# NOTICE EXPLICATIVE N° 79

# J. RECHENMANN

CARTES GRAVIMÉTRIQUES
DE MADAGASCAR
ET AUTRES ILES DU SUD-OUEST
DE L'OCÉAN INDIEN
COMORES - MAURICE - RÉUNION



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER



#### NOTICE EXPLICATIVE

79

# CARTES GRAVIMÉTRIQUES DE MADAGASCAR ET AUTRES ILES DU SUD-OUEST DE L'OCÉAN INDIEN COMORES - MAURICE - RÉUNION

par

# J. RECHENMANN

Directeur de Recherches de l'ORSTOM

O.R.S.T.O.M.
PARIS
1978

#### INTRODUCTION

Cette note présente les cartes gravimétriques à 1/1 000 000 et 1/2 000 000 de Madagascar et autres îles du sud-ouest de l'Océan Indien : Comores, Maurice et Réunion.

A Madagascar, l'ORSTOM s'est attaché à effectuer de 1966 à 1974 les levés gravimétriques de reconnaissance des règions cristallines ; la Société des Pétroles de Madagascar (S.P.M.) a de son côté, opéré entre 1954 et 1965 dans les régions sédimentaires (bassins sédimentaires de Morondava et Majunga), les travaux de terrain ayant été confiés à la Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G.).

La Société des Pétroles de Madagascar a bien voulu nous communiquer gracieusement les résultats de ses travaux, nous avons ainsi pu les reprendre pour présenter une carte d'ensemble de la gravimétrie à Madagascar.

Cette note expose brièvement la façon dont les travaux ont été conduits sur le terrain et la méthode de calcul des anomalies de Bouguer. Les cartes comprennent :

- une carte des anomalies de Bouguer à 1/1 000 000 en trois coupures (feuille nord, feuille centre, feuille sud), qui donne, outre les courbes des anomalies de Bouguer de 10 en 10 milligals, les valeurs de l'anomalie aux stations effectuées par l'ORSTOM. Ces anomalies ont été calculées avec la densité 2,67 pour Madagascar et 2,9 pour les autres îles ;
- une carte des anomalies de Bouguer à 1/2 000 000 en couleurs pour l'ensemble de Madagascar avec, en pointillés, les itinéraires effectués;
- une carte également à 1/2 000 000 en couleurs des anomalies isostatiques calculées dans l'hypothèse d'Airy pour une profondeur de compensation de 30 km.

#### HISTORIQUE

C'est à partir de 1948 que le Rév. p. L. Cattala, chercheur au C.N.R.S. de 1946 à 1957, puis à l'ORSTOM de 1958 à 1963, année de sa disparition accidentelle, a entrepris les premières mesures gravimétriques à Madagascar avec un gravimètre de terrain mis à sa disposition par l'ORSTOM (gravimètre « North American » no 73).

Environ 900 stations ont été effectuées par L. Cattala entre 1948 et 1955 (L. Cattala, 1954). Très peu de mesures ont été faites pendant les dix années suivantes. L'affectation d'un chercheur et d'un agent technique au centre ORSTOM de Tananarive en 1966 a permis de reprendre et de terminer l'œuvre commencée par L. Cattala.

C'est en 1951 que les mesures gravimétriques à Madagascar ont été rattachées au réseau de bases gravimétriques européennes grâce au réseau ORSTOM établi par J. Martin en 1951 et 1952 qui s'étend à l'Afrique, à Madagascar, à l'île Maurice et à la Réunion (F. Duclaux, J. Martin et al., 1954).

Pratiquement achevés en 1974 pour Madagascar, les levés gravimétriques ont été étendus aux îles de l'archipel des Comores, de Maurice et de la Réunion.

#### FINANCEMENT

Le financement de ce programme, en ce qui concerne les travaux effectués par l'ORSTOM, a été assuré dans sa totalité avec les moyens propres à cet organisme.

#### PERSONNEL (à partir de 1966)

: J. Rechenmann de 1966 à 1974

Agents techniques: F. Missègue — id. —

J.C. Villeneuve de 1972 à 1974

#### APPAREILS

La quasi-totalité des mesures faites par l'ORSTOM ont été effectuées avec le gravimètre « North American » no 73. Le North American no 165, ainsi que le « Worden » type Master, no 660 puis 600, n'ont servi qu'épisodiquement. Le dernier, en particulier, a été utilisé pour les mesures effectuées au cours des itinéraires faits à pied.

Les appareils utilisés pour la détermination des altitudes par nivellement barométrique étaient des altimètres « Wallace & Tiernan ».

#### TRAVAUX DE TERRAIN

6 200 stations environ ont été effectuées au cours des différentes campagnes qui se sont échelonnées d'une façon irrégulière de 1966 à 1974. Les stations réalisées par L. Cattala ont été réoccupées dans la mesure du possible au fur et à mesure de l'avancement des levés. Les mesures gravimétriques de L. Cattala avaient un caractère géodésique, stations distantes de 20 à 30 km, alors que sur les itinéraires effectués par la suite, la distance entre stations n'est que de 3 à 5 km. Rappelons que la quasi-totalité des stations faites depuis 1966 sont situées dans la partie de Madagascar où le socle est affleurant.

Ont été effectuées dans les autres îles :

82 stations à la Réunion, 85 à l'île Maurice, 75 dans celles de l'archipel des Comores (10 à Mohéli, 25 à Mayotte, 15 à Anjouan et 25 à la Grande Comore).

Des quelque 25.000 stations que comportent les levés de la S.P.M. effectuées dans les régions sédimentaires de l'île, nous avons repris et recalculé environ 5 500 stations pour dresser la carte gravimétrique de l'ensemble de Madagascar.

#### MESURES GRAVIMETRIQUES ET DENSITE DES STATIONS

Les itinéraires le long desquels ont été réalisés les mesures gravimétriques correspondent pour l'essentiel aux routes et pistes carrossables. Sur ces itinéraires la distance entre stations est en moyenne de 4 km. Toutefois pour préciser le tracé des isanomales le long de la côte est où règne un fort gradient gravimétrique, 4 mgal/km et même plus près de la côte, quelques itinéraires ont été effectués à pied perpendiculairement à cette côte.

