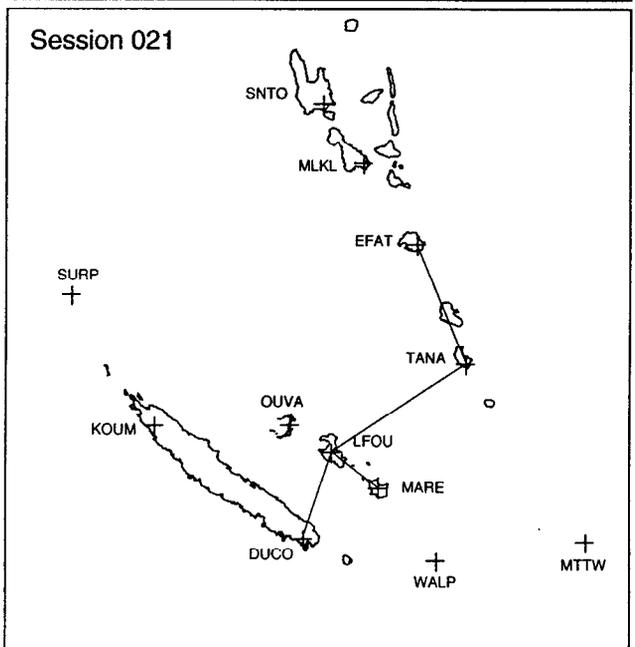
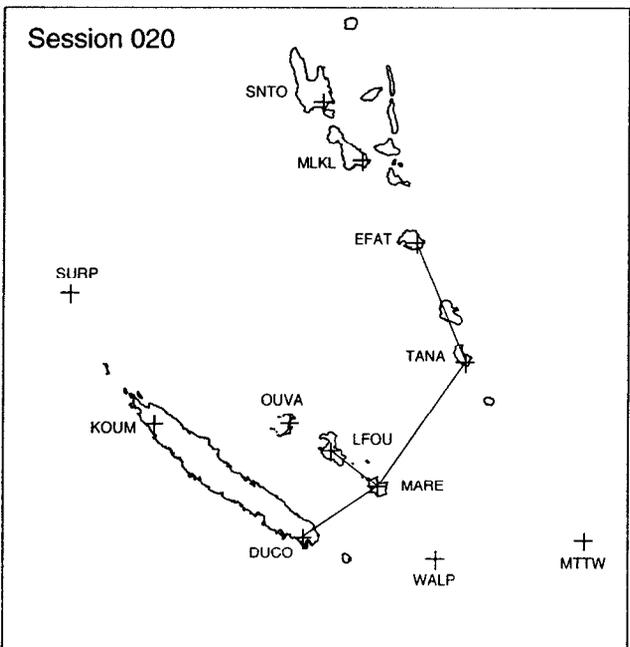
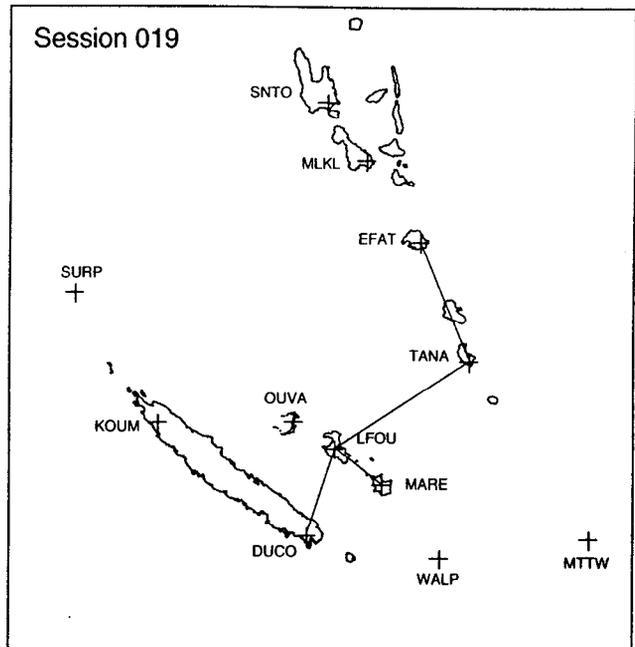
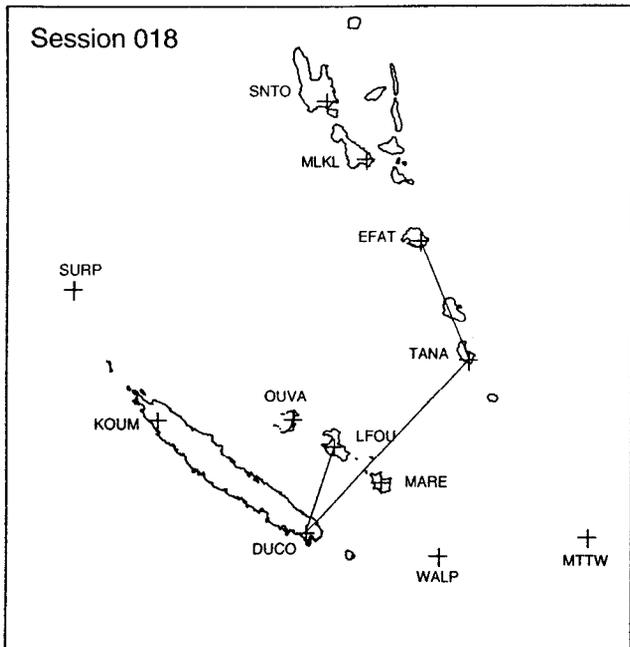
Campagne Octobre 1992



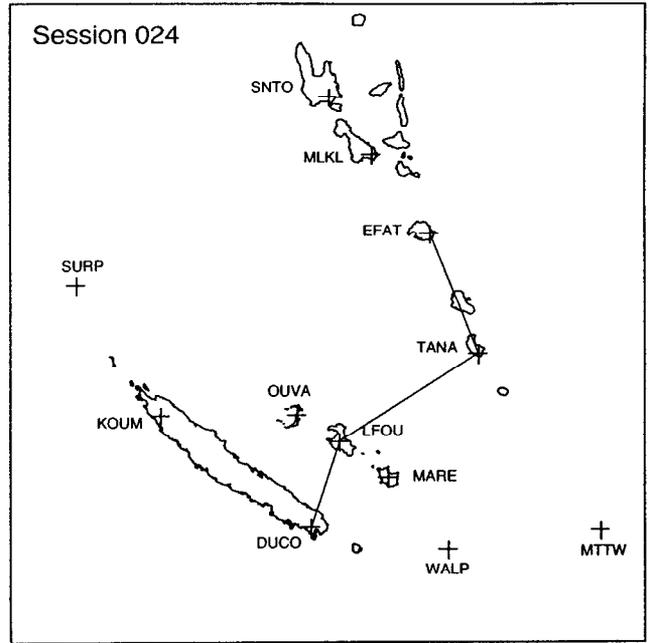
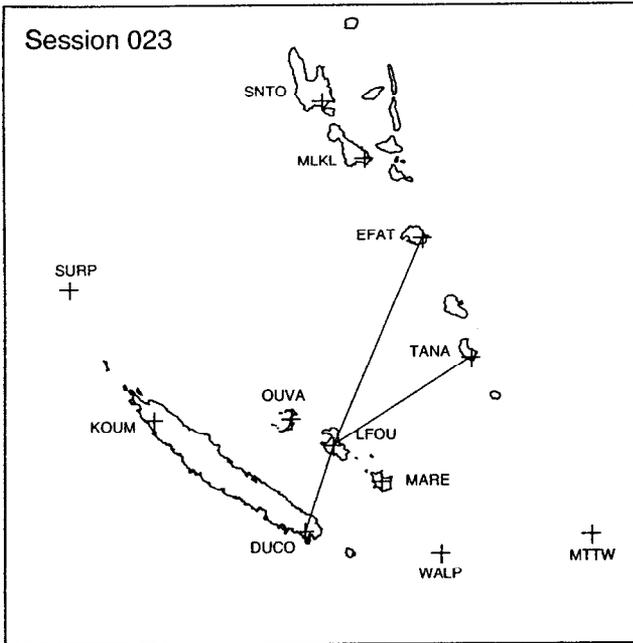
Campagne Décembre 1992



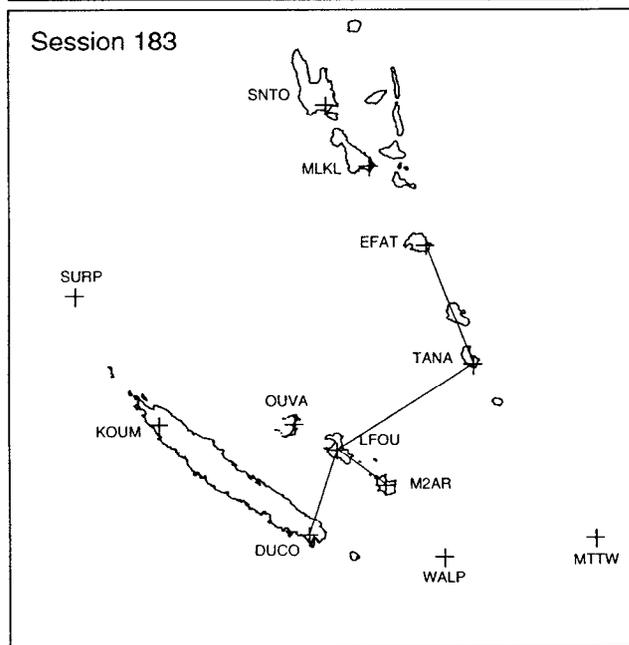
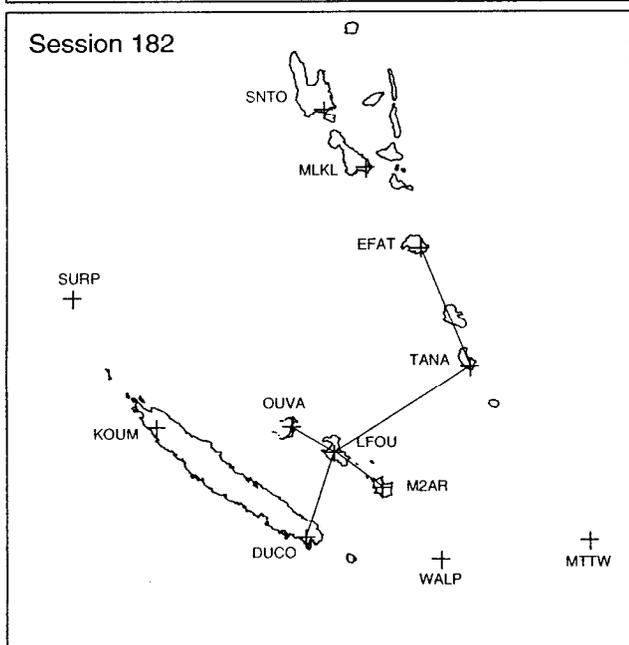
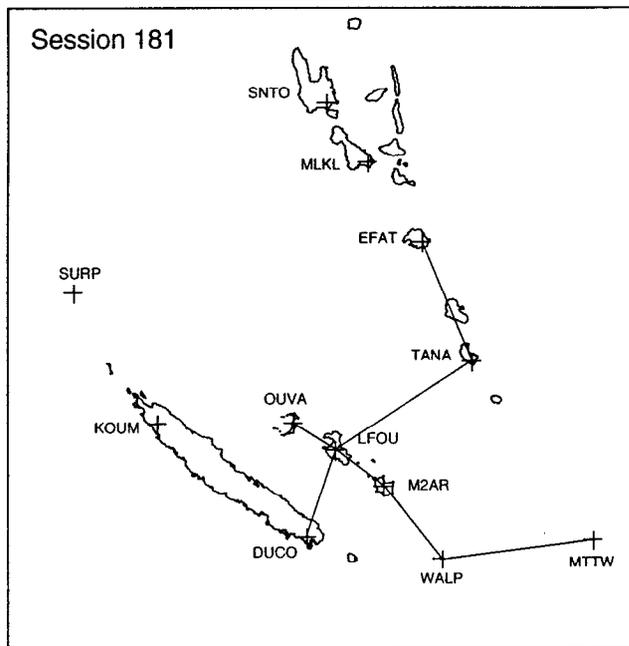
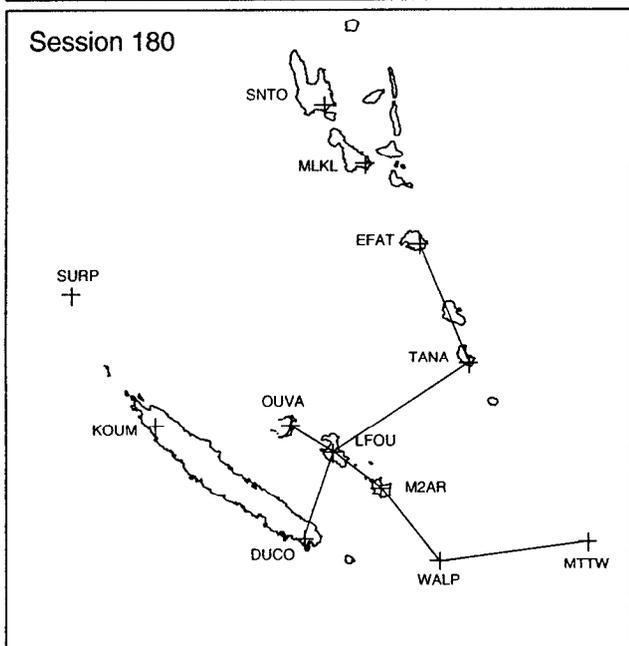
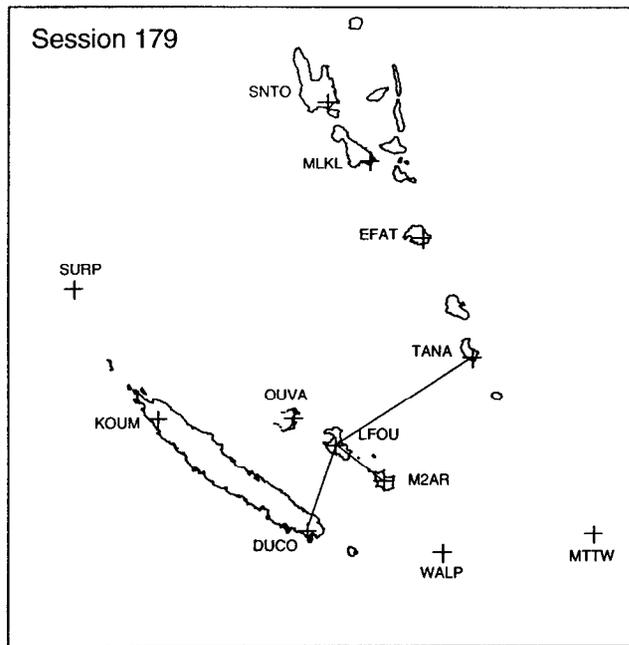
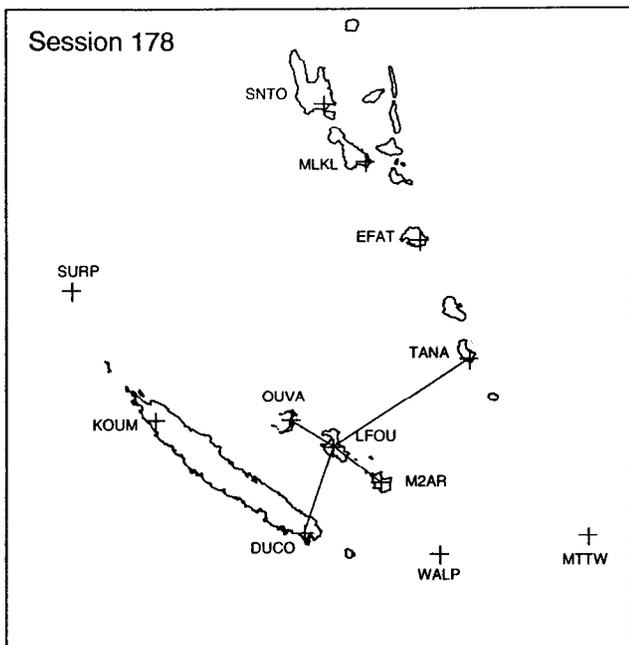
Campagne Janvier 1993



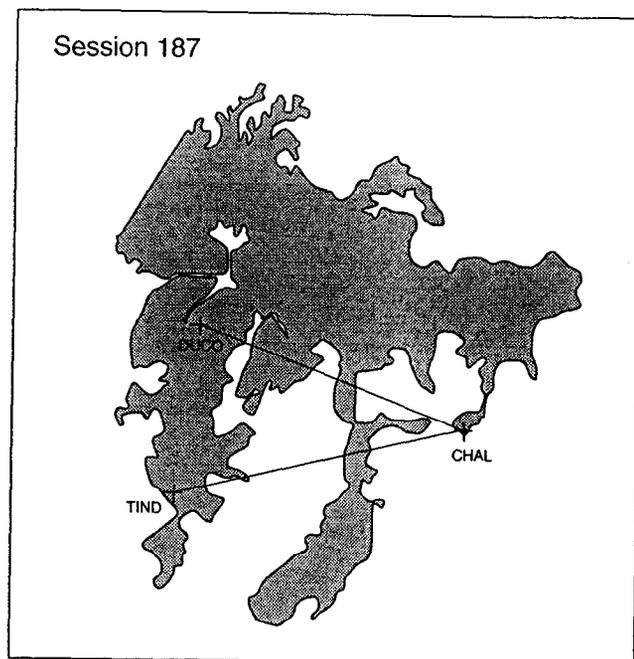
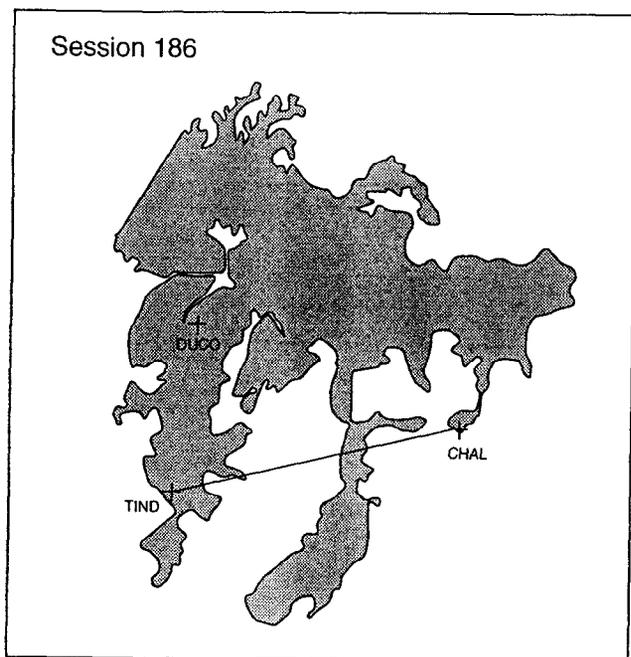
Campagne Janvier 1993