La relation étroite qui existe entre les itinéraires gravimétriques et le réseau routier explique le

manque de mesures dans certaines régions qui sont dépourvues de pistes carrossables.

La densité des stations ORSTOM, compte tenu de ce qui vient d'être dit, est en moyenne voisine de 150 par degré carré.

#### COORDONNEES DES STATIONS

De bonnes cartes à 1/100 000 couvrent la majeure partie des zones où nous avons effectués les levés gravimétriques. Il était donc facile de repérer l'emplacement des stations sur les coupures de ces cartes et de lire les coordonnées au mieux que le dixième de minute.

Cependant quelques coupures anciennes ne permettaient pas cette précision. De même certains tronçons de piste, après une bonne saison des pluies, étaient refaits à une certaine distance de leur emplacement primitif et le nouveau tracé n'était pas reporté sur ces cartes.

#### DETERMINATION DES ALTITUDES

On peut distinguer deux cas bien différents suivant que les stations ont été effectuées ou non sur des itinéraires suivis par le Nivellement Général. Pour les mesures autres que celles qui ont été faites auprès d'un repère de Nivellement Général, les altitudes ont été déterminées par nivellement barométrique. A Madagascar la détermination des altitudes des stations gravimétriques relève pour la plupart de cette méthode.

Les appareils utilisés étaient des altimètres « Wallace & Tiernan » gradués en mètres et qui ont donné entière satisfaction.

C'est la méthode du cheminement simple qui a été utilisée : un altimètre ou un baromètre à poste fixe et un altimètre itinérant.

Notons qu'il n'a pas été possible d'utiliser la méthode du cheminement par « saute-mouton », lourde et lente qui nécessite deux altimètres itinérants. De même nous n'avons pu disposer de plusieurs postes fixes encadrant la zone de travail, ce qui aurait permis notamment d'améliorer la connaissance du « gradient barométrique ».

La méthode utilisée, déjà abondamment exposée par ailleurs, en particulier par P. Louis (P. Louis, 1970) est basée sur les variations de la pression atmosphérique avec l'altitude. Mais on sait aussi que cette pression varie selon l'heure de la journée, d'où ce qu'on appelle la « marée barométrique ». Pour évaluer la valeur de la marée au moment de la mesure, l'amplitude, en moyenne équivalente à une dénivellation de 30 m, mais pouvant atteindre 50 m, on a utilisé soit les mesures au baromètre faites à intervalles réguliers dans les stations du Service Météorologique de Madagascar les plus proches, soit les lectures également à intervalles réguliers d'un deuxième altimètre installé provisoirement dans la région à étudier.

On a supposé la constance régionale de la marée barométrique. De même on a supposé les courbes isobares régulièrement espacées et on a réparti linéairement en fonction de la distance l'écart à la fermeture entre l'altitude barométrique et l'altitude vraie.

Toutefois, par suite du relief tourmenté et de la proximité des zones de perturbation, le gradient barométrique est loin d'être régulier. Ceci nous a conduit a apporter un soin particulier à l'évaluation expérimentale de l'erreur que l'on pouvait commettre sur la détermination des altitudes.

#### MESURES MAGNETIQUES

Il était habituel au cours de levés gravimétriques que nous avons effectués antérieurement en

Afrique Occidentale (Bibliographie) de faire des mesures magnétiques parallèlement aux mesures gravimétriques. L'espacement des stations ne permettait pas de représentation des phénomènes locaux, mais ces données magnétiques aidaient à l'interprétation des anomalies gravimétriques (J. Rechenmann, 1972).

Au début des levés entrepris à Madagascar, nous avons procédé de la même façon. Mais les conditions de terrain au point de vue magnétisme se sont avérées bien particulières et ont constitué un obstacle majeur à l'exploitation des mesures magnétiques au sol, comme le laissait prévoir une étude magnétique effectuée en 1964 sur une « cuirasse latéritique » (R. Rémiot, 1968; R. Rémiot et R. Andriamirado, 1968). Les premiers profils magnétiques de la composante verticale, effectués à titre expérimental, ont donné des résultats pratiquement inexploitables. Aussi le doublement des mesures gravimétriques par des mesures magnétiques a-t-il été abandonné.

#### PRECISION DES RESULTATS

Le premier document établi à partir des résultats des mesures est cartographié en « anomalies de Bouguer » : carte de Madagascar et autres îles du sud-ouest de l'Océan Indien à 1/1 000 000 en trois coupures, noir et blanc, carte de Madagascar à 1/2 000 000 en couleurs.

L'anomalie de Bouguer peut se définir par :

$$B = G - (G_0 - C_z - T)$$

où:

G: Valeur observée de la pesanteur corrigée des erreurs instrumentales (dérive) et des effets luni-solaires. Elle dépend de la valeur de la pesanteur choisie au point de départ du réseau de mesures,

Go: Valeur théorique de la pesanteur au point de l'ellipsoïde de référence correspondant à la station,

Cz: Correction de Bouguer fonction de l'altitude de la station et de la densité choisie des terrains,

T : Correction de relief qui tient compte des variations de la topographie autour de la station.

Cette définition permet de considérer l'anomalie de Bouguer comme étant la différence de deux quantités : la première n'est autre que la mesure faite à la station, la seconde est la valeur de la pesanteur au même point d'un modèle obtenu en superposant à l'ellipsoïde la topographie affectée d'une densité constante. L'anomalie de Bouguer est donc l'influence gravimétrique des différences qui existent entre la Terre réelle et le modèle. Le point d'application est la station.

La précision sur les mesures gravimétriques dépend des erreurs possibles que l'on peut commettre sur les différents termes.

#### MESURE DE LA PESANTEUR ET PRECISION

La précision sur la mesure de la pesanteur dépend de la mesure elle-même et du fait que les mesures effectuées avec un gravimètre de terrain sont relatives.

#### Erreur propre aux mesures

En dehors de l'erreur instrumentale que l'on peut estimer à 3/100e de milligal, il existe des erreurs qui dépendent de la façon dont les levés sont effectués et liées principalement à la « dérive » du gravimètre.

Les réoccupations nombreuses permettent une bonne évaluation de la dérive instrumentale. On peut noter que celle du gravimètre N.A. 73 n'a jamais été bien forte et qu'elle restait relativement régulière malgré l'état souvent défectueux des pistes. L'erreur a été estimée à partir de la dispersion des mesures aux stations réoccupées et ne doit pas dépasser 0,2 à 0,3 mgal.

Sur les itinéraires où les recoupements étaient rares, on peut admettre, que l'erreur sur les mesures est du même ordre de grandeur.

#### Stations de référence et base d'étalonnage

Les mesures de pesanteur effectuées avec des gravimètres nécessitent la connaissance de deux éléments au départ :

- une valeur de référence de la pesanteur au point de départ du réseau de mesures,
- une base d'étalonnage qui permet de définir en milligals l'échelle de lecture du gravimètre.

#### Valeur de référence

Les valeurs observées de la pesanteur, corrigées des erreurs instrumentales (dérive, .....) et de la marée luni-solaire sont calées sur les bases gravimétriques du réseau ORSTOM qui s'étend à l'Afrique, à Madagascar, à la Réunion et à l'Île Maurice (F. Duclaux, J. Martin et al., 1954). Etabli en 1951 et 1952, ce réseau communément appelé réseau MARTIN a pour point fondamental Paris-Observatoire :

Pilier E, ancienne salle de pesanteur, g = 980 943,00 milligals.

Cette valeur est définie dans le système classique dit de POTSDAM et la formule internationale de 1930 qui donne la valeur de  $G_0$  en fonction de la latitude :

$$G_0 = 978.049 (1 + 0.005.288 4 \sin^2 L - 0.000.005 9 \sin^2 2L)$$

Bien qu'un nouveau système de référence dit IGSN 71 (1) ait été préconisé par l'AIG (2) en 1971, nous sommes restés dans l'ancien système de Potsdam.

Le nouveau réseau international de calibration de la pesanteur, adopté à l'occasion de l'Assemblée Générale de l'UGGI à Moscou en 1971, est basée sur la formule internationale de 1967 :

$$G_0 = 978\ 031.8\ (1 + 0.005\ 302\ 4\ \sin^2 L - 0.000\ 002\ 2\ \sin^2 2L)$$

On peut noter ainsi que la valeur de la pesanteur à la station de Tananarive-Arivonimamo aérodrome,  $n^0$  272 dans le réseau Martin (g = 978 220,47 mgal) devient, dans le nouveau réseau IGSN 71, sous le  $n^0$  39 297 J, g = 978 202,42 mgal.

D'ailleurs la conversion des valeurs de g du réseau ORSTOM (système de Potsdam) dans le nouveau réseau IGSN 71 peut se faire facilement en appliquant la formule établie par le Bureau Gravimétrique International dans son souci d'homogénéiser les résultats des divers levés gravimétriques effectués en Afrique (B.G.I., 1976) :

$$G_{IGNS 71} = G_{ORSTOM} - 17,696 + 1,227 \cdot 10^{-3} (G_{ORSTOM} - 978 \cdot 500,00)$$

Notons cependant que s'il est nécessaire de retrancher 18,05 mgal à la valeur de la pesanteur — système de Potsdam — à la station de Tananarive-Arivonimamo pour passer dans le nouveau système IGSN 71, il suffit d'ajouter 3,64 mgal à la valeur de l'anomalie de Bouguer en ce point pour le rapporter au nouveau système de référence (géodésique 1967 et IGSN 71).

Stations du réseau ORSTOM (système de Potsdam)

Pratiquement toutes les stations ci-dessous établies par J. Martin ont été utilisées comme stations de référence :

<sup>(1)</sup> International Gravity Standardization Net.

<sup>(2)</sup> Association Internationale de Géodésie de l'UGGI.

#### A Madagascar:

n <sup>o</sup> 272	Tananarive-Arivonimamo aérodrome	g = 978.220,47 milligals
273	" contrôle	220,59
274	" Ivato aérodrome	245,62 (*)
	(remplacée par la station 274-I)	
275	" Observatoire	226,35
276	" IRSM	248,13
277	" Palais de la Reine	213,74
278	" Collège Saint-Michel	251,98
279	Morondava aérodrome	736,04 (*)
280	Tuléar aérodrome	888,18
281	Fort-Dauphin aérodrome	962,02 (*)
	(remplacée par la station 281-l)	
283	Fort-Dauphin station météorologique	953,32

(le bâtiment est occupé actuellement par la gendarmerie, la station météorologique ayant été transférée à l'aérodrome).

On notera qu'une première liaison avec un réseau mondial de stations gravimétriques, réseau Woollard, a été effectuée en 1950 par N. Harding (G.P. Woollard and J.C. Rose, 1963). La valeur à la station de Tananarive-Arivonimamo est :

WA 9006 Arivonimamo airport

g = 978.216,6

Cette station est pratiquement identique à la station ORSTOM nº 272.

#### A la Réunion:

n <sup>o</sup> 284	La Réunion-Gillot aérodrome	g = 978.940,20 (*) milligals
285	Saint-Denis station astronomique	846,97
286	Port des Galets, Eglise	934,56
287	Pointe du Château	958,18
288	Saint-Pierre, station astronomique	947,70 (*)
289	Plaine des Cafres, Eglise	695,71
290	Saint-Benoît, Eglise	943,81
	A Manuica	

#### A Maurice:

n <sup>o</sup> 291	Plaisance aérodrome	g = 978 869,07 milligals
293	Port-Louis	928.01

Certaines stations (\*) du réseau ORSTOM ont vu leurs repères d'identification disparaître (nº 274, 279, 281....). Aussi avons-nous établi de nouvelles bases, proches des anciennes et ayant sensiblement la même précision. Ces nouvelles bases sont :

n <sup>o</sup> 274-I Tananarive-Ivato aéroport (devant l'entrée)	g = 978 246,87 milligals
281-I Fort-Dauphin aérodrome, salle météo	961,66
276-I Tananariye-Tzimbazaza (ancien centre ORSTOM)	252,66

C'est cette dernière station qui a servi de point de départ à nos levés gravimétriques à Madagascar. Ces trois stations, ainsi que celles du réseau complémentaire ci-dessous, sont décrites en annexe.

#### - Stations du réseau complémentaire

Pour obtenir un levé homogène pour l'ensemble de Madagascar, il a été nécessaire d'établir un réseau secondaire complétant le réseau ORSTOM et appuyé sur celui-ci. Ces stations ont été implantées aux aérodromes, les liaisons avec Tananarive ayant été assurées par avion.