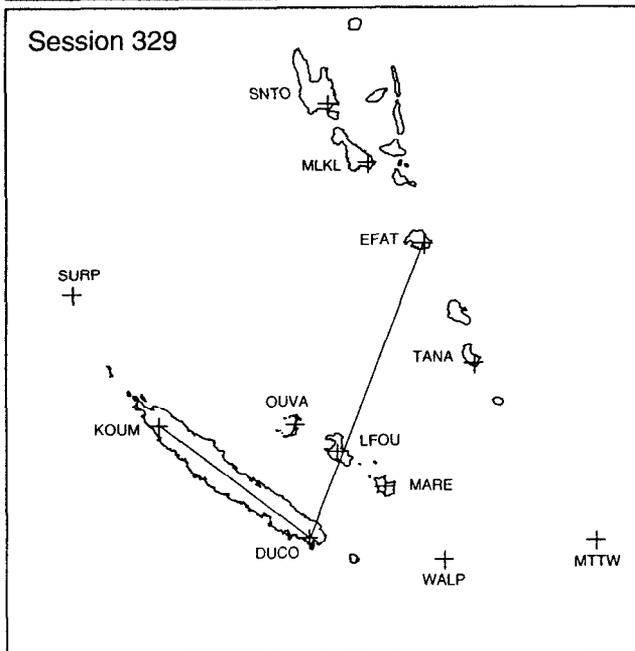
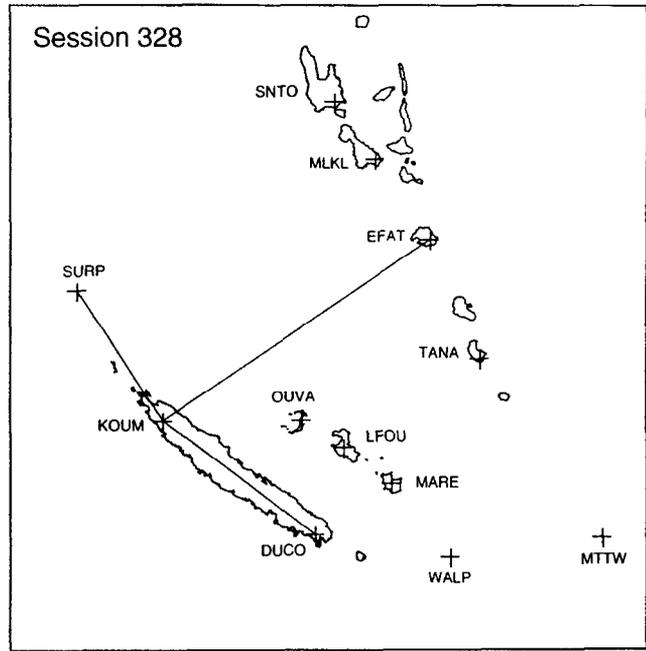
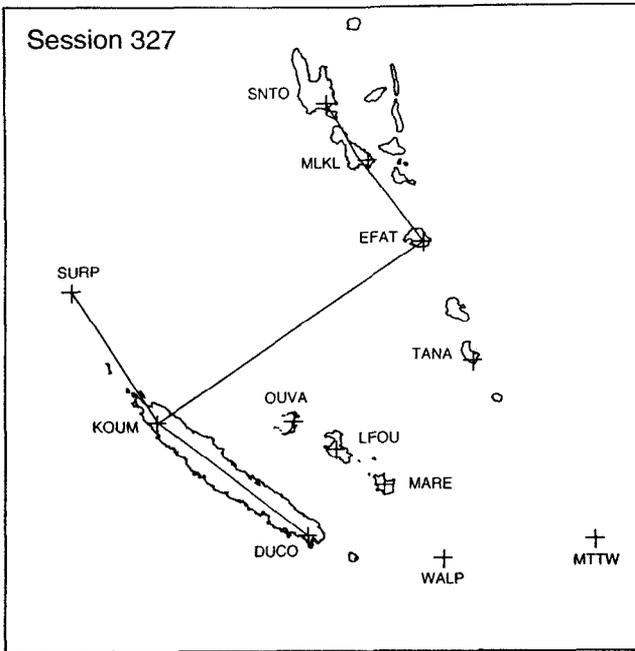
Campagne Juin 1993



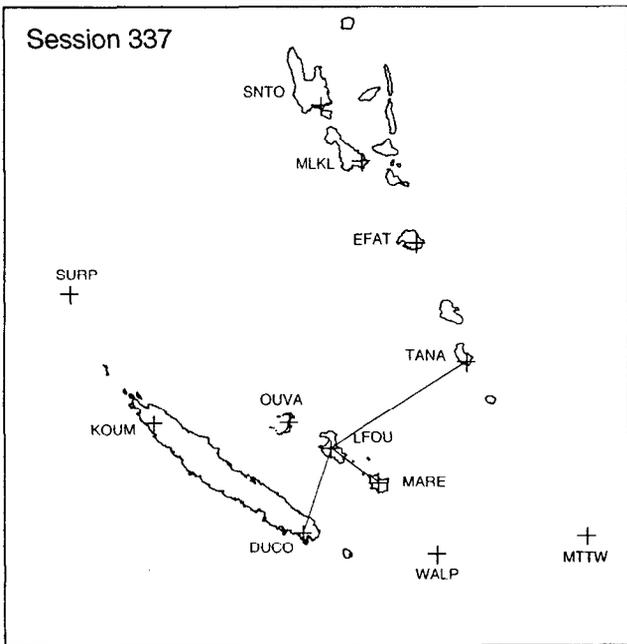
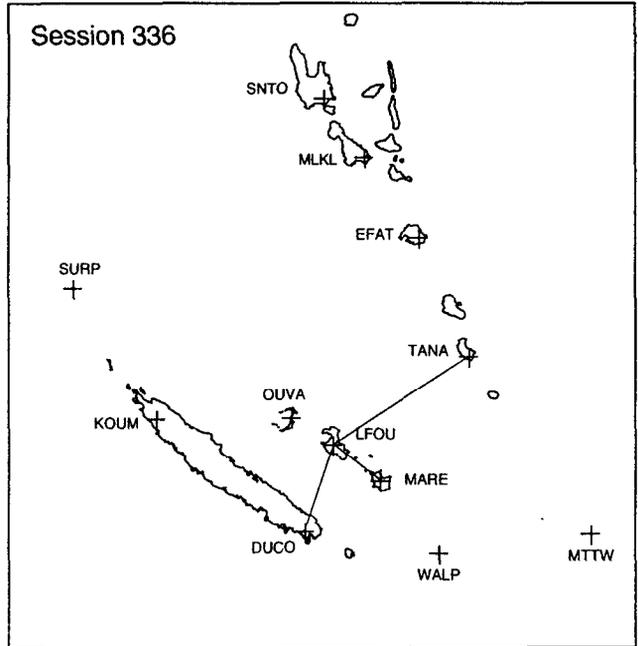
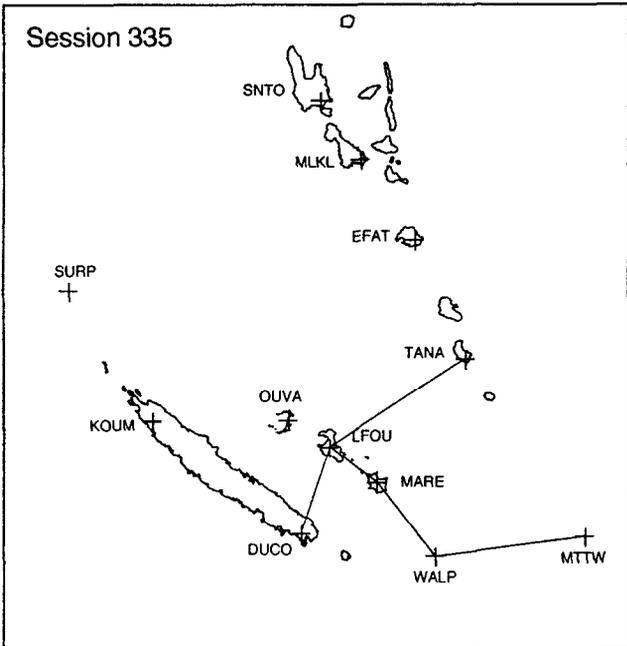
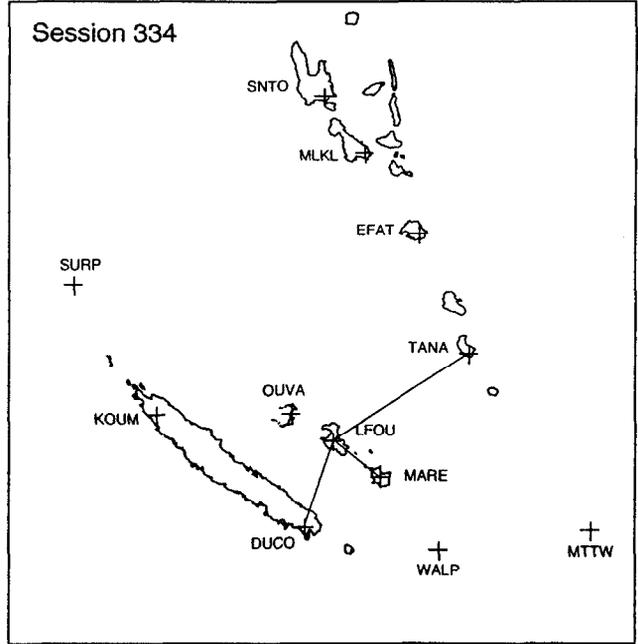
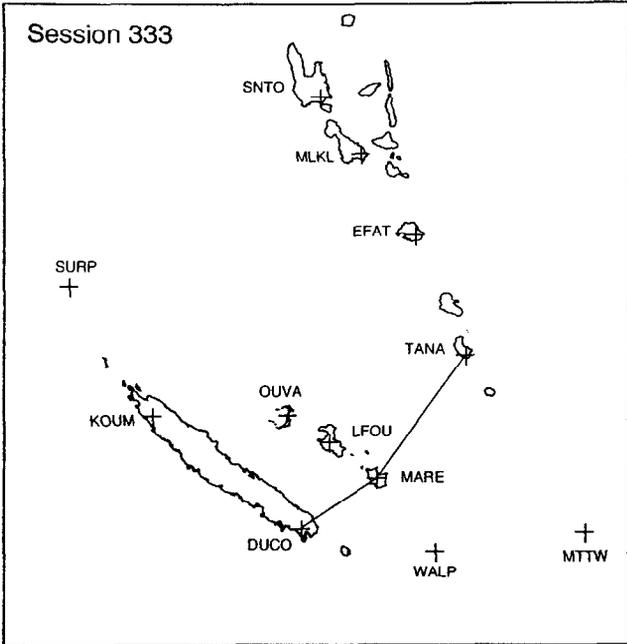
Campagne Juillet 1993



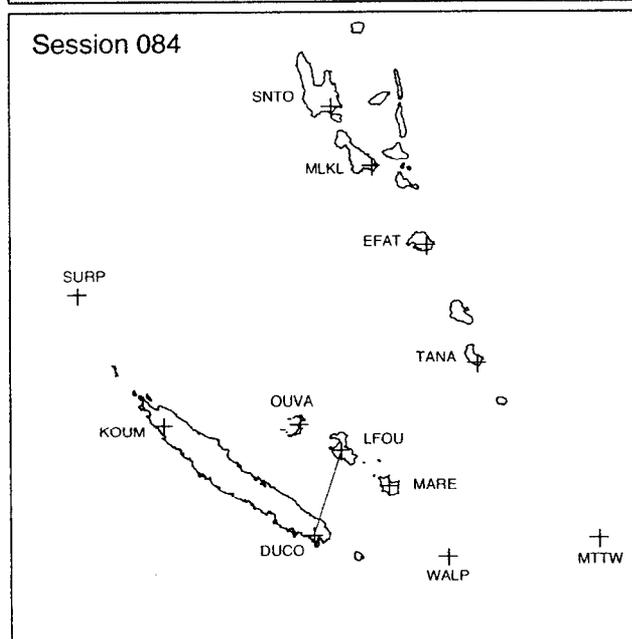
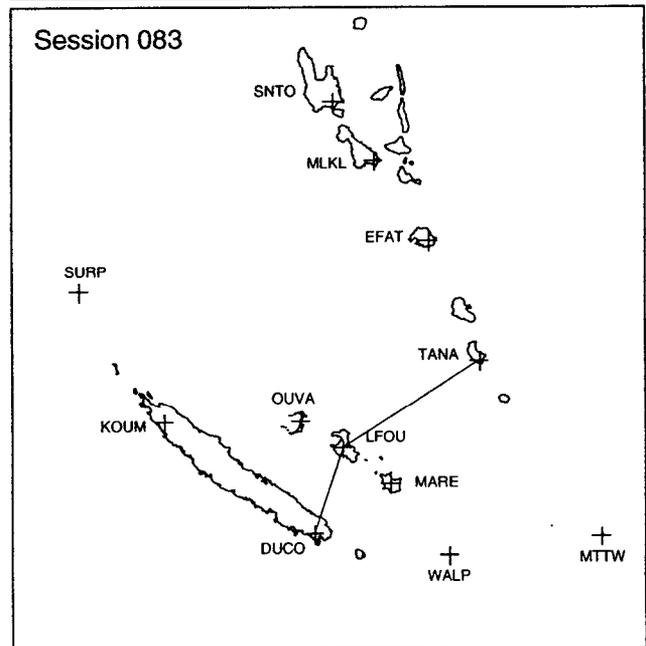
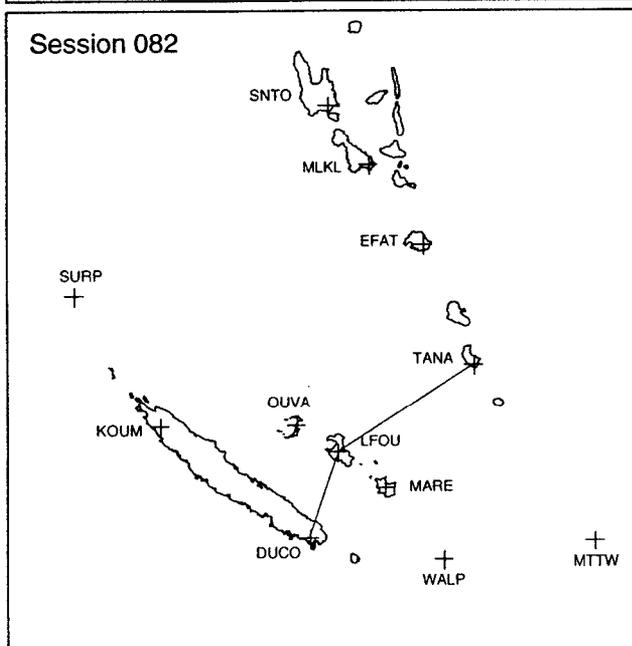
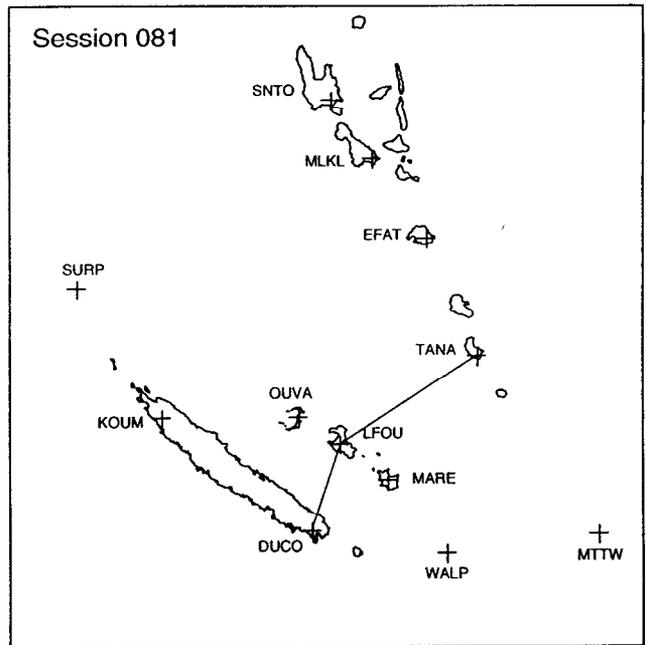
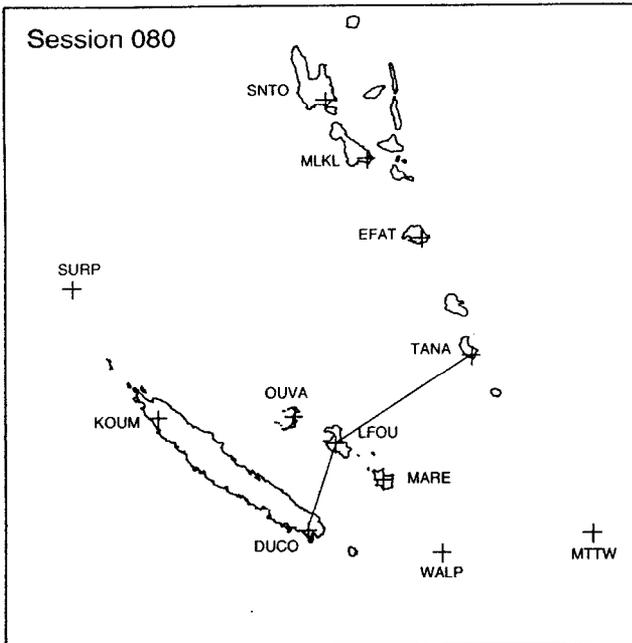
Campagne Novembre 1993