#### Ces stations sont:

Antsohihy	aérodrome	g = 978 342,78  milligals
Diego-Suarez	**	306,54
Majunga	**	431,20
Mananjary	**	800,60
Nosy-Be	**	383,23
Sambaya	**	451,21
Tamatave	**	591,07

Les valeurs à ces stations ont été établies avec une précision de 0.03 milligal.

Aux Comores, les stations de base gravimétriques ont été établies au cours d'une campagne de recherches océanographiques du N.O. « Vauban » de l'ORSTOM dans les îles de cet archipel. Etablies avec une précision de 0,1 mgal, ces stations sont :

Dzaoudzi A, port (île de Mayotte)	g = 978510,1 milligals
Dzaoudzi B, aérodrome (île de Mayotte)	500,7
Moroni aérodrome (île de la Grande Comore)	406,5
Mutsamudu port (île d'Anjouan)	498,6

Signalons qu'au cours des campagnes de mesures certaines des stations, situées pour la plupart à des croisements de routes ou de pistes, ont été réoccupées plusieurs fois, et de ce fait ont acquis une bonne précision. On peut citer par exemple : Ihosy, poste de police, en face du repère de nivellement matricule nº 193, Lat. 22°24,1 sud, Long. 46°07,6 est, altitude 729,8 m, g = 978 598,4 mgal.

#### Bases d'étalonnage

La base d'étalonnage principale a été établie sur les stations modifiées du réseau ORSTOM : Tananarive-Ivato (nº 274-I) ou Tananarive-Tzimbazaza (nº 276-I) et Fort-Dauphin aérodrome (nº 281-I). Les valeurs de la pesanteur aux stations 274-I et 281-I présentent un écart important : dg = 714,79 milligals.

Il n'était pas toujours possible d'effectuer aisément la liaison Tananarive-Fort-Dauphin. Aussi avons nous établi une petite base d'étalonnage à Tananarive même constituée par les stations :

276-I Tananarive-Tzimbazaza	g = 978 252,66 mgal	1 260,7 m
Tananarive-Ambohipotsy (Temple)	219,85	1 405,2

soit une différence de g de 32,81 mgal pour une différence d'altitude de 144,5 m. La station de Tananarive-Ambohipotsy a été établie devant le repère de Nivellement Général de Précision implanté sur le mur d'enceinte extérieur du temple d'Ambohipotsy, à proximité du portillon donnant sur la cour.

#### PRECISION SUR LE RESEAU DE STATIONS DE BASES

Etant calés sur le réseau de bases ORSTOM, le réseau de bases complémentaires et nos levés sont entachés de l'erreur sur ce réseau, erreur systématique indépendante de notre travail. Or le réseau ORSTOM a été établi par J. Martin avec le gravimètre North American n<sup>o</sup> 124 étalonné sur la base d'étalonnage française Paris-Toulouse. Or le milligal français tel qu'il était défini par la base Paris-Toulouse s'écarte de 1,227/1 000 du milligal mondial.

En adoptant comme valeur fondamentale la valeur de g de notre base de départ (station  $n^0$  276-I, g = 978,250 Gals), les erreurs sur nos mesures seront au plus de -0,3 mgal vers les valeurs inférieures et +0,9 vers les valeurs supérieures.

#### ERREUR SUR LA VALEUR OBSERVEE DE LA PESANTEUR

En tenant compte de l'erreur liée aux conditions du levé et de l'erreur systématique attribuée au

réseau Martin, la précision finale sur la valeur observée de la pesanteur en une station ordinaire peut être estimée à 1,2 mgal.

# PESANTEUR THEORIQUE ET PRECISION SUR LA LATITUDE

On a vu que le calcul de l'anomalie de Bouguer nécessite la connaissance de la pesanteur théorique  $G_0$  au point de mesure.

La formule internationale de 1930 donne la valeur de  $G_0$  en fonction de la latitude. La précision avec laquelle on connaîtra la valeur de la pesanteur théorique dépendra donc de la précision sur la détermination de la latitude.

A la latitude moyenne de notre levé  $(19^{\circ} \text{ S})$  une erreur de l'ordre de 200 m (environ 0,1') sur la latitude entraı̂ne une erreur de 0,1 mgal.

De bonnes cartes couvrant l'étendue des zones où nous avons effectué des levés gravimétriques, il était facile de repérer les stations à mieux que le dixième de minute.

L'imprécision sur la valeur de Go atteint donc au maximum 0,1 mgal.

#### CORRECTION DE BOUGUER ET PRECISION

La correction de Bouguer est la somme des corrections à l'air libre, de plateau et de relief.

Les deux premières corrections se réduisent à 0,1968 Z avec la valeur 2,67 choisie comme densité de plateau. C'est donc l'imprécision sur la détermination de l'altitude qui réglera l'importance de l'erreur sur ces corrections.

#### Choix de la densité

Nous avons adopté pour les mesures à Madagascar la valeur classique d = 2,67. C'est pour cette valeur que les anomalies de Bouguer dépendent le moins du relief. Toutefois si cette valeur convient bien aux régions cristallines, elle est trop forte pour la partie occidentale qui est couverte de formations sédimentaires. Effectivement, les résultats des levés de cette région qui nous ont été communiqués par la SPM étaient calculés avec des densités voisines de 2,0. Mais en vue d'obtenir une carte homogène nous avons recalculé avec la densité 2,67 les résultats fournis par la SPM.

Par contre, en ce qui concerne les mesures effectuées dans les îles de l'archipel des Comores, de Maurice et de la Réunion, nous avons été amené à adopter la densité 2,9, valeur qui traduit bien le substratum volcanique de l'île.

# Précision sur l'altitude

La détermination des altitudes de la plupart des stations a été effectuée par nivellement barométrique, ce mode opératoire pouvant entraîner des erreurs importantes. L'ordre de grandeur des erreurs que nous avons déterminé expérimentalement est :

- une erreur relative entre deux points voisins : inférieure à 5 m, soit 1 mgal,
- une erreur absolue sur un point ou un ensemble de points inférieure à 10 m, pouvant cependant atteindre exceptionnellement 15 m, donnant donc lieu à des anomalies artificielles de 2 à 3 mgal.