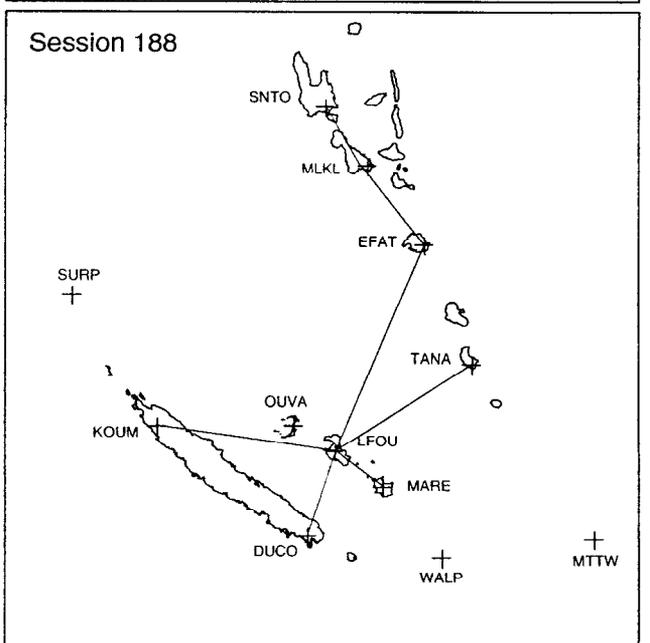
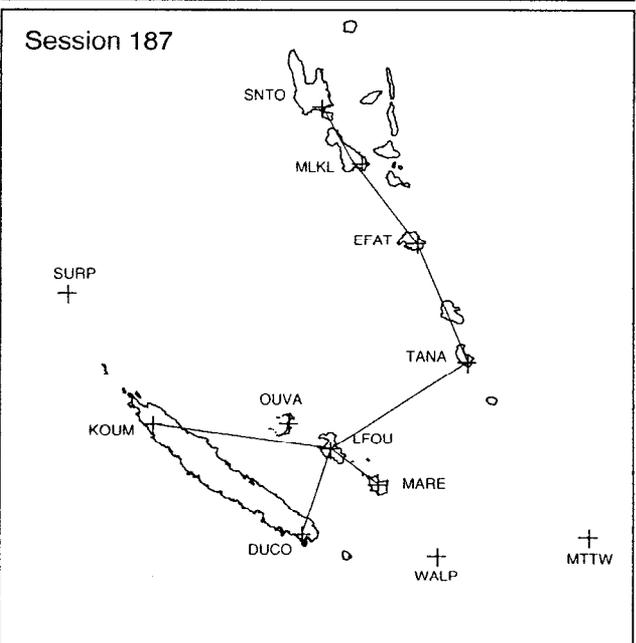
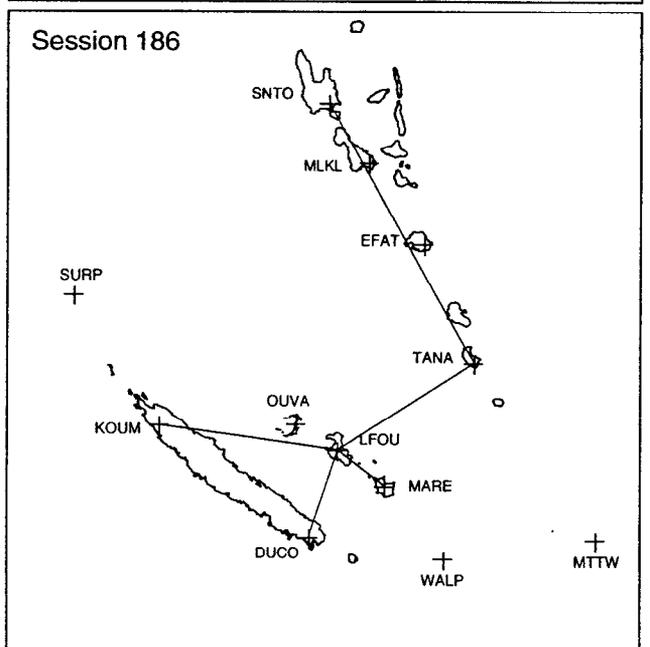
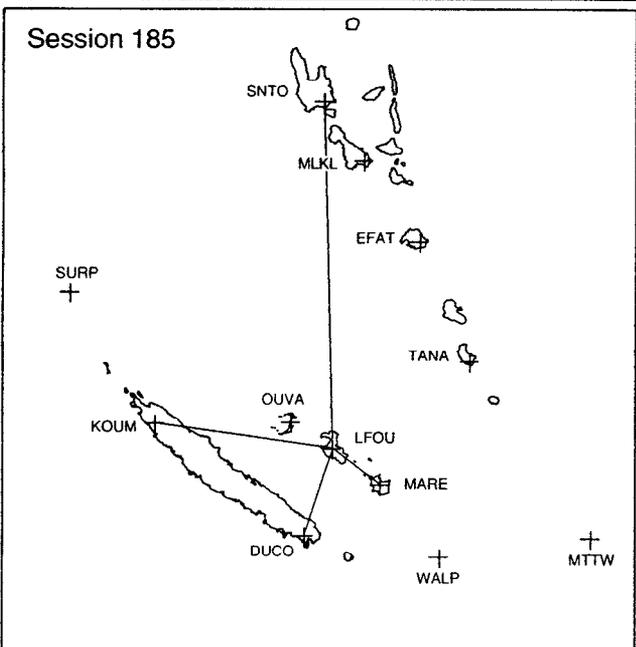
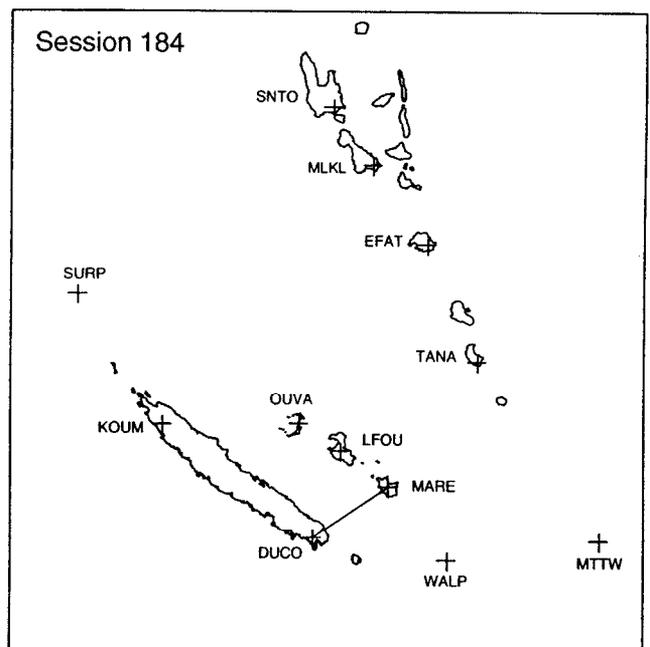
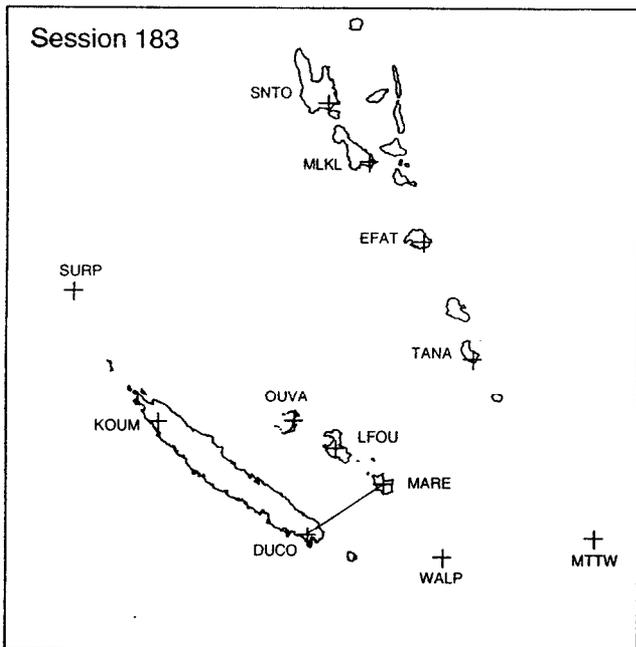
Campagne Décembre 1993



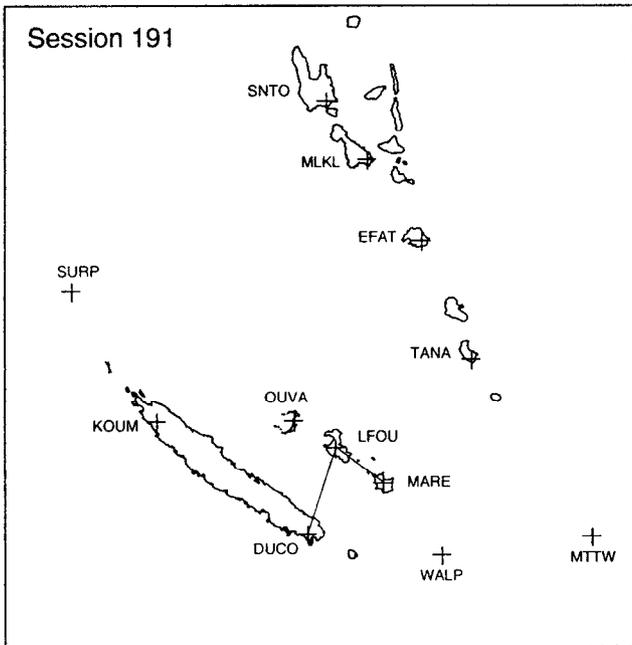
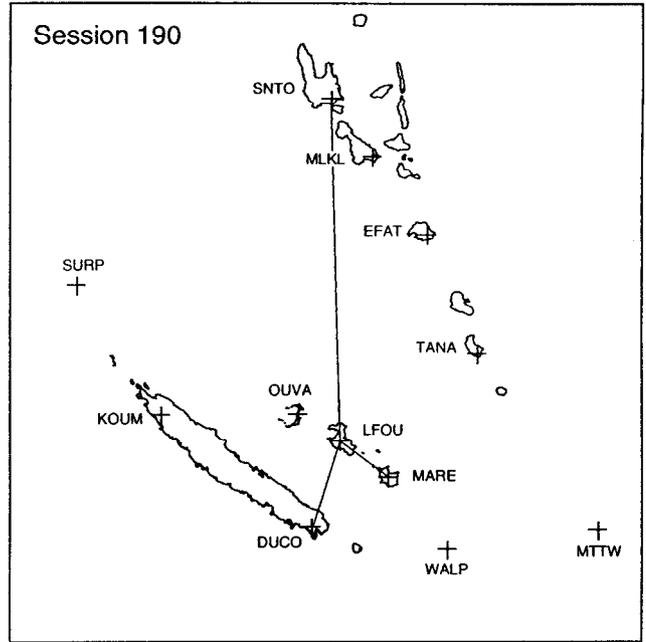
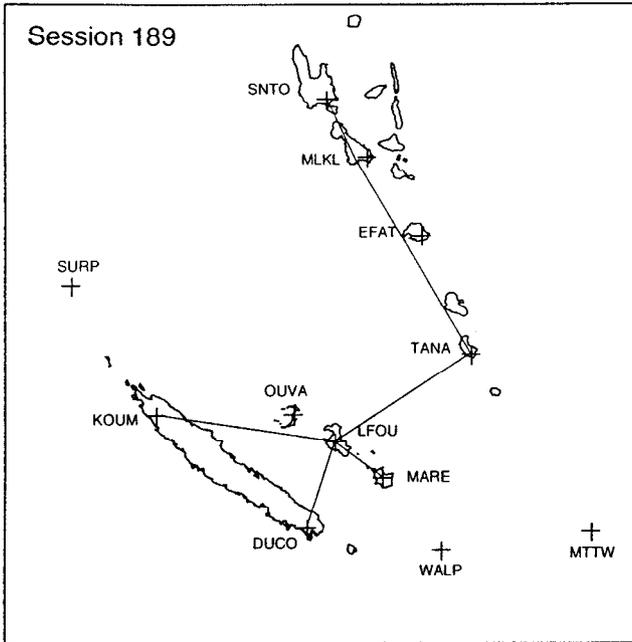
Campagne Mars 1994



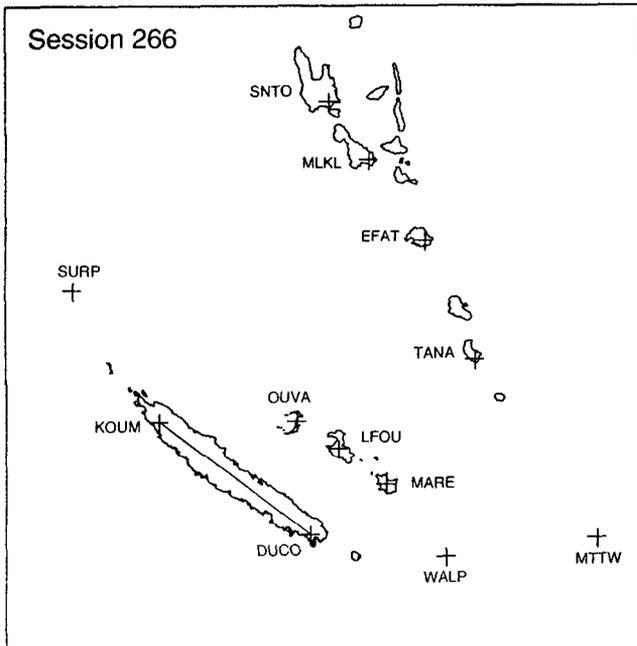
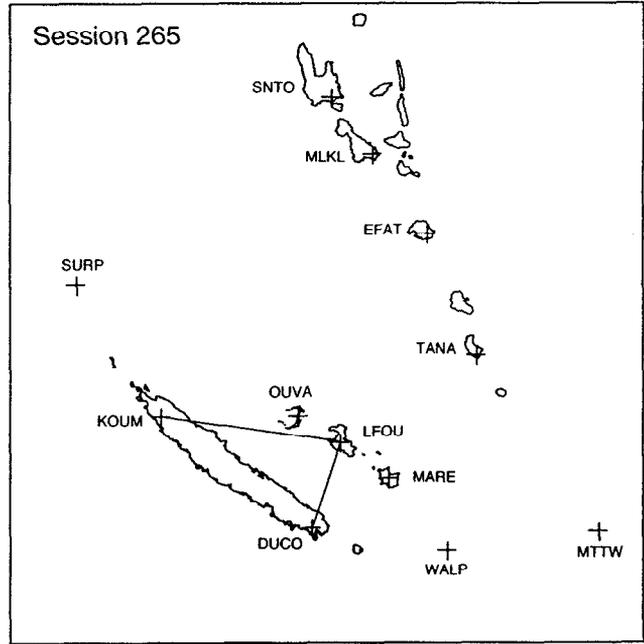
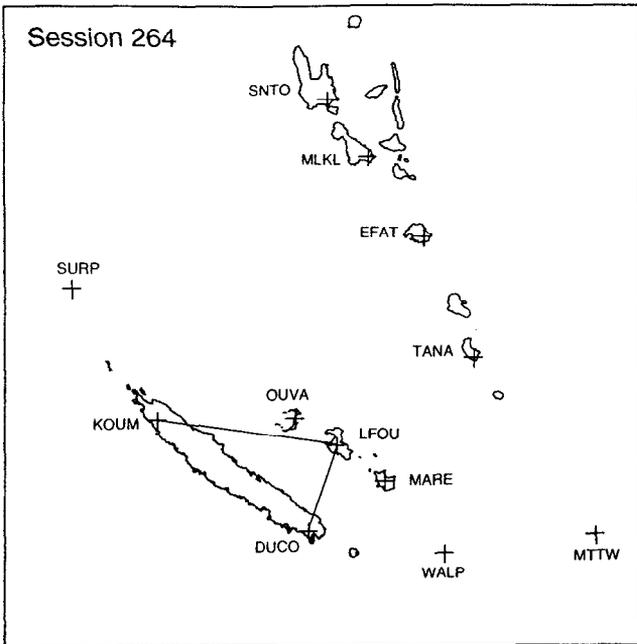
Campagne Juillet 1994



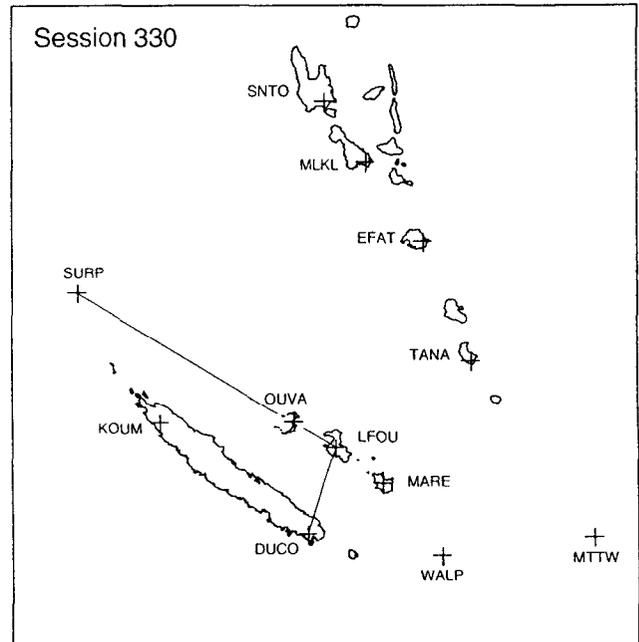
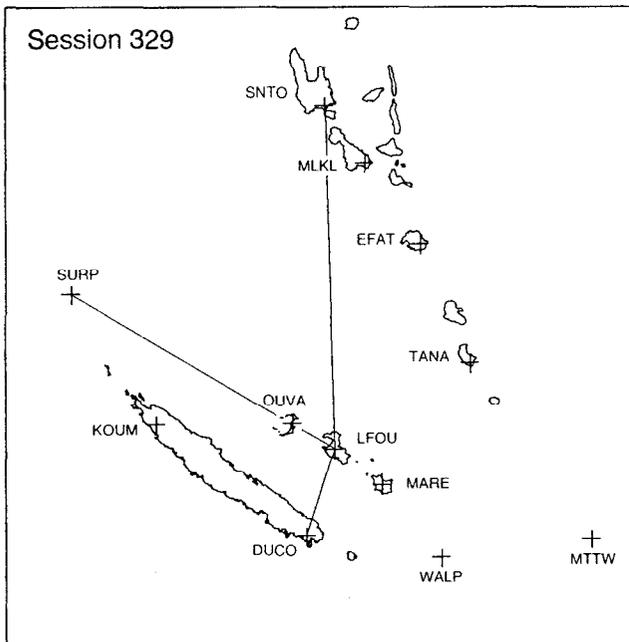
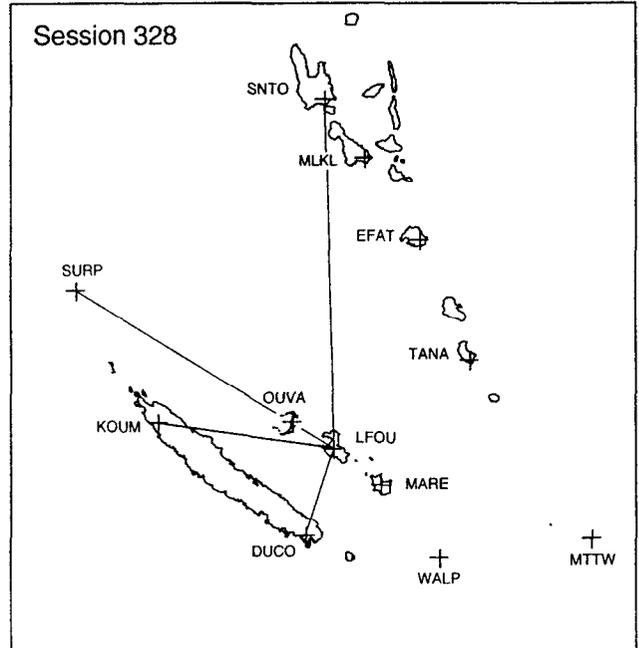
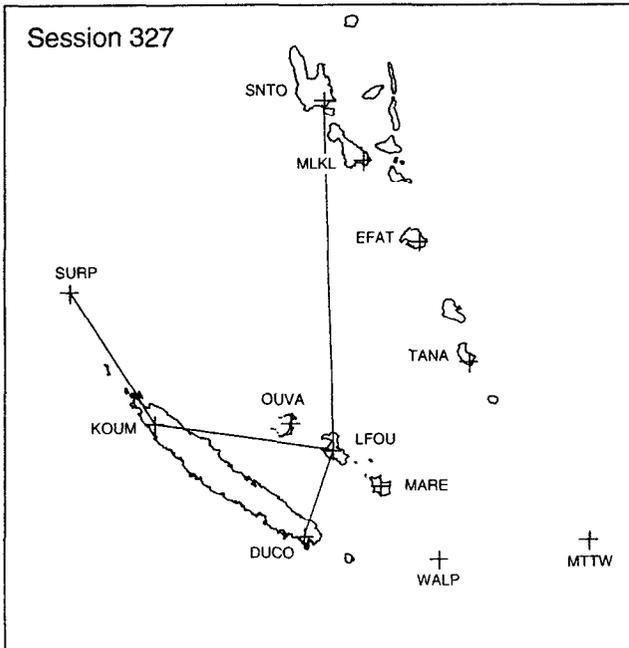
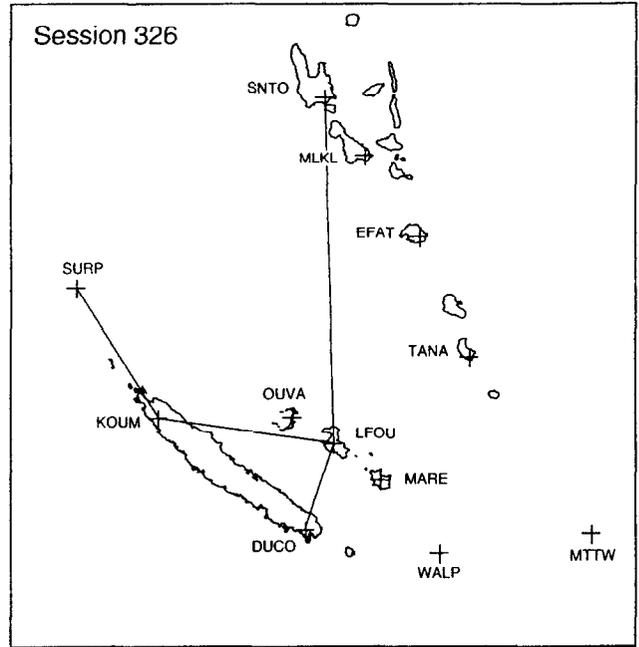
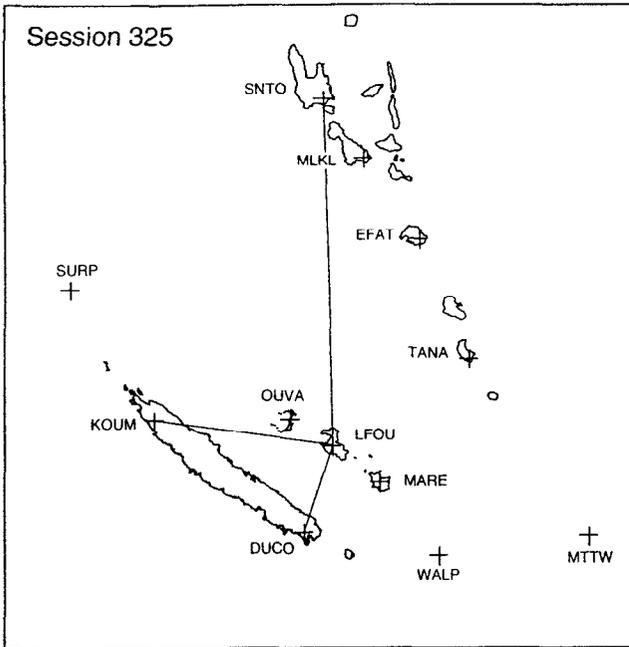
Campagne Juillet 1994