L'erreur d'altitude sur les stations effectuées à proximité d'un repère de Nivellement Général est négligeable.

#### CORRECTION DE RELIEF

Dans le calcul de l'anomalie de Bouguer intervient l'influence du relief autour de la station.

Si le calcul des corrections de relief a été effectué pour toutes les stations des îles de l'archipel des Comores et de la Réunion où le relief est très accidenté avec des fonds marins importants proches des côtes, par contre on a négligé ce calcul en ce qui concerne les mesures à Madagascar et à l'île Maurice. Toutefois pour Madagascar nous avons pu obtenir une assez bonne évaluation de ces corrections en usant de la particularité du relief : à savoir son allongement parallèle au grand axe de l'île, ce qui permet de l'assimiler approximativement à une structure cylindrique. Il a suffi de calculer les corrections de relief pour un petit nombre de stations d'un profil est-ouest qu'on peut admettre comme représentatives de la plus grande part des stations gravimétriques de Madagascar.

Ce calcul a donné les résultats suivants :

pour les stations situées sur les Hautes Terres les corrections sont faibles, de 1 à 1,5 mgal. Elles augmentent assez régulièrement quand on s'approche de la côte est pour atteindre 3,5 mgal pour les stations situées à proximité de la mer. Entre stations voisines, l'écart entre corrections ne dépasse pas quelques dixièmes de milligal.

Des résultats de ces calculs on peut donc conclure que le fait de négliger les corrections de relief dans la détermination de l'anomalie de Bouguer introduit une erreur variant de 1,0 à 3,5 mgal selon les régions. Il faut noter que l'erreur relative de 2,5 mgal n'affectera que les stations de régions éloignées (Hautes Terres et régions côtières).

#### PRECISION FINALE SUR L'ANOMALIE DE BOUGUER

On peut estimer que l'erreur totale sur le calcul de l'anomalie de Bouguer en un point peut atteindre 5 mgal. Mais cette limite de l'erreur est calculée comme étant la somme de toutes les erreurs dans les plus mauvaises conditions, et on peut penser raisonnablement, qu'en général, l'erreur sera bien inférieure à ce nombre.

#### ANOMALIES ISOSTATIQUES

L'hypothèse isostatique suppose une compensation à une certaine profondeur des effets du relief. Cette hypothèse conduit à la notion d'anomalie isostatique qui peut être présentée comme étant la différence entre la pesanteur du modèle de référence isostatique et celle de la Terre réelle.

Des différents systèmes isostatiques nous avons retenu l'hypothèse d'Airy avec une profondeur de compensation de 30 km qui donne les anomalies isostatiques les plus faibles.

Nous avons figuré sur les coupures de la carte des anomalies de Bouguer à 1/1 000 000 des cartes de « corrections isostatiques » à très petite échelle. Précisons qu'en parlant de correction isostatique, il s'agit du terme qu'il faut ajouter à l'anomalie de Bouguer pour obtenir l'anomalie isostatique.

Les anomalies isostatiques dans l'hypothèse d'Airy, profondeur de compensation de 30 km, sont présentées sous forme de courbes isanomales de 10 en 10 milligals sur la carte à 1/2 000 000 en couleurs.

# RELATIONS ENTRE LA GRAVIMETRIE ET LA GEOLOGIE

Un exposé beaucoup plus détaillé sur les mesures, le calcul des anomalies, la précision des résultats paraîtra ultérieurement. On trouvera également dans ce mémoire des considérations sur les valeurs de la pesanteur à Madagascar, sur les cartes d'anomalies de Bouguer et isostatiques, ainsi que des interprétations régionales en relation avec la tectonique et la géologie.

#### **BIBLIOGRAPHIE**

- BUREAU GRAVIMETRIQUE INTERNATIONAL 1976 Transposition dans le système IGSN 71 du réseau ORSTOM 1952 B.G.I., Paris.
- CATTALA (L., Rév. p.) -1954 Etude de la Gravité à Madagascar. Mem. Inst. Sc. de Madagascar, série D, Tome VI.
- CATTALA (L., Rév. p.) 1954 Interprétation tectonique de la Gravimétrie à Madagascar. Mem. Inst. Sc. Madagascar, série D, Tome VI.
- DUCLAUX (F.), MARTIN (J.) et al. 1954 Etablissement d'un réseau général de stations gravimétriques en Afrique, à Madagascar, à la Réunion et à l'île Maurice. ORSTOM, Paris.
- LOUIS (P.) 1970 Contribution géophysique à la connaissance géologique du bassin du lac Tchad. Thèse, Mémoire ORSTOM nº 42, Paris.
- REMIOT (R.) 1968 Etude comparative des aimantations naturelles rémanente et induite de quelques échantillons de la cuirasse ferrugineuse d'Ambatovy. Cah. ORSTOM, sér. Géophys., pp. 17 à 26, nº 9, Paris.
- REMIOT (R.), ANDRIAMIRADO (R.) 1968 Sur le magnétisme d'une cuirasse bauxitique du Tampoketsa d'Ankazobe. Cah. ORSTOM, sér. Géophys., pp. 27 à 57, nº 9, Paris.
- WOOLLARD (J.P.), ROSE (J.C.) 1963 International Gravity measurements. Univ. Wisconsin, Géophys. and Polar Research Center US. Tulsa.

# Autres cartes et travaux de l'ORSTOM relatifs à la gravimétrie

- CENTRE DE GEOPHYSIQUE DE M'BOUR 1962 Mesures gravimétriques et magnétiques en Afrique occidentale de 1956 à 1958, Cah. ORSTOM, sér. Géophys. nº 3, Paris.
- COLLIGNON (F.) 1969 Eléments de géophysique (gravimétrie et magnétisme) Atlas du Cameroun, ORSTOM, Paris.
- CRENN (Y.) 1957 Mesures gravimétriques et magnétiques dans la partie centrale de l'A.O.F., ORSTOM, Paris.
- CRENN (Y.), RECHENMANN (J.) 1965 Mesures gravimétriques et magnétiques au Sénégal et en Mauritanie occidentale de 1959 à 1961. Cah. ORSTOM, sér. Géophys., nº 6, Paris.
- RECHENMANN (J.) 1965 Mesures gravimétriques en Côte d'Ivoire, Haute-Volta et Mali méridional en 1958, 1959 et 1962. Cah. ORSTOM, sér. Géophys. nº 5, Paris.