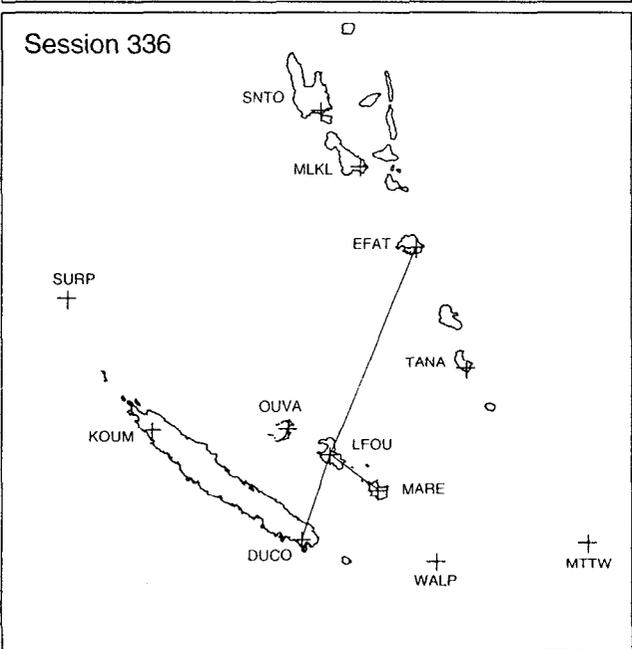
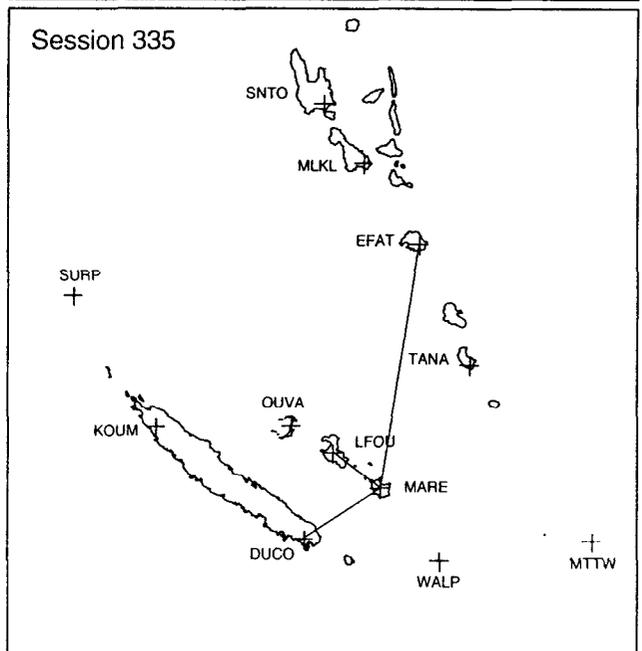
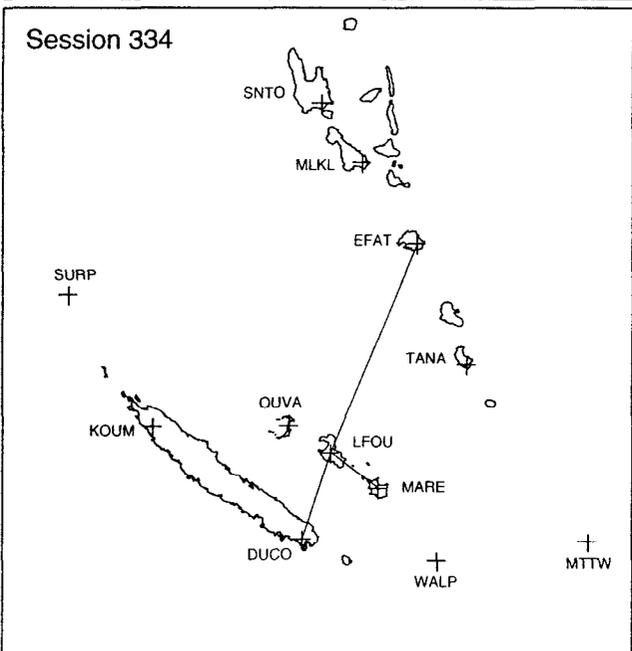
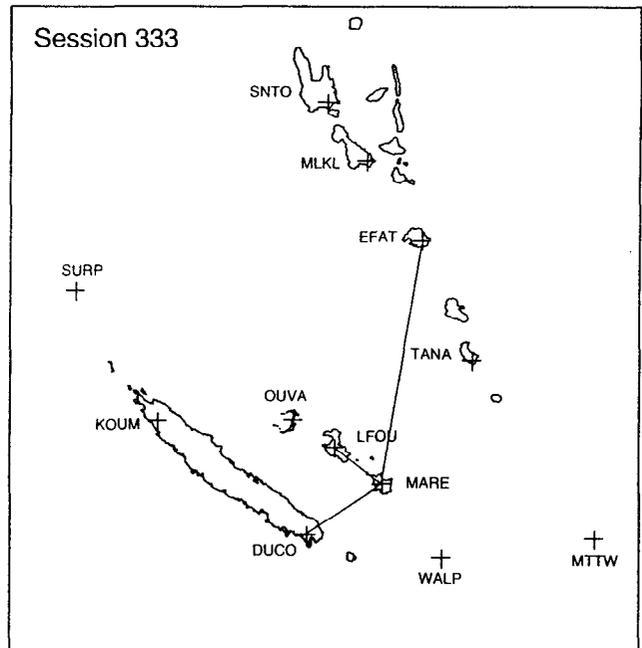
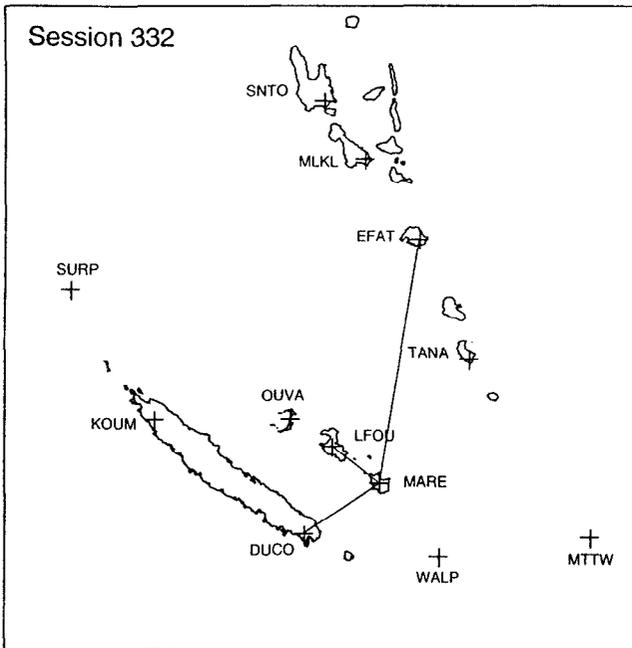
Campagne Septembre 1994



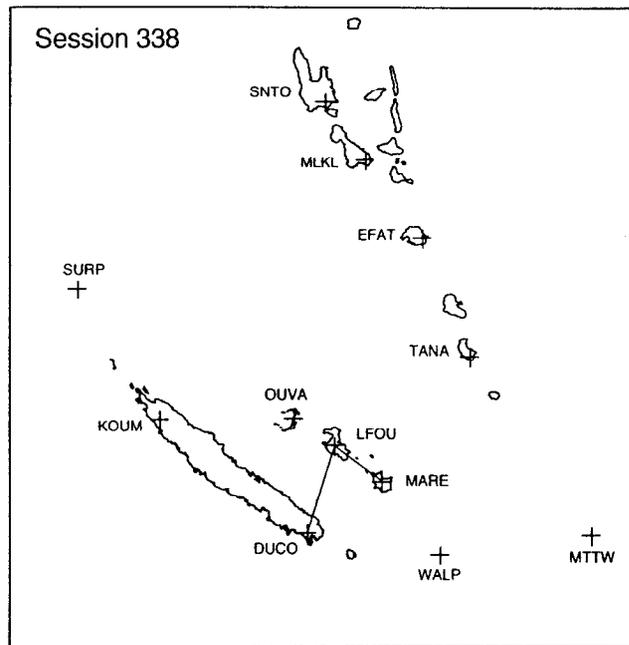
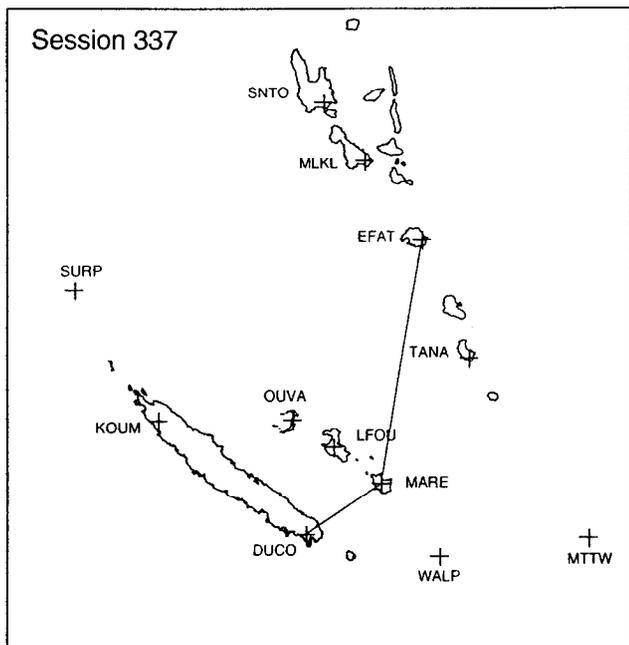
Campagne Novembre 1994



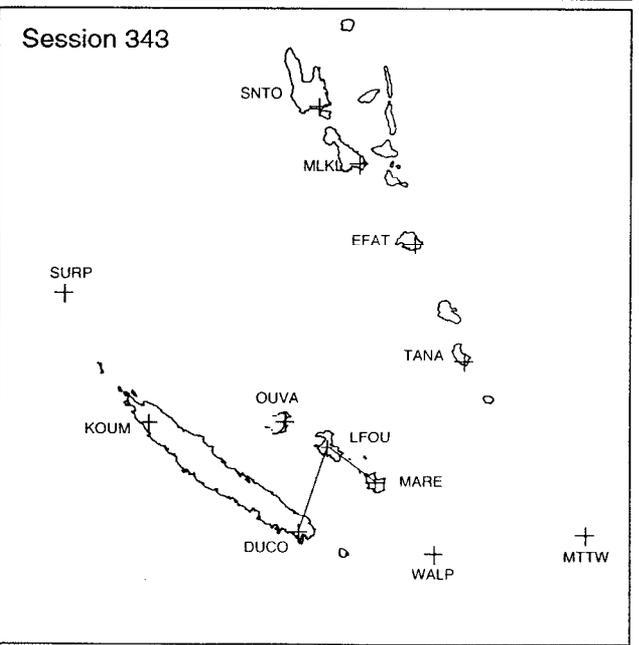
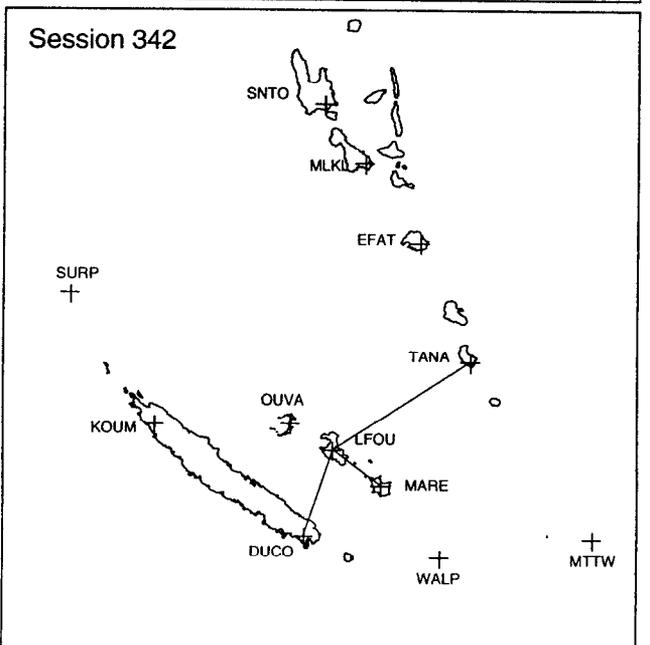
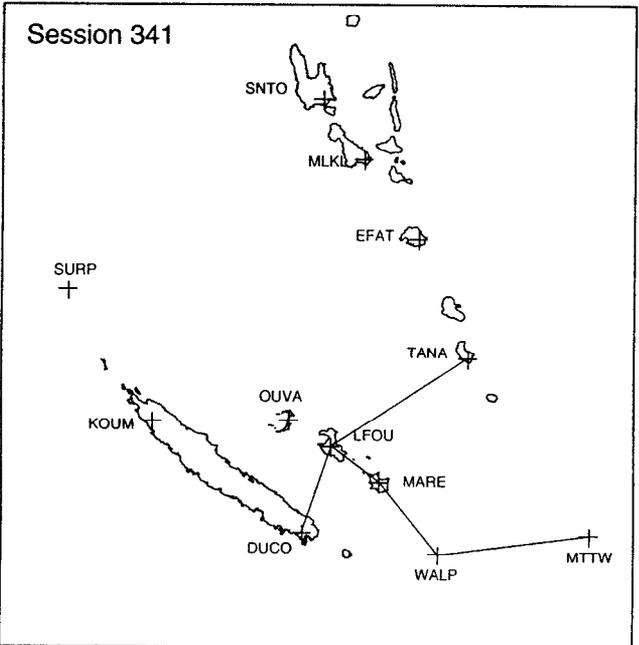
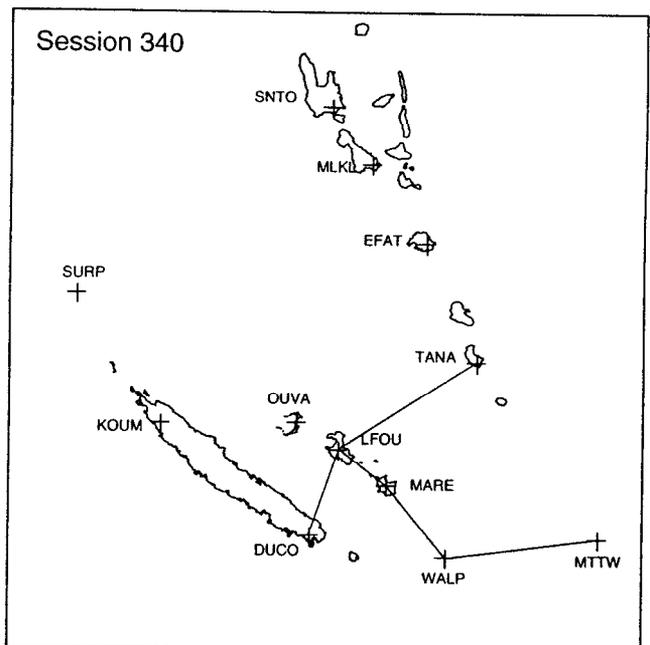
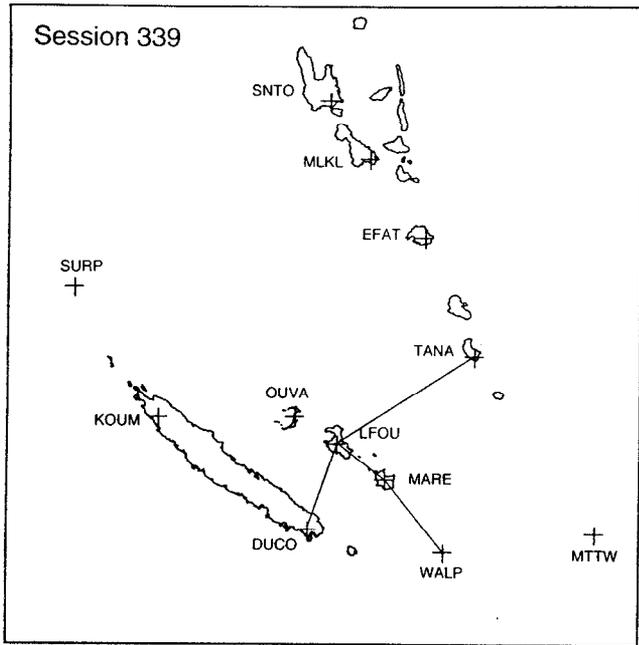
Campagne Novembre Décembre 1994



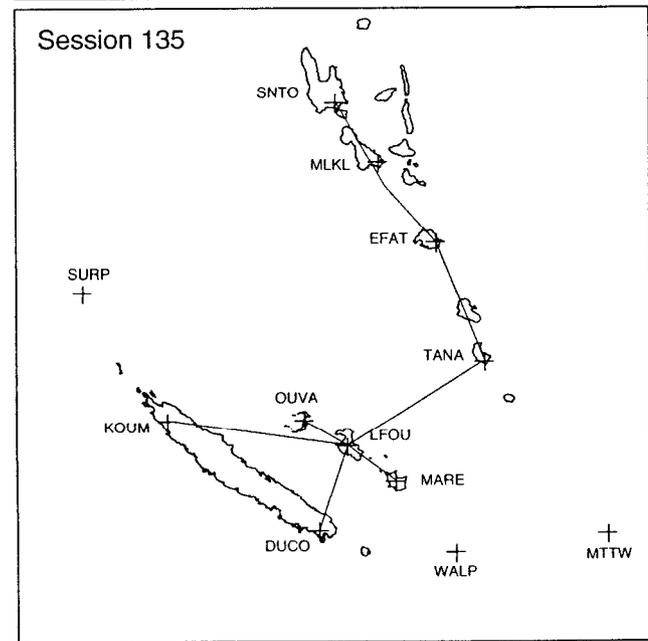
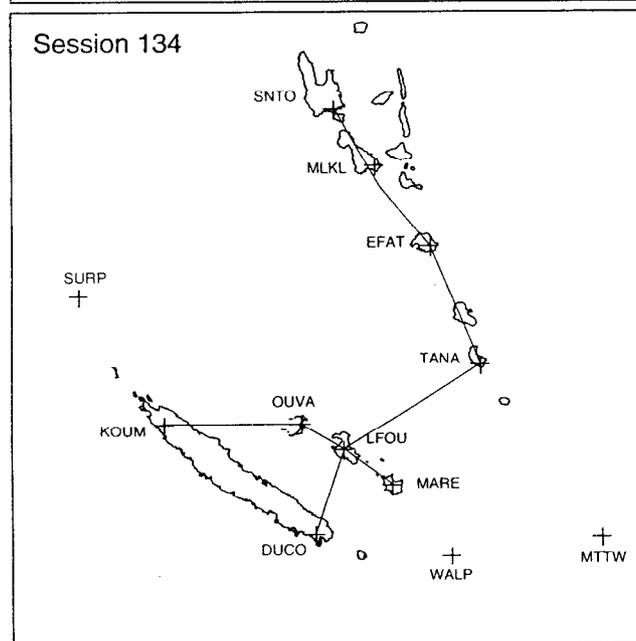
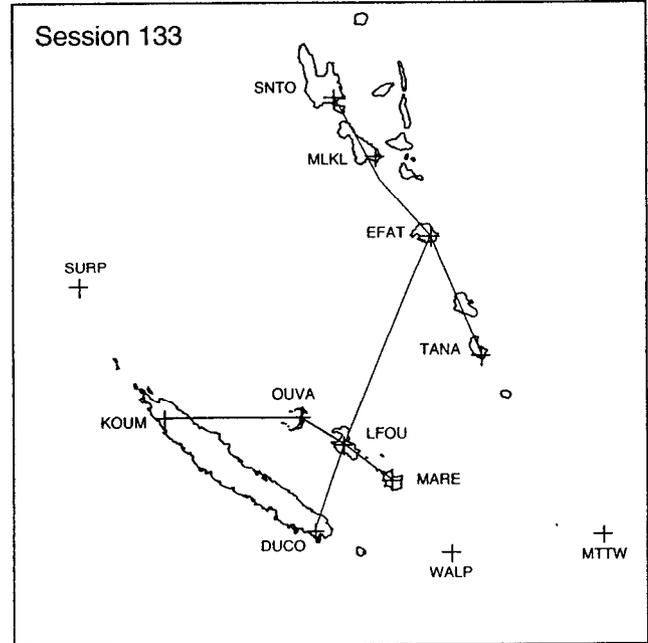
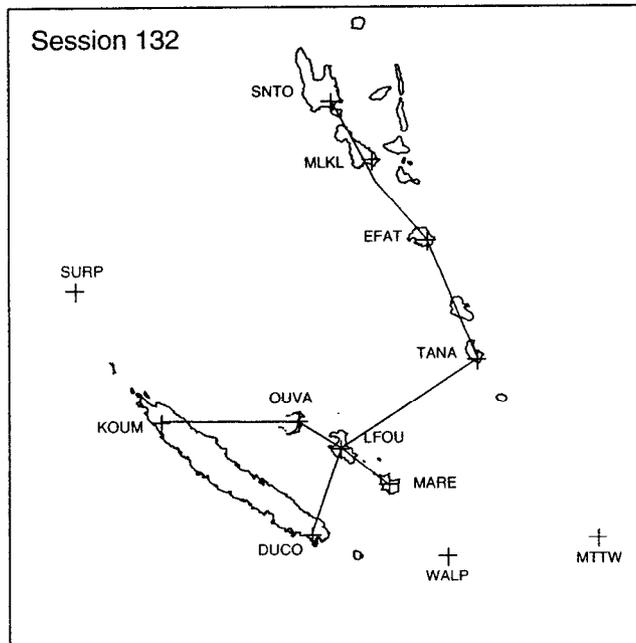
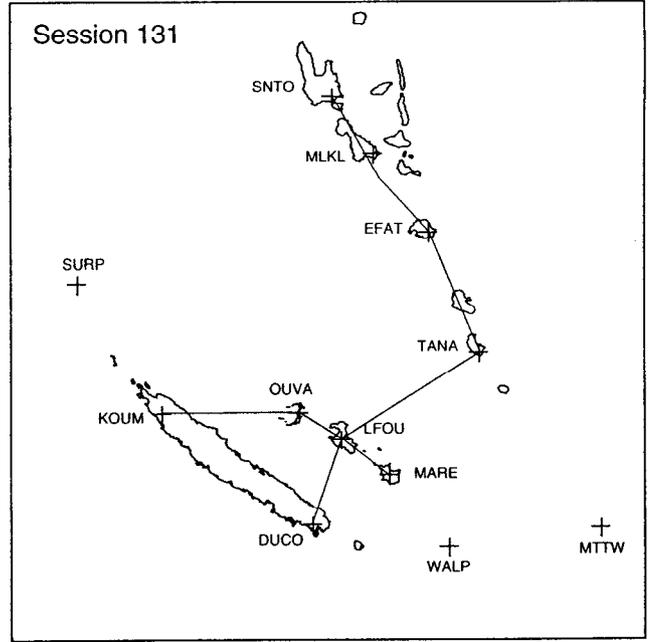
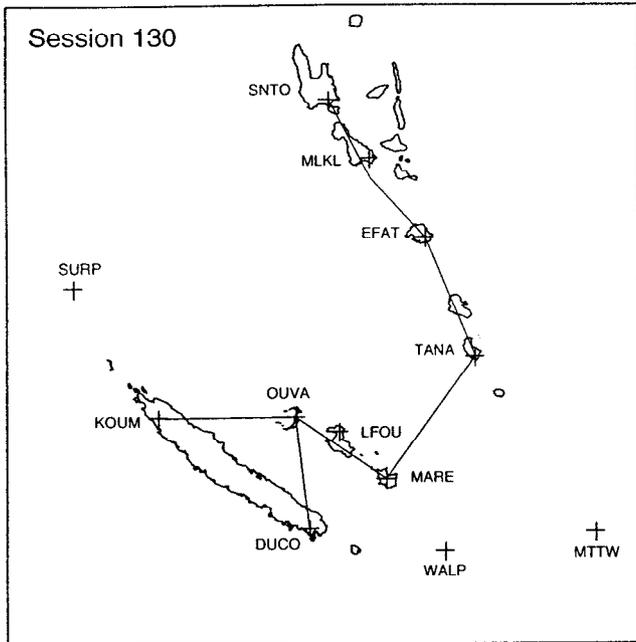
Campagne Novembre Décembre 1994



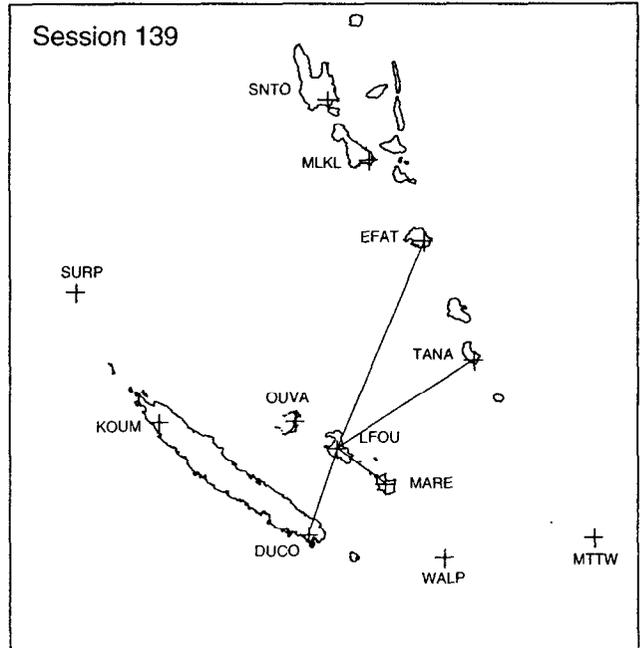
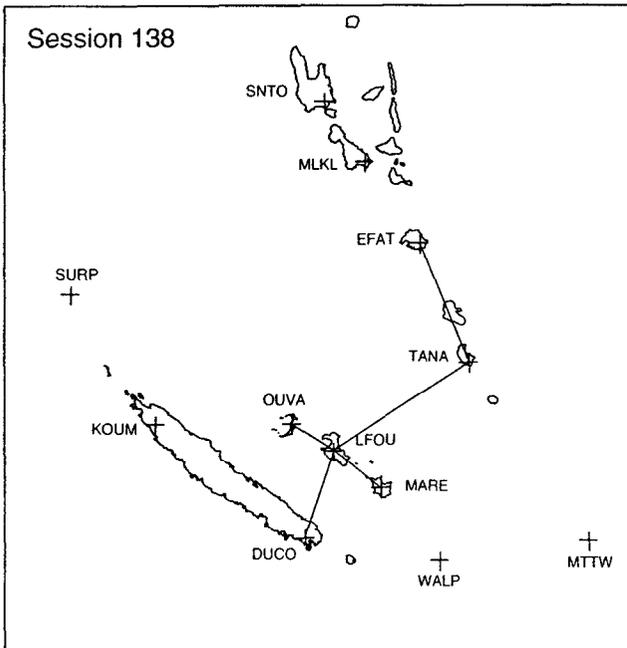
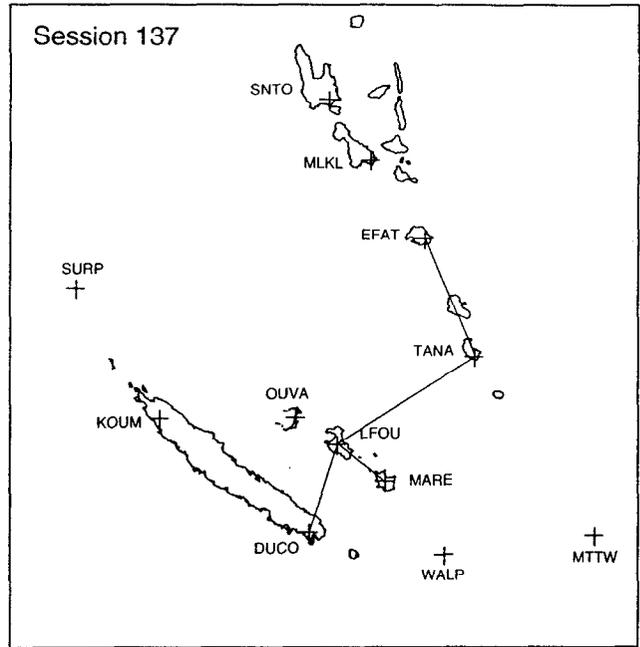
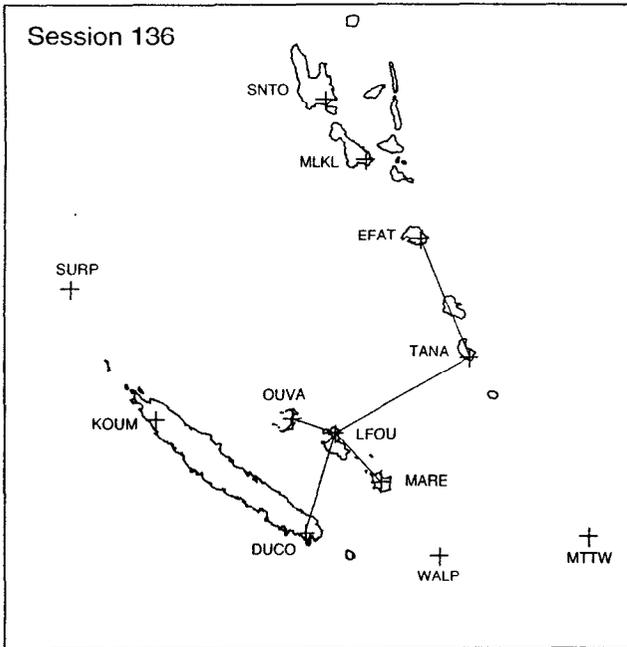
Campagne Décembre 1994



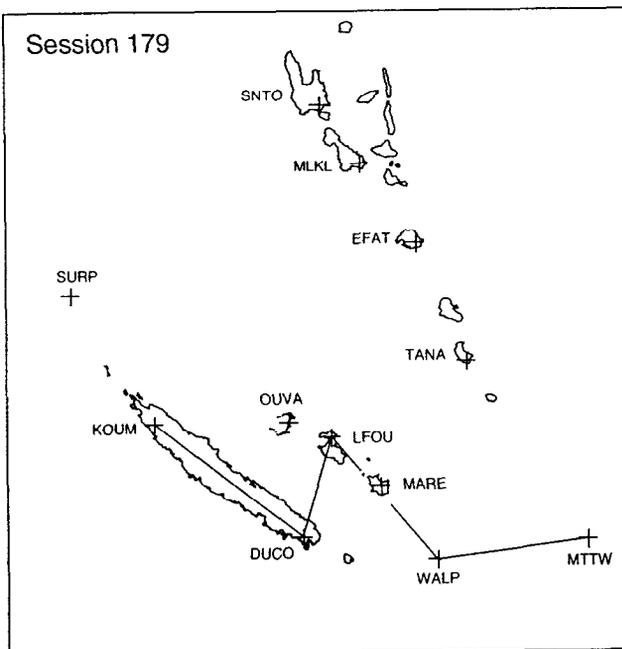
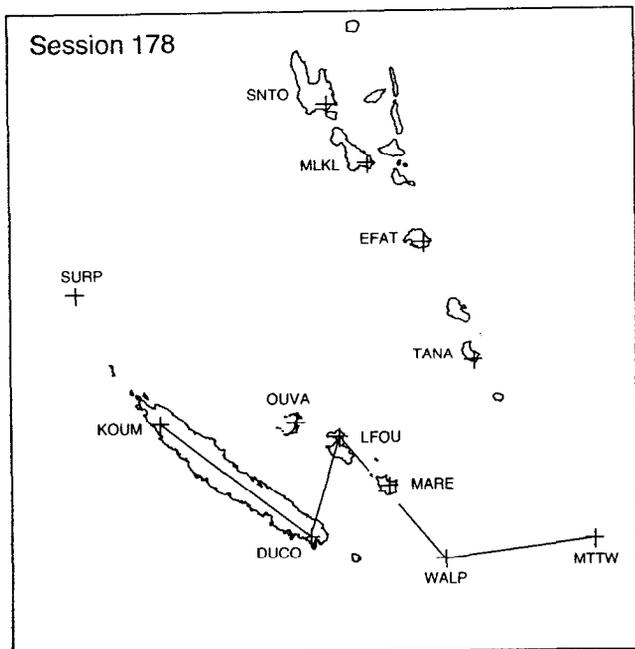
Campagne Mai 1995



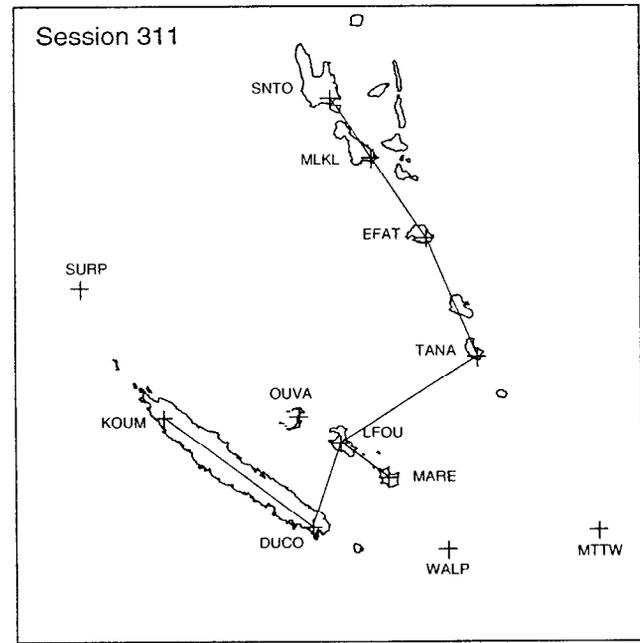
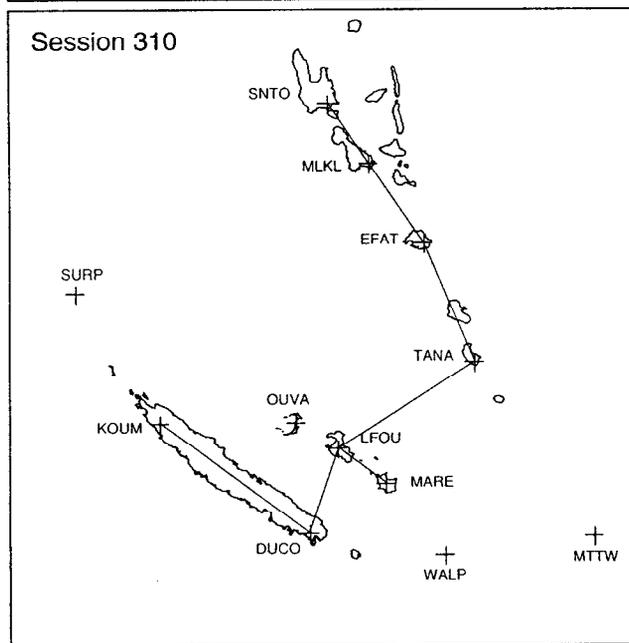
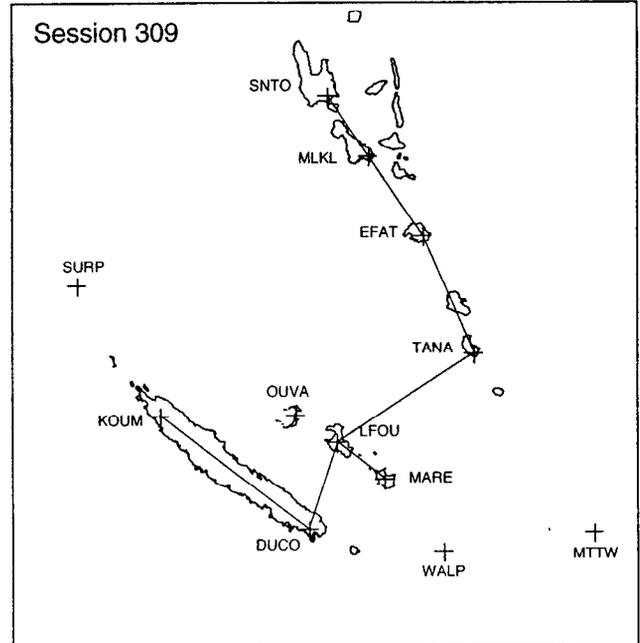
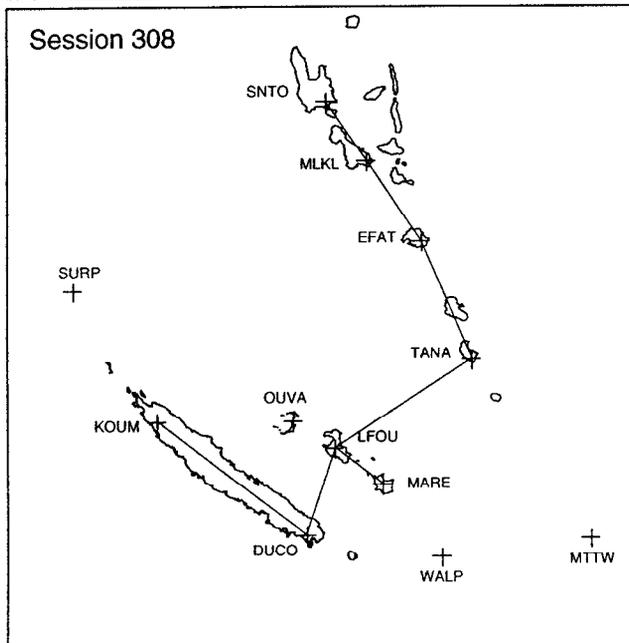
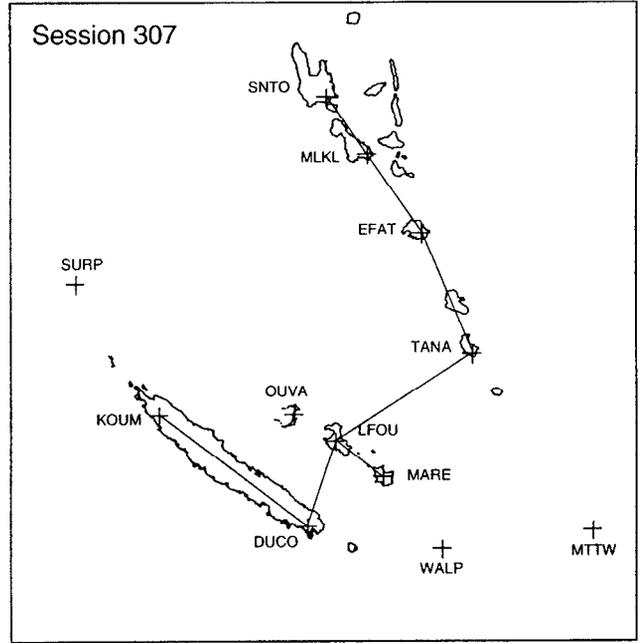
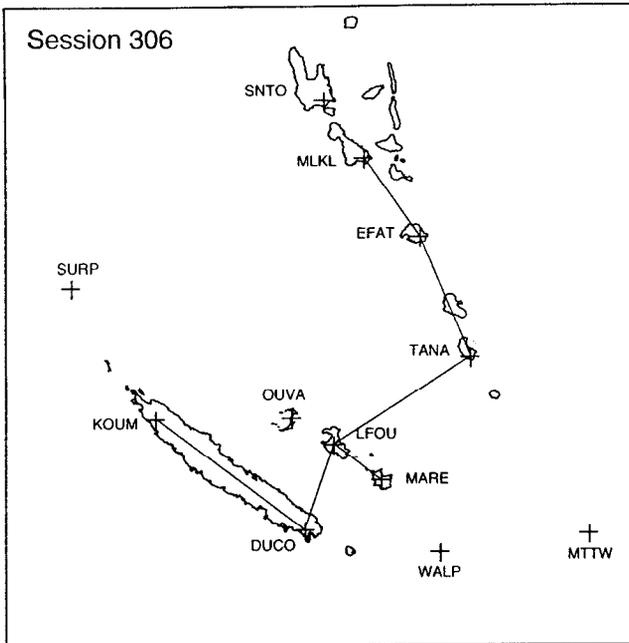
Campagne Mai 1995