- RECHENMANN (J.) 1968 Etude gravimétrique du gisement de chromite de Bemanevika (Madagascar). Cah. ORSTOM, sér. Géophys., pp. 2 à 16, n<sup>o</sup> 9, Paris.
- RECHENMANN (J.) 1969 Cartes gravimétriques du Niger. Notice explicative nº 36, ORSTOM, Paris.
- RECHENMANN (J.) -1971 Cartes gravimétrique et magnétique du Nord Mauritanie. Notice explicative  $n^{\rm O}$  46, ORSTOM, Paris.
- RECHENMANN (J.) 1972 Etude d'une anomalie gravimétrique et magnétique dans le nord-est de la Mauritanie. Ann. Géophys. T. 28, fasc. 4, 1972, pp. 871 à 877.
- RECHENMANN (J.) 1973 Mesures gravimétriques dans le Tanezrouft oriental (Algérie) CRZA, série géologie nº 17, CNRS, Paris.

		i
		,

**ANNEXES** 

			,
			i
			•
1			
	•		

BASE GRAVIMETRIQUE 274-I MADAGASCAR

NOM DE LA	LAT. :	ALTITUDE:
STATION : TANANARIVE-IVATO	18°47,9 S	1 265,0 m
(AEROPORT)	LONG. : 47°28,9 E	PESANTEUR: 978 246,87 mgal

DESCRIPTION : AEROPORT INTERNATIONAL. Au pied du 7e poteau en partant de la gauche, côté trottoir à droite de la sortie arrivée voyageurs, non loin du panneau « stationnement interdit ».

N.B. - Cette station remplace la station 274 du réseau ORSTOM (Martin) dont les repères d'identification ont disparu.

HALL

### PLAN DE SITUATION

# SORTIE **VOYAGEURS**

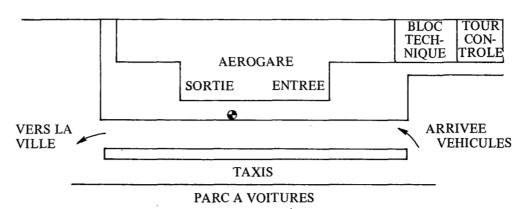
# PASSAGE COUVERT

PANNEAU de « STATIONNEMENT INTERDIT »

#### 



# VERS LA PISTÉ

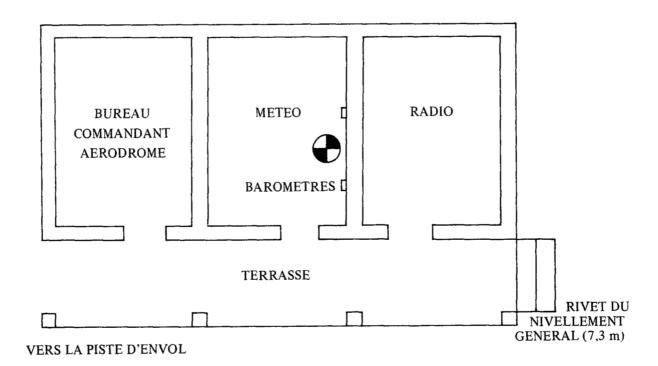


BASE GRAVIMETRIQUE	281-1	MADAGASCAR

NOM DE LA	LAT.:	ALTITUDE :
STATION : FORT-DAUPHIN	25°02.0 S	7,8 m
(AEROPORT)	LONG. : 46°57,4 E	PESANTEUR: 978 961,66 mgal

DESCRIPTION : A l'intérieur du bloc technique, dans la salle des enregistreurs météorologiques, entre et au pied des deux baromètres.

N.B.- Cette station remplace la station  $n^{\circ}$  281 du réseau ORSTOM (J. Martin) dont les repères d'identification ont disparu.



BASE GRAVIMETRIQUE 276-1 MADAGASCAR

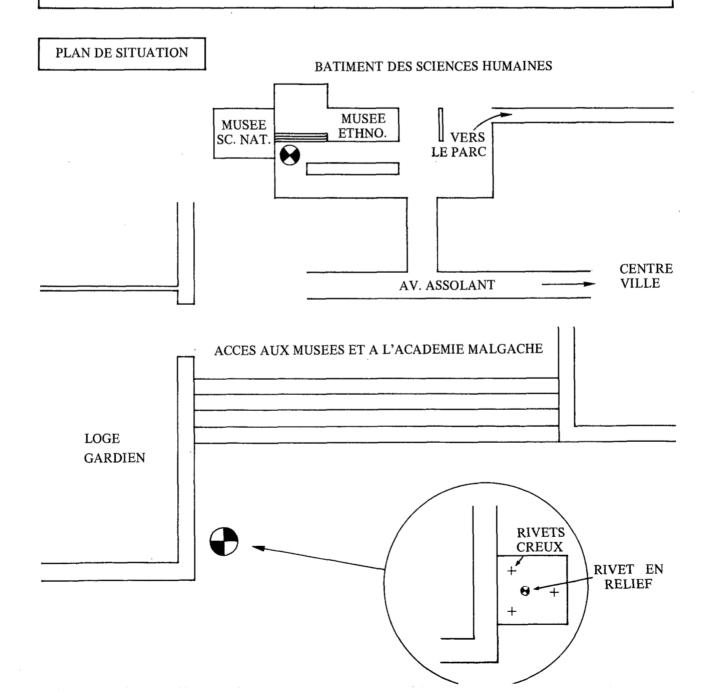
 NOM DE LA
 LAT. :
 ALTITUDE :

 STATION :
 TANANARIVE
 18°55,9 S
 (RIVET) 1 260,7 m

 LONG. :
 47°31,6 E
 PESANTEUR :
 978 252,666 mgal

DESCRIPTION : Contre le mur du logement du gardien au pied de l'escalier du bâtiment conduisant aux musées et à l'académie malgache. Base matérialisée par lettre G gravée dans ciment et 3 rivets scéllés en triangle.

N.B. – Cette station remplace la station du réseau ORSTOM (J. MARTIN) n° 276.