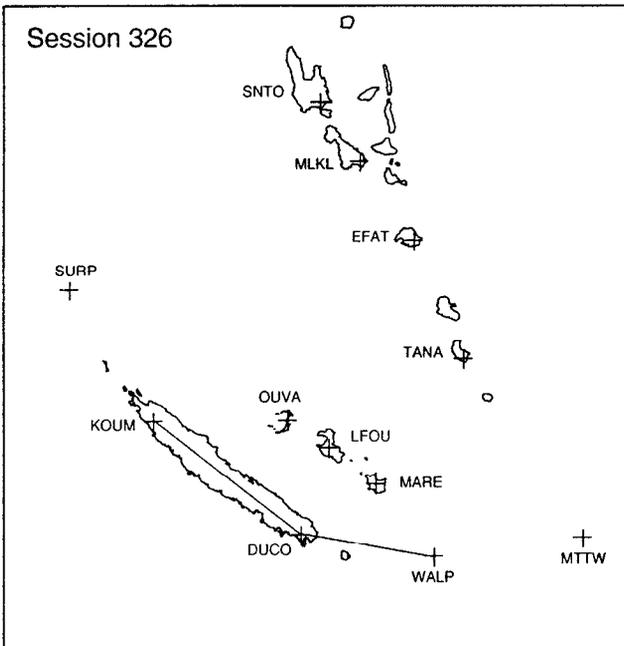
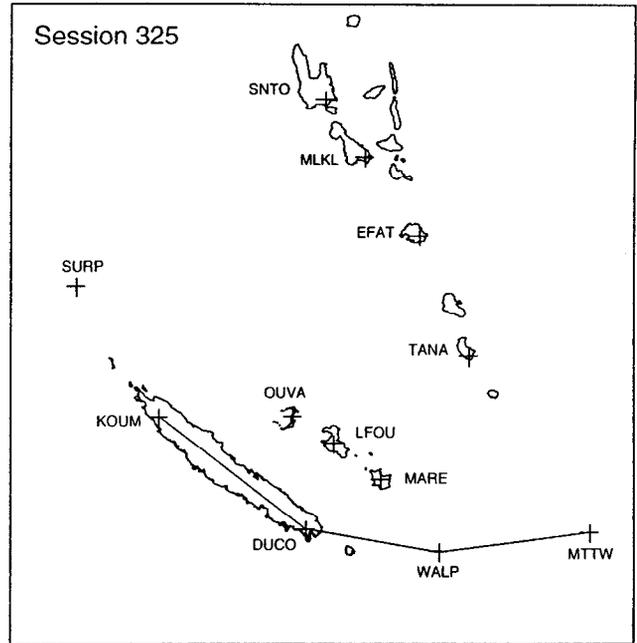
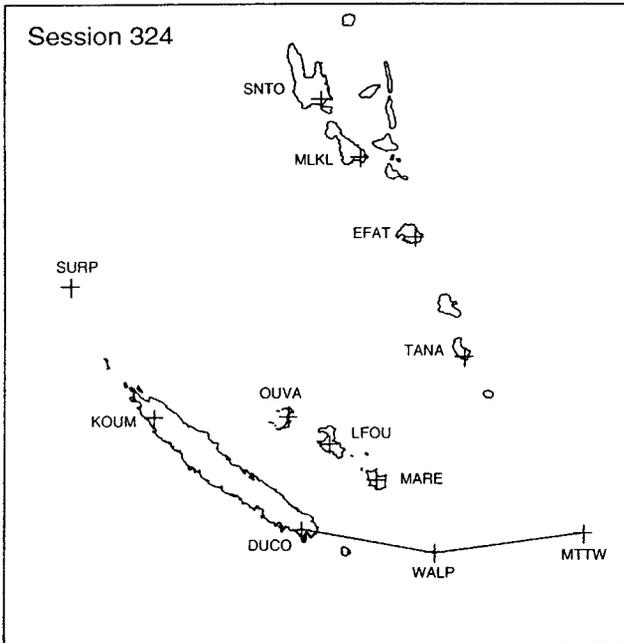
Campagne Juin 1995



Campagne Novembre 1995



Campagne Novembre 1995



Annexe 3

Résultats graphiques

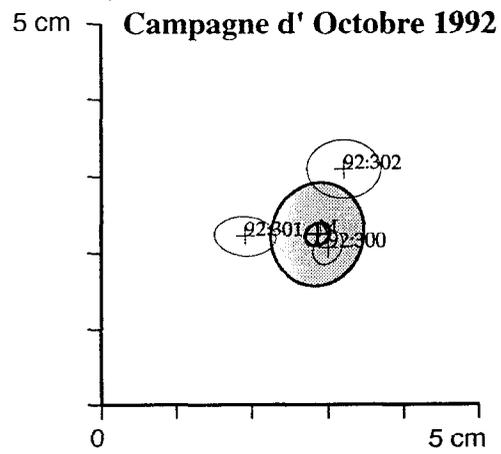
Les résultats présentés dans cet annexe sont issus des solutions réseau journalières calculées en ayant fixé comme site Lifou (LFOU). Ils sont présentés par site et par campagne.

Tous les croquis sont à l'échelle 1/1. Les ellipses tracées sont les ellipses à posteriori après normalisation par le χ^2 global de la dispersion des résultats considérés autour d'une solution de référence (moyenne pondérée sur les solutions quotidiennes).

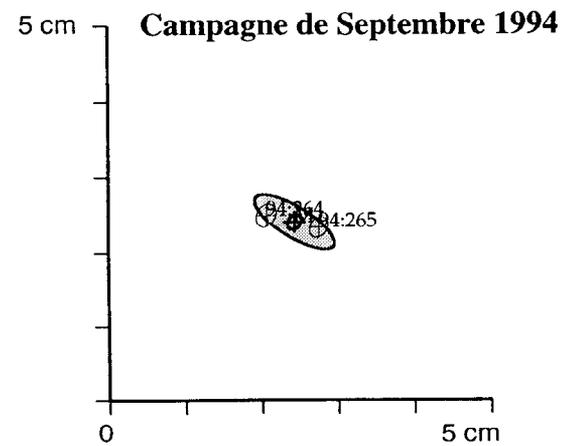
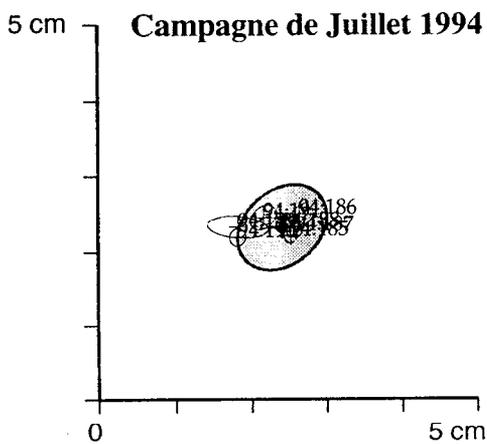
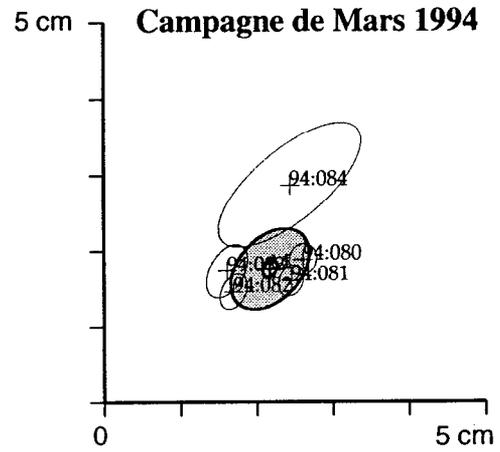
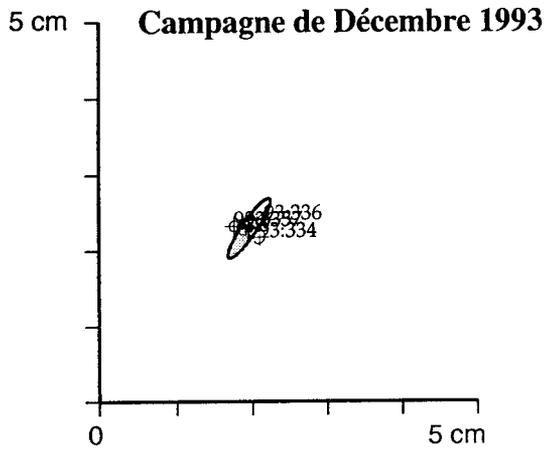
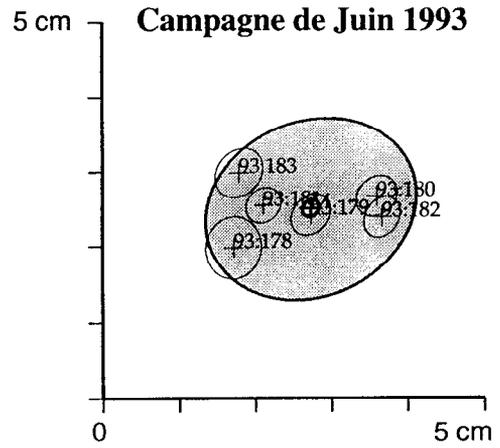
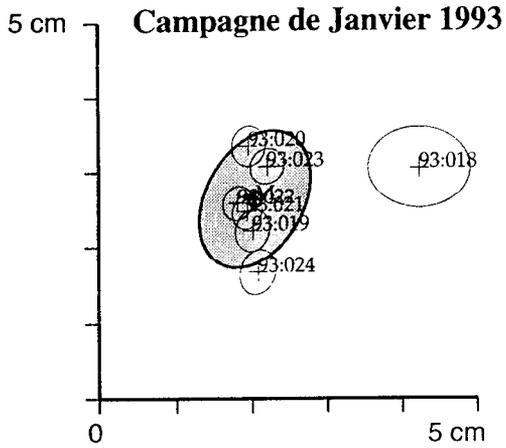
Sites :

Nouméa - Chaleix (CHAL)	3
Nouméa - Ducos (DUCO)	4
Koumac (KOUM)	6
Surprise (SURP)	8
Maré (MARE)	9
Ouvéa (OUVA)	11
Walpole (WALP)	12
Matthew (MTTW)	13
Santo IRHO (SNTO)	14
Mallicolo Sud (MLKL)	15
Efate - Eton (EFAT)	16
Tanna - Lenakel (TANA)	19

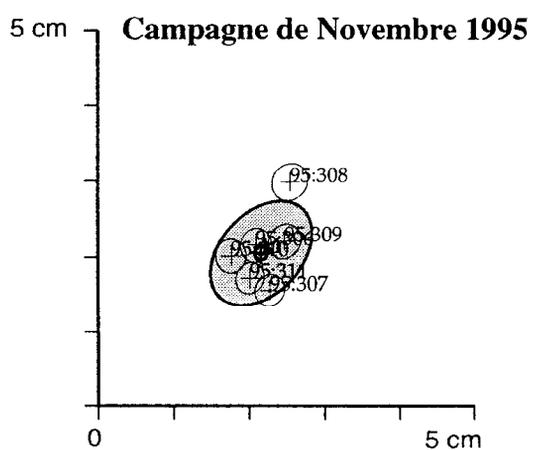
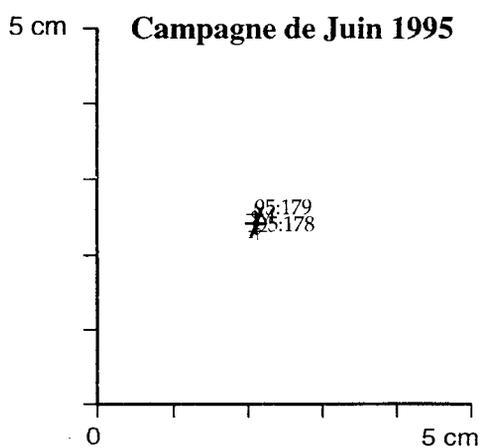
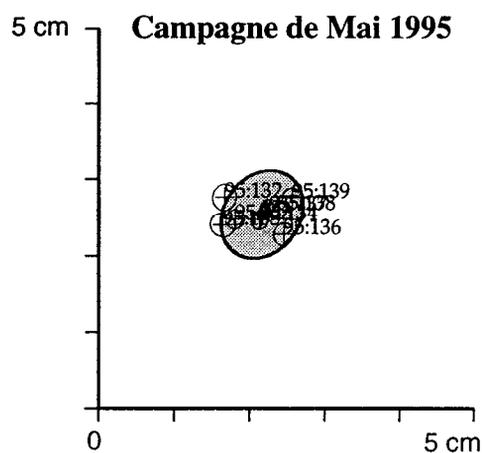
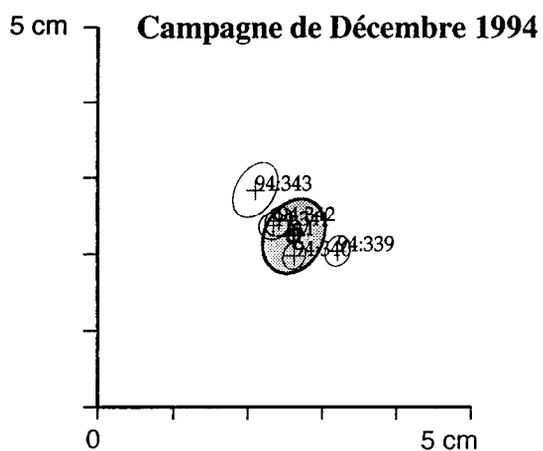
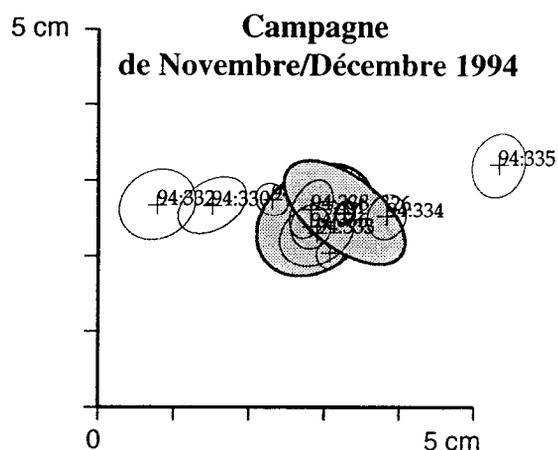
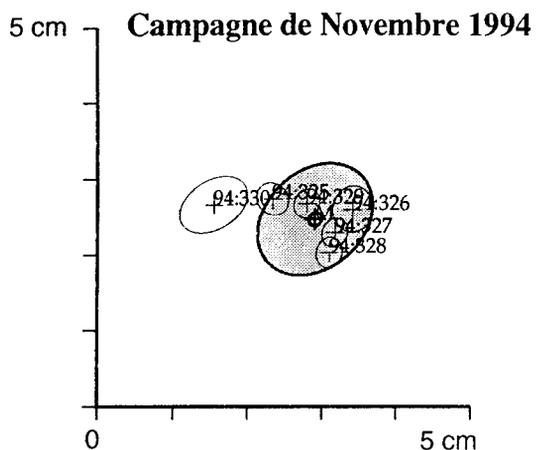
Nouméa - Chaleix (CHAL)



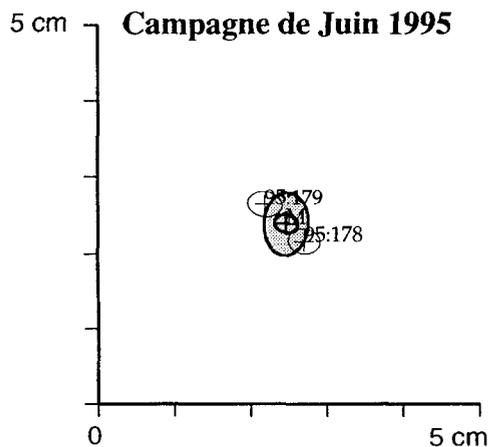
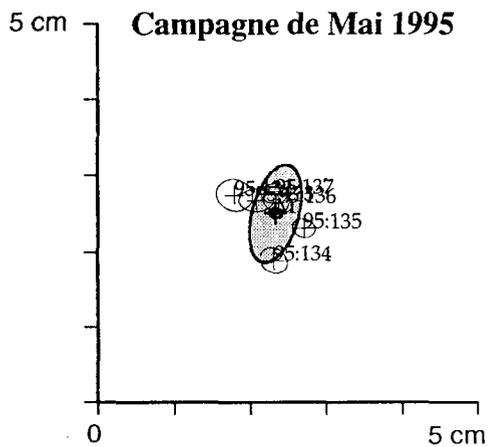
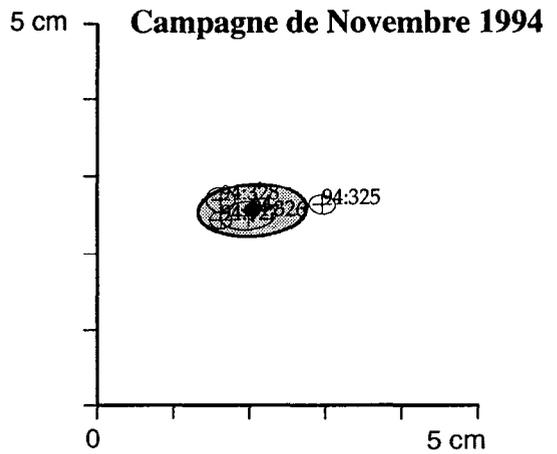
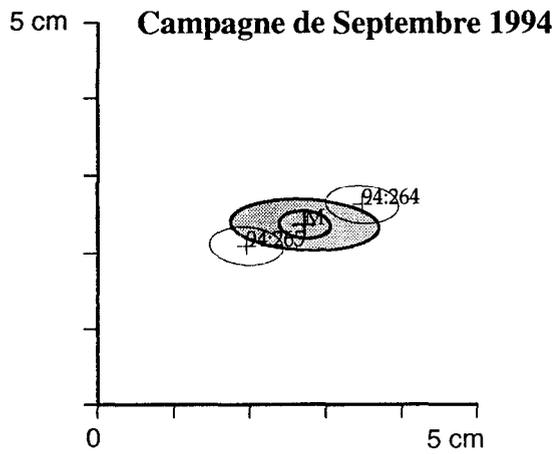
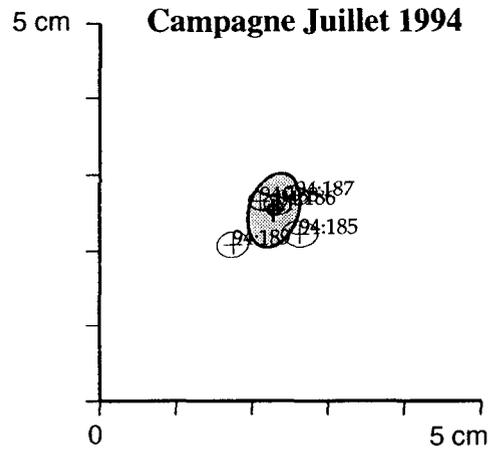
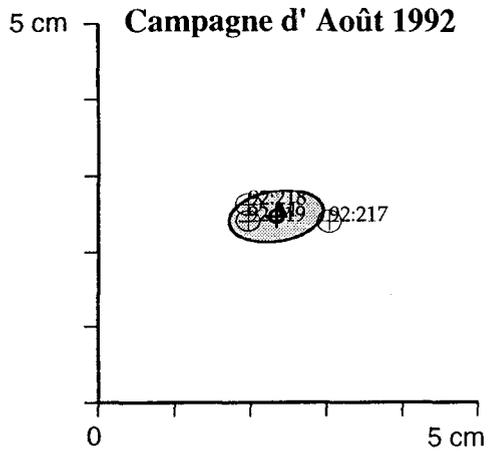
Nouméa Ducos (DUCO)



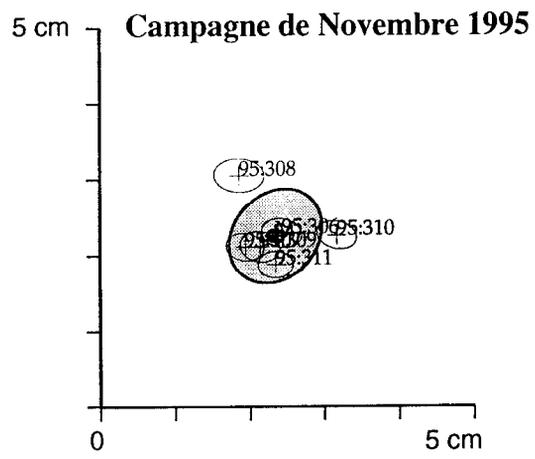
Nouméa Ducos (DUCO)