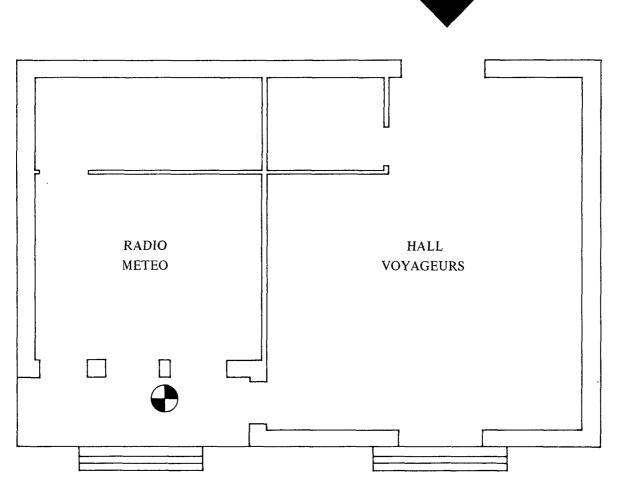


	<u> </u>
BASE GRAVIMETRIQUE	MADAGASCAR

(AEROPORT)
LONG.: PESANTEUR: 47° 59,0 E 978 342,78 mg

# PLAN DE SITUATION

# ENTREE AEROGARE

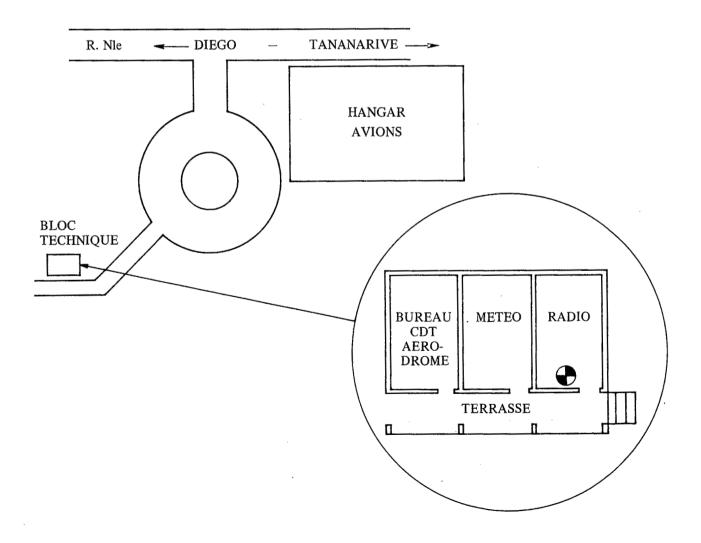


ACCES A LA PISTE

BASE GRAVIMETRIQUE	MADAGASCAR

NOM DE LA	DIEGO SUAREZ	LAT. :	ALTITUDE:
STATION :		12°20,9 S	110 m
	(AEROPORT)	LONG. : 49°17,6 E	PESANTEUR: 978 306,54 mgal

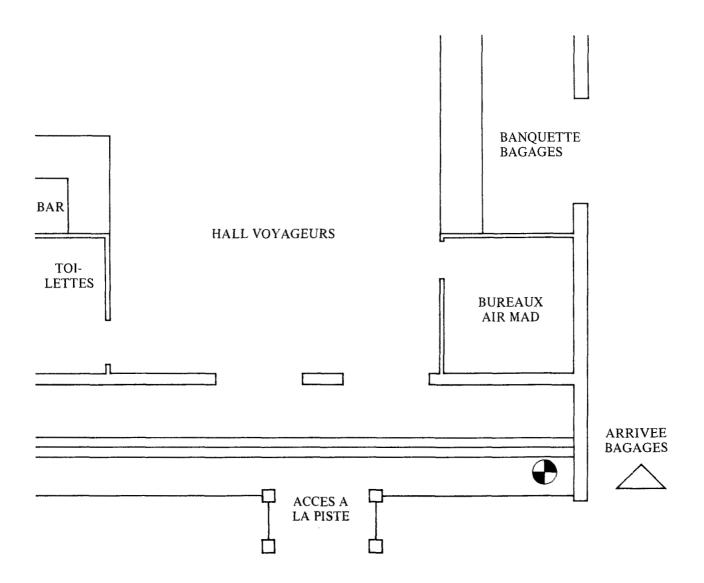
DESCRIPTION : Dans le bloc technique de l'aéroport civil de Diego-Suarez. A l'intérieur du bloc radio, à gauche en entrant, contre le mur de façade.



BASE GRAVIMETRIQUE	MADAGASCAR

NOM DE LA STATION :	MAJUNGA	LAT. : 15°40,4 S	ALTITUDE:
	(AEROPORT)	LONG. : 46°20,6 E	PESANTEUR: 978 431,20 mgal

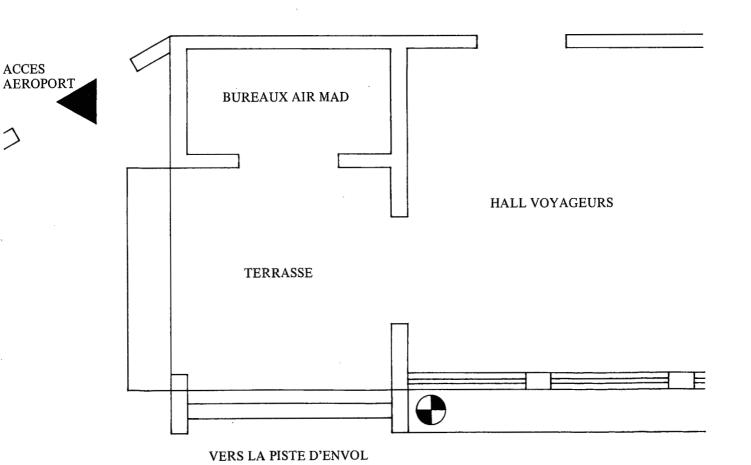
DESCRIPTION : Bâtiment de l'aeroport, côté piste d'envol. Station entre la balustrade et le bâtiment, contre le mur à droite de l'accès à l'aéroport en venant de la piste.