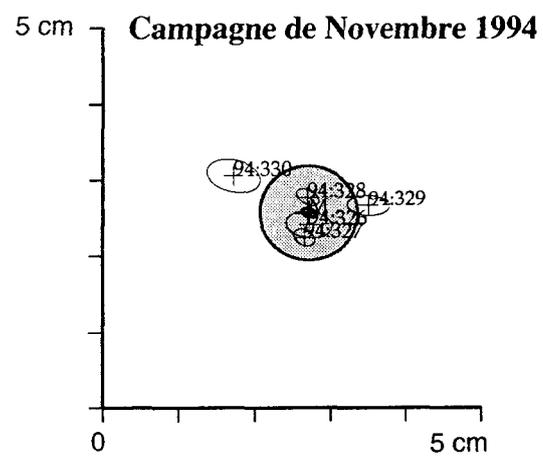
Koumac (KOUM)



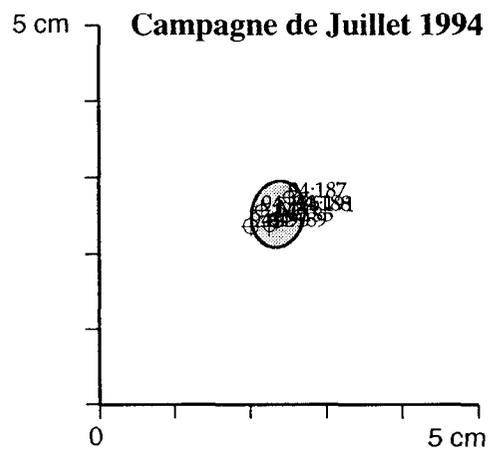
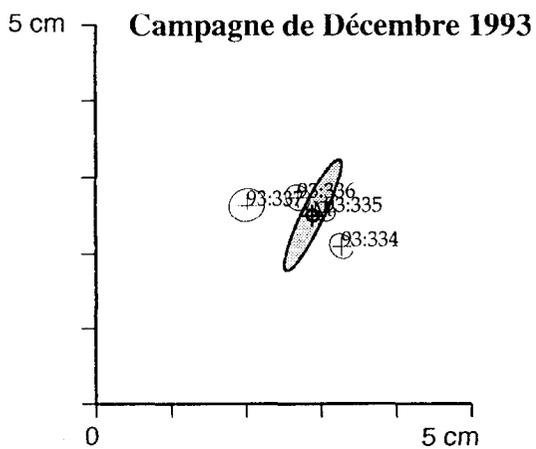
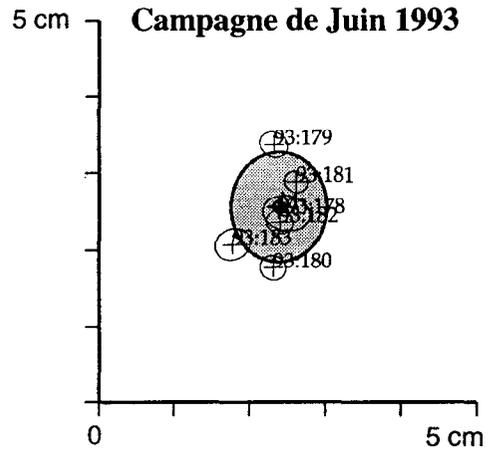
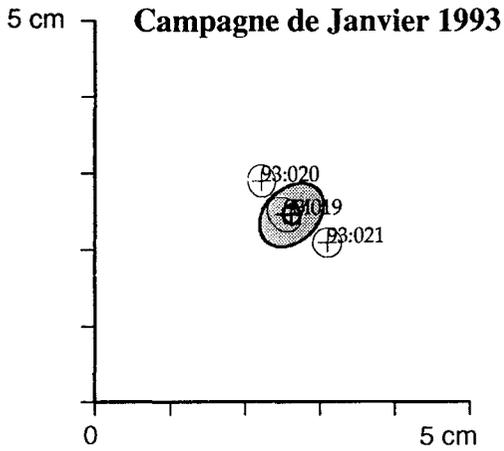
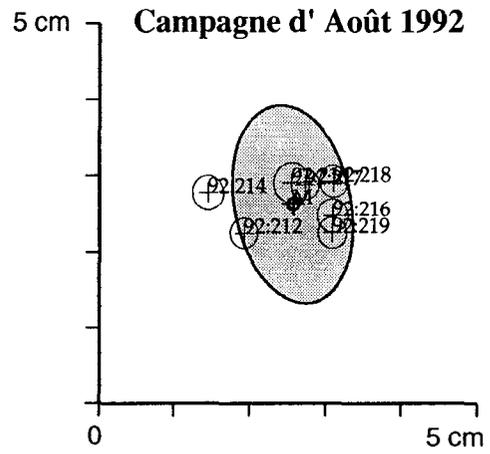
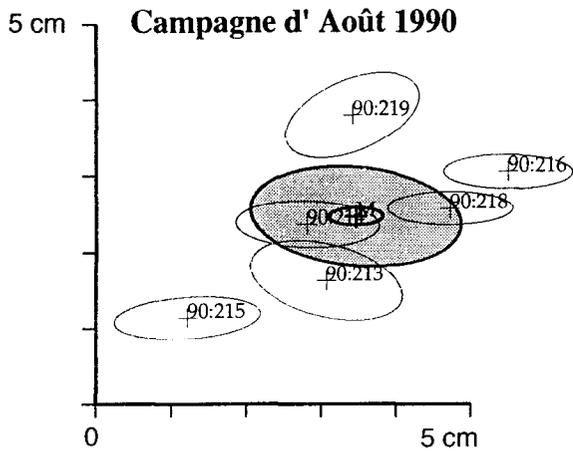
Koumac (KOUM)



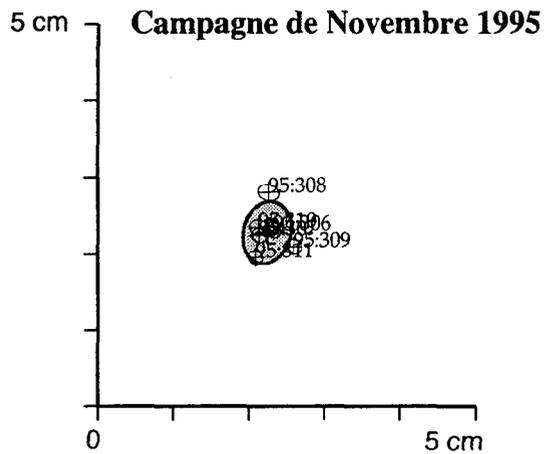
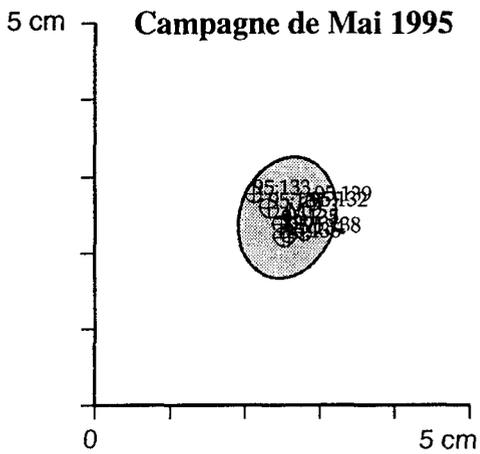
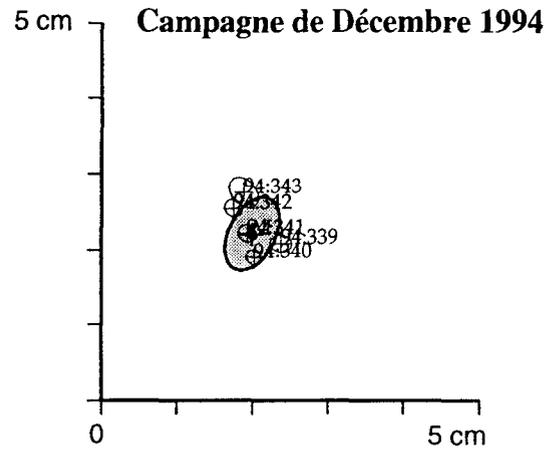
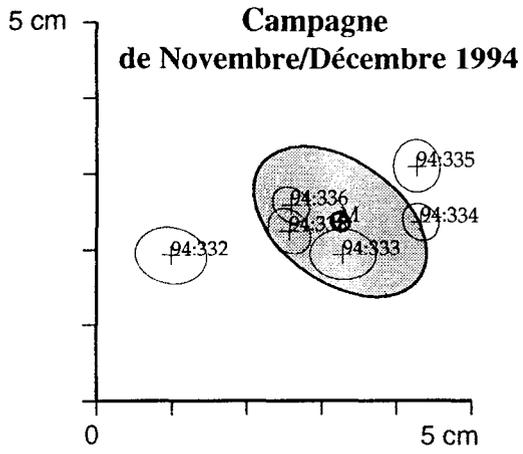
Surprise (SURP)



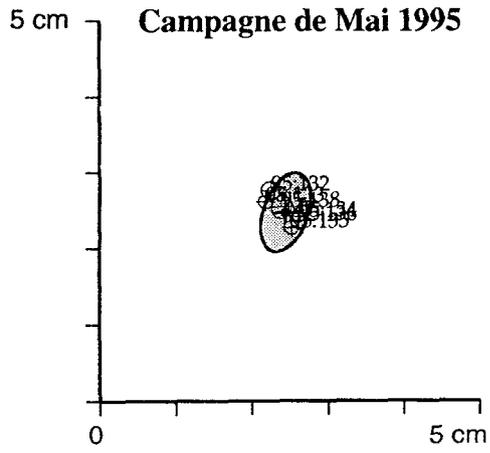
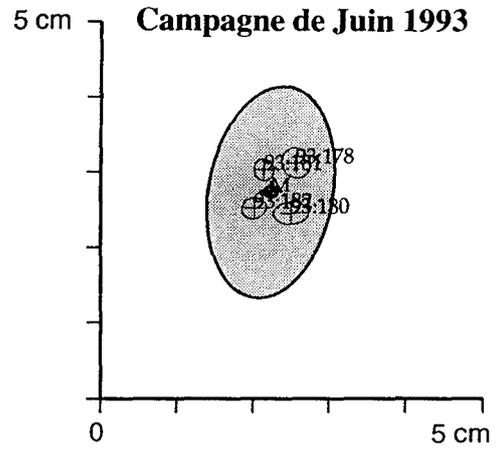
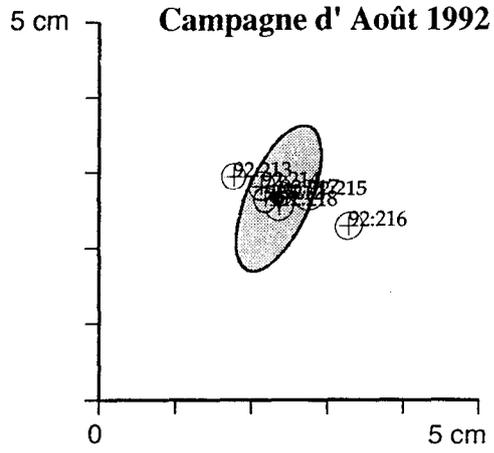
Maré (MARE)



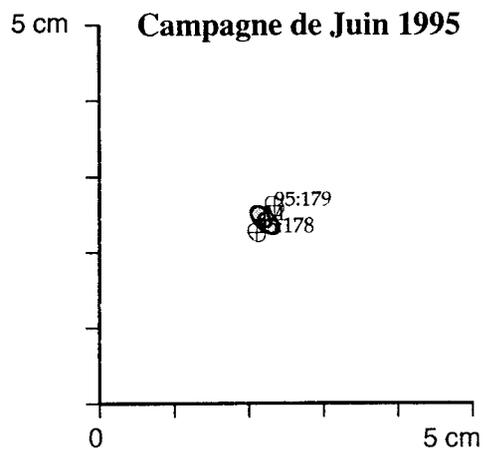
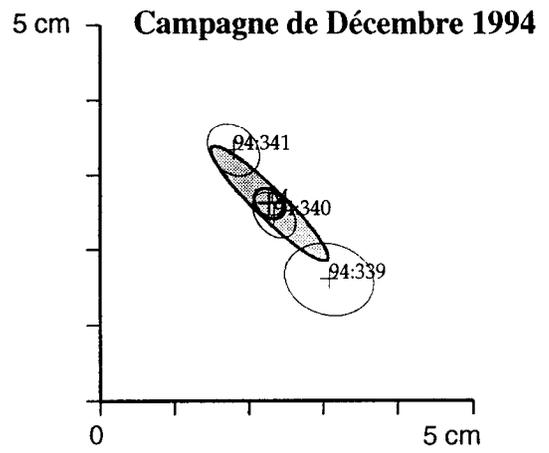
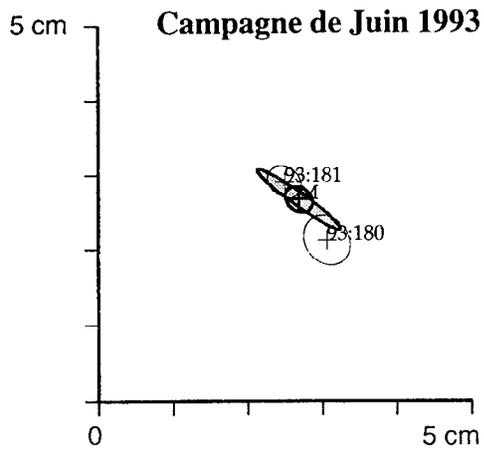
Maré (MARE)



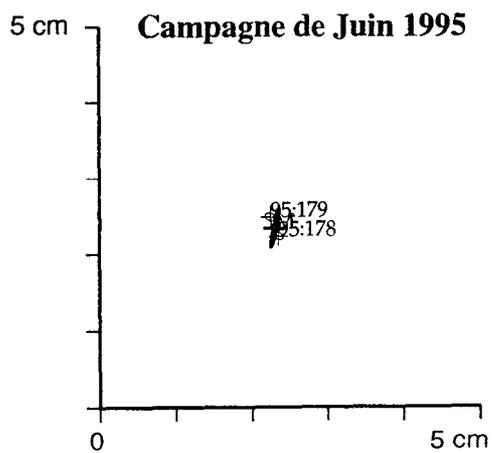
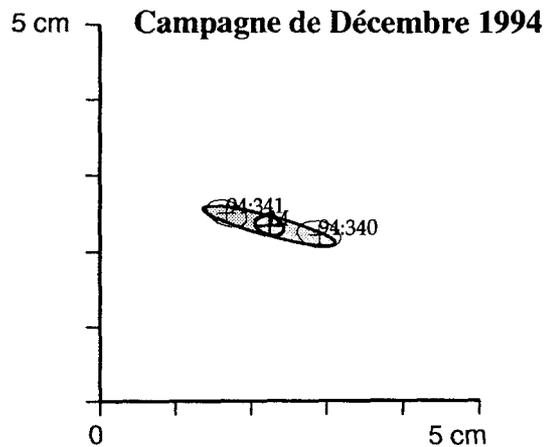
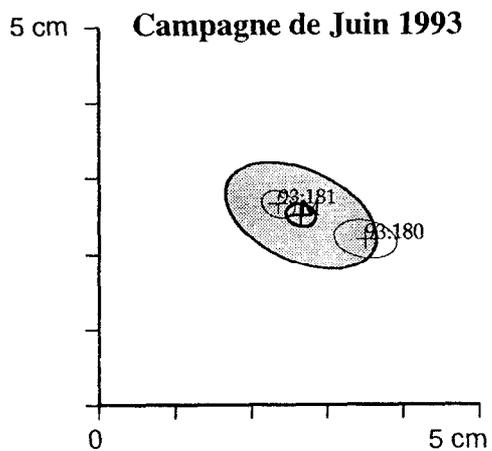
Ouvéa (OUVA)



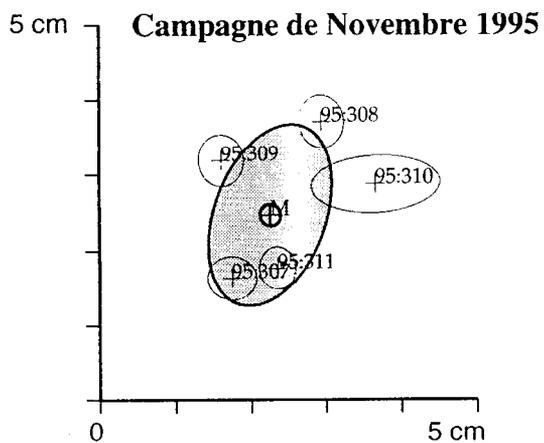
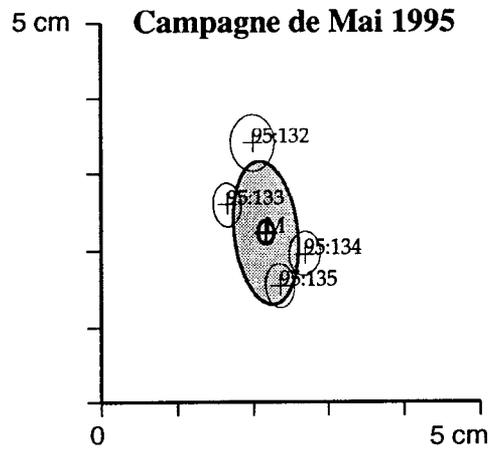
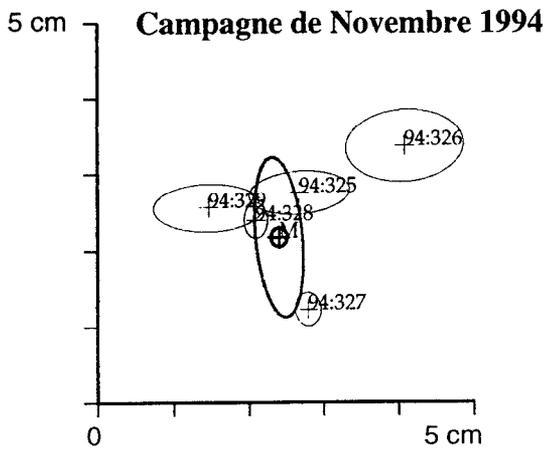
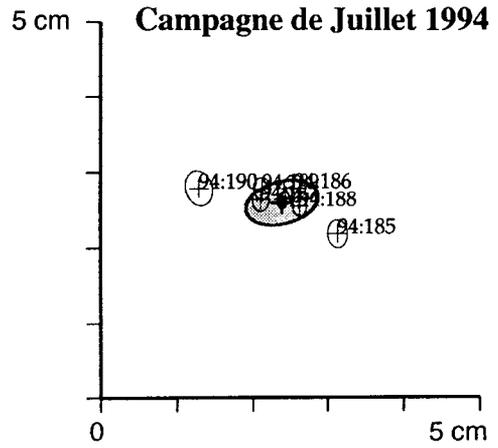
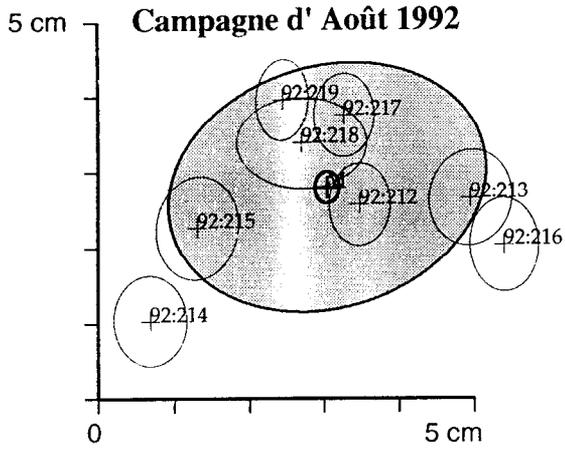
Walpole (WALP)



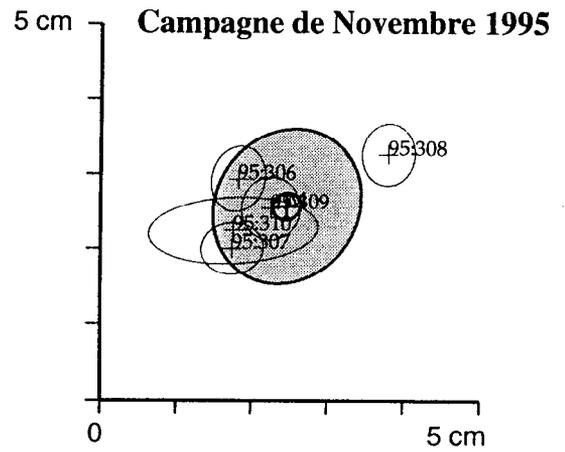
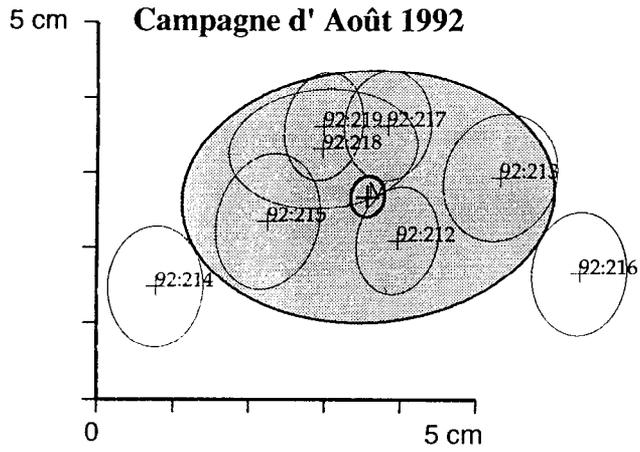
Matthew (MTTW)



Santo IRHO (SNTO)

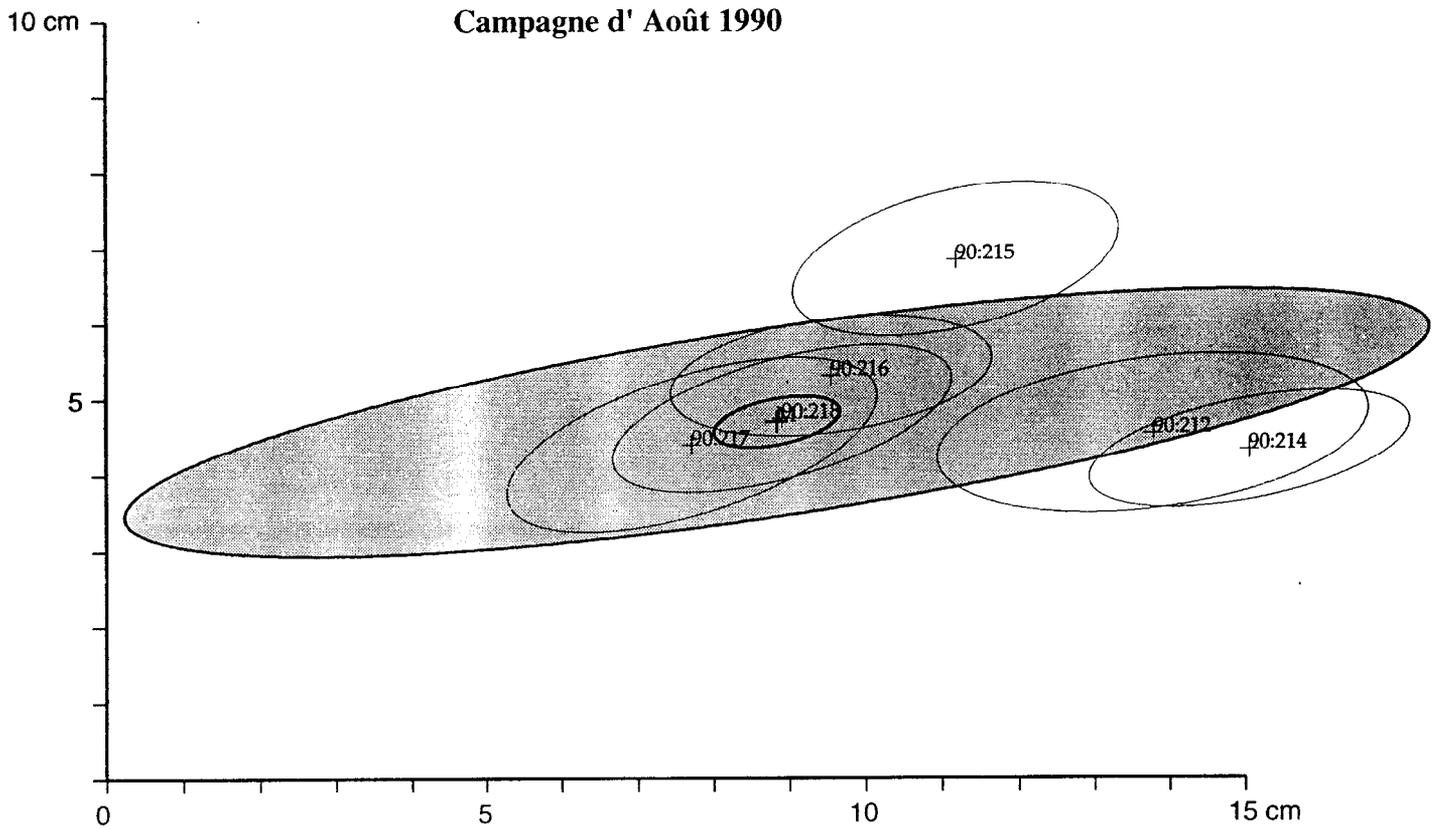


Mallicolo Sud (MLKL)

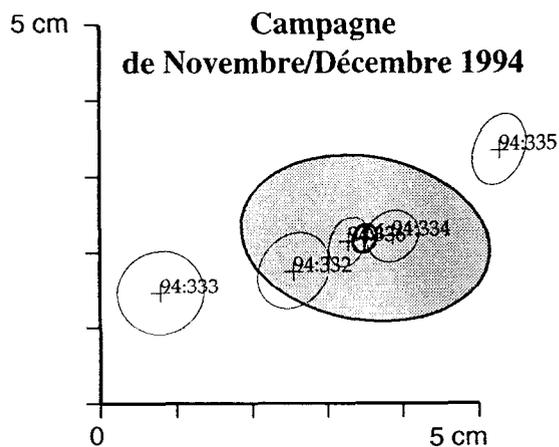
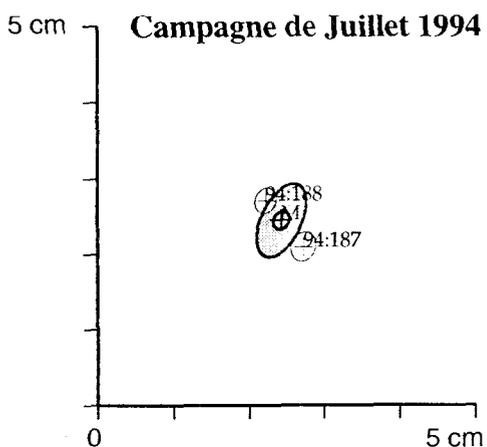
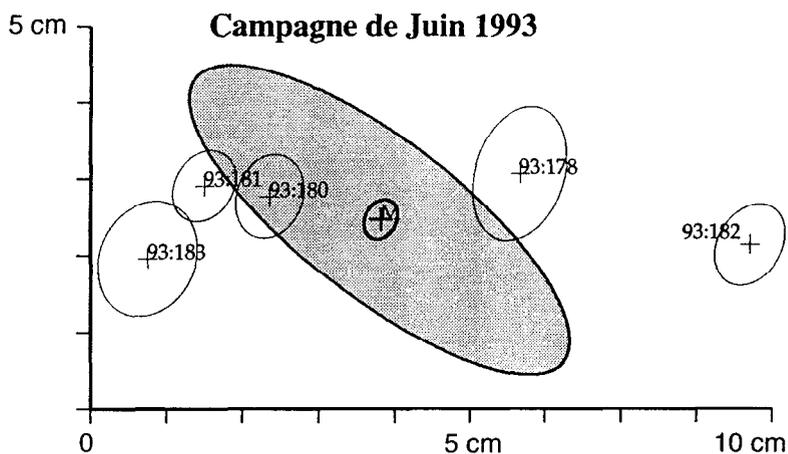
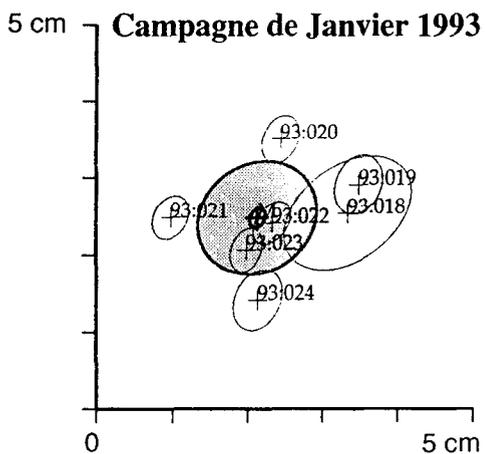
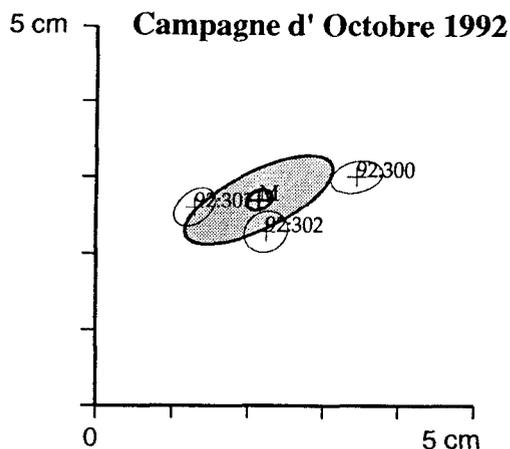
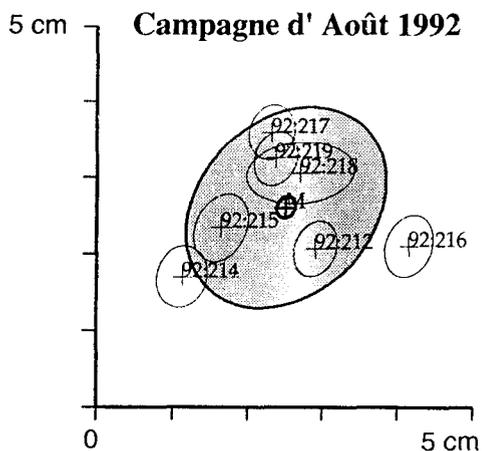


Efaté-Eton (EFAT)

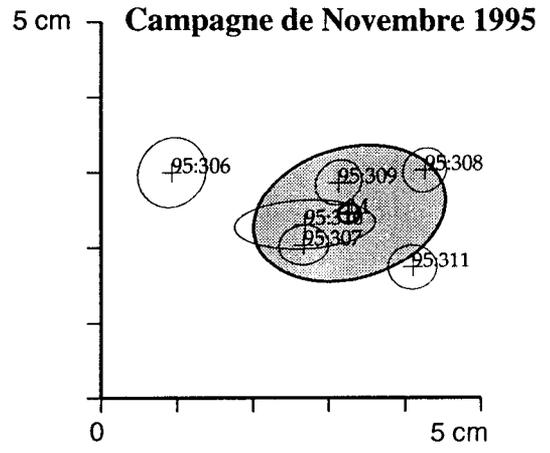
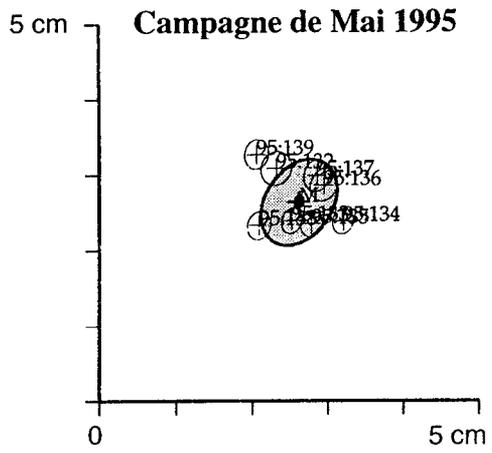
Campagne d' Août 1990



Efaté-Eton (EFAT)

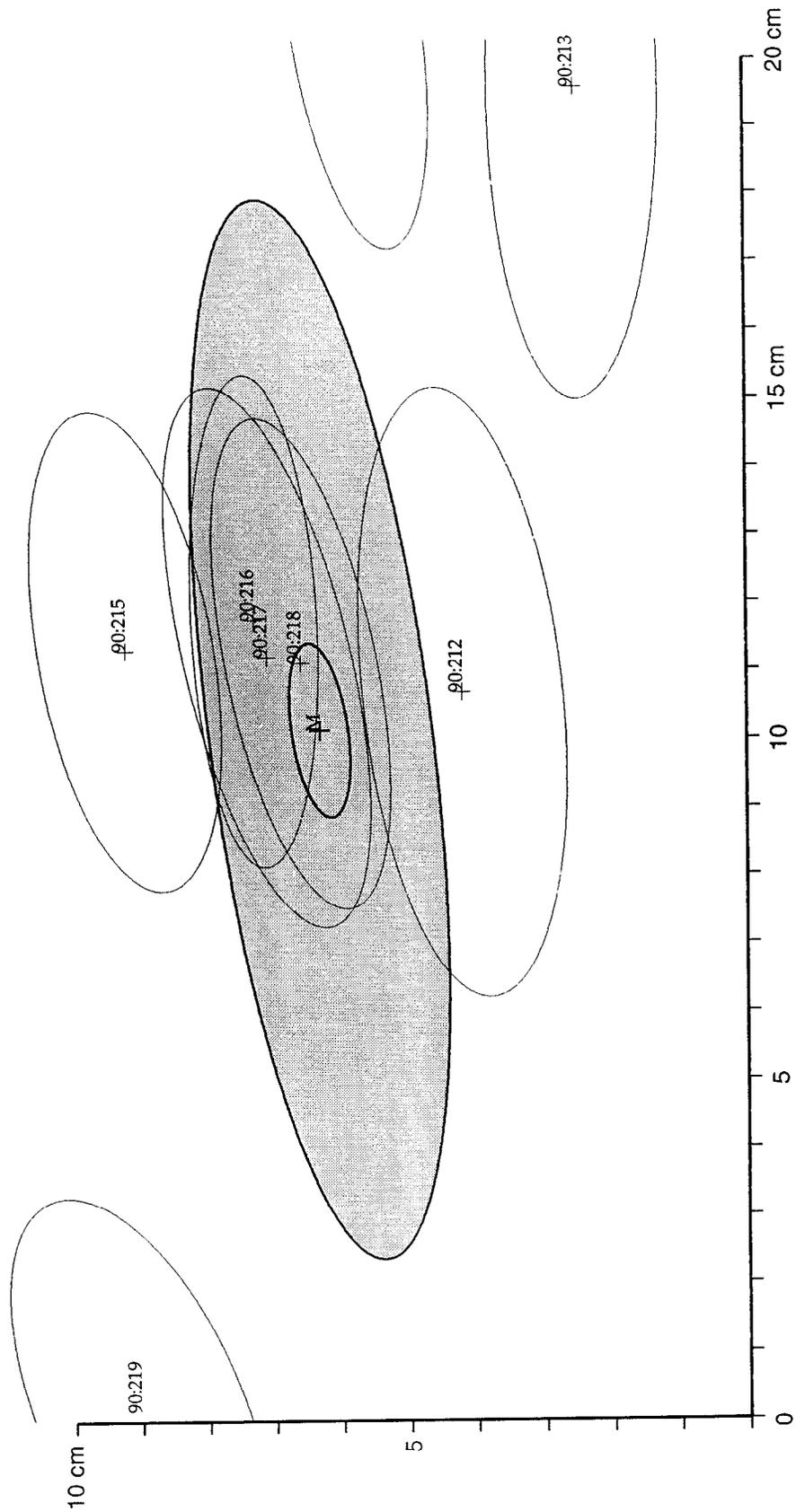


Efaté-Eton (EFAT)

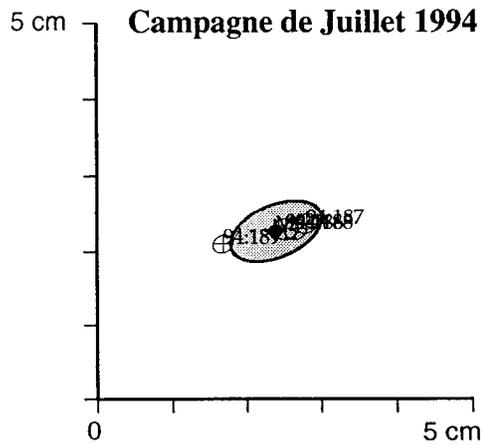
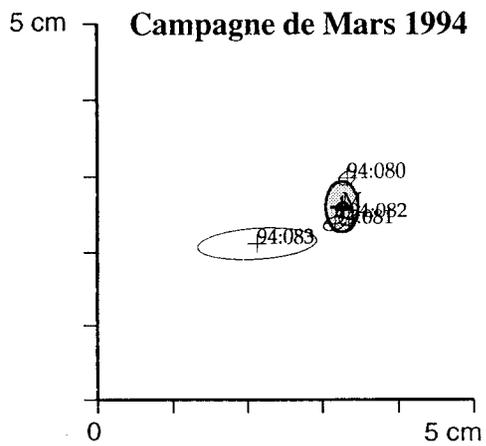
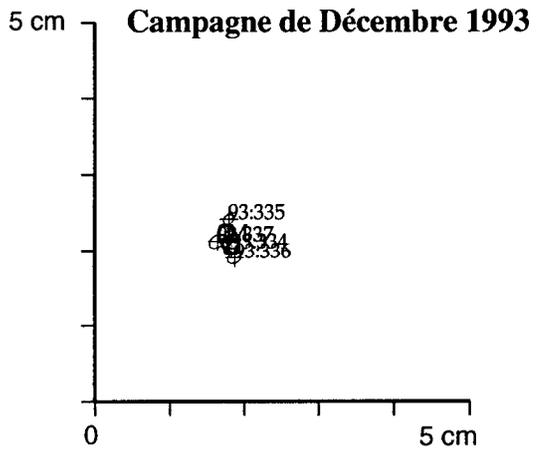
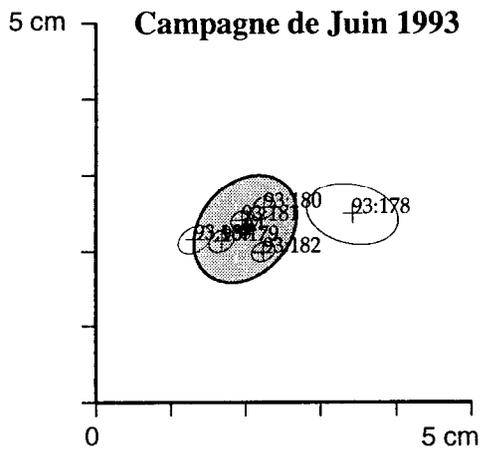
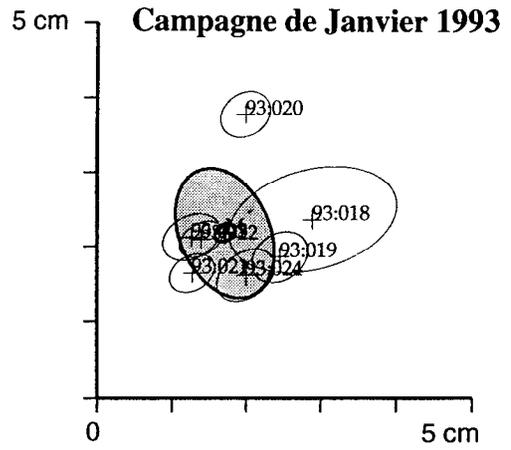
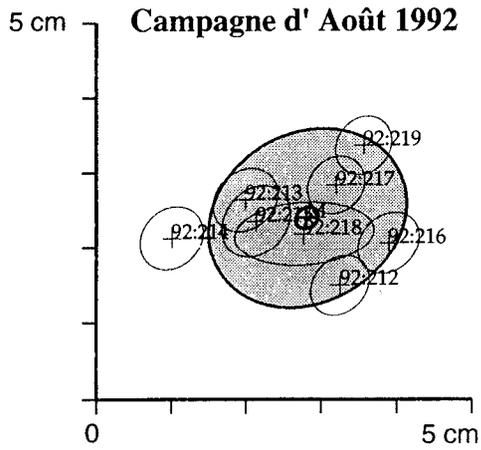


Tanna Lénakel (TANA)

Campagne d' Août 1990



Tanna Lénakel (TANA)



Tanna Lénakel (TANA)