BASE GRAVIMETRIQUE	MADAGASCAR
<b>!</b>	<b>i</b>

NOM DE LA STATION : MANANJARY	LAT. : 21°12,4 S	ALTITUDE : 5 m
(AEROPORT)	LONG. : 48°21,5 E	PESANTEUR : 978 800,60 mgal

DESCRIPTION : Bâtiment de l'aérogare. Station à droite de l'escalier d'accès à la terrasse de la salle d'attente.



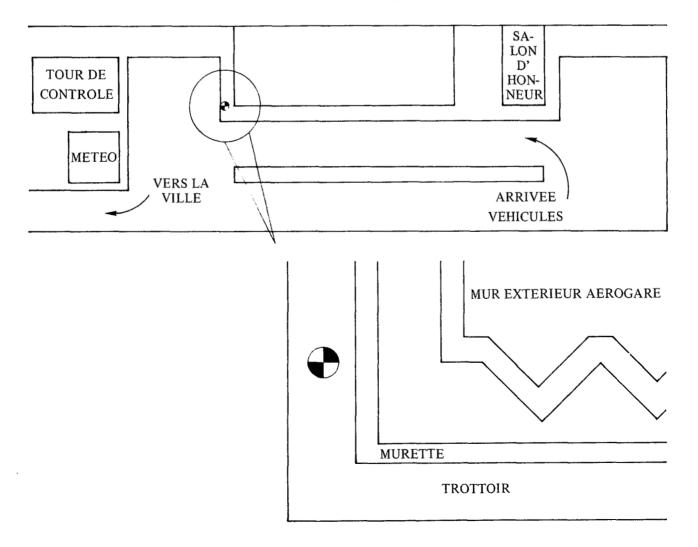
# BASE GRAVIMETRIQUE MADAGASCAR

NOM DE LA STATION :	NOSY-BE FASCENE	LAT. : 13°19,0 S	ALTITUDE : 9 m
	(AEROPORT)	LONG. : 48°18,6 E	PESANTEUR: 978 383,23 mgal

DESCRIPTION : Bâtiment de l'aéroport de Nosy-Bé à Fascene. Station sur le trottoir, face au coin nord ouest du bâtiment principal.

# PLAN DE SITUATION

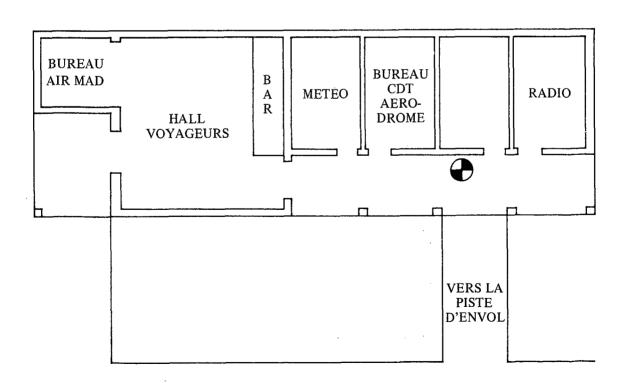
# VERS LA PISTE D'ENVOL



BASE GRAVIMETRIQUE	MADAGASCAR
I	<b>1</b>

NOM DE LA STATION :	SAMBAVA	LAT. : 14°16,7 S	ALTITUDE:
	(AEROPORT)	LONG. : 50°10,5 E	PESANTEUR: 978 451,21 mgal

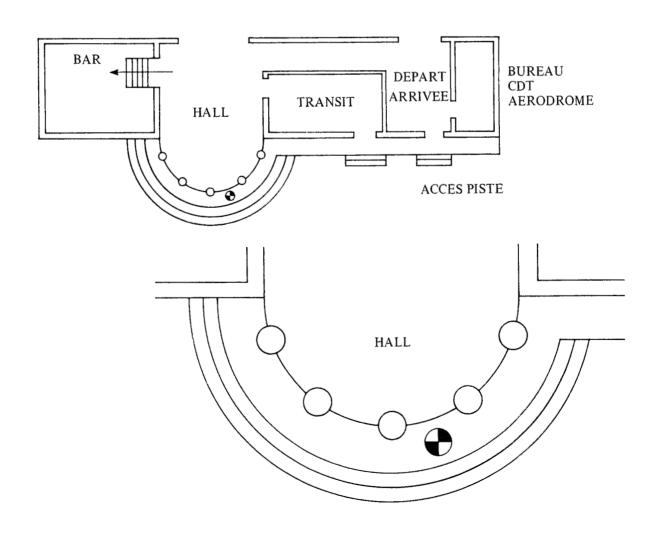
DESCRIPTION: Bâtiment aérogare. Sur le terrain face à la piste d'envol, sur la fenêtre du salon équipage situé entre le bloc radio et le bureau du commandant d'aéroport.



P	T
BASE GRAVIMETRIQUE	MADAGASCAR

NOM DE LA STATION : TAMATAVE (AEROPORT)		LAT. : 18°06,8 S	ALTITUDE: 4 m
	(AEROPORT)	LONG. : 49° 23,8 E	PESANTEUR: 978 591,07 mgal

DESCRIPTION : Bâtiment de l'aéroport. Sur la marche la plus élevée de l'escalier d'accès au hall de l'aérogare. Entre la 2ème et la 3ème colonne de la baie en hémicycle en partant de la droite.

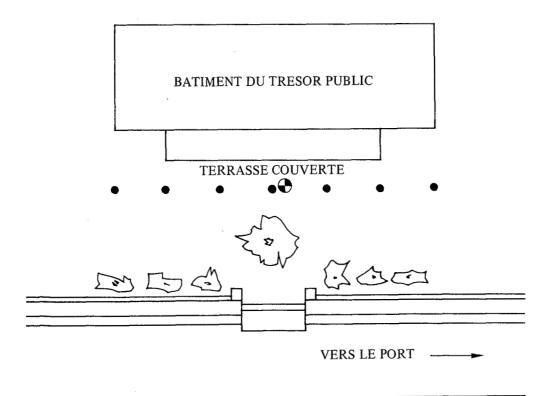


# BASE GRAVIMETRIQUE

# COMORES (ARCHIPEL DES)

NOM DE LA STATION : DZAOUDZI A (PORT)	LAT.: 12°46,8 S	ALTITUDE: 6 m
(ILE MAYOTTE)	LONG. : 45°15,2 E	PESANTEUR : 978 510,1 mgal

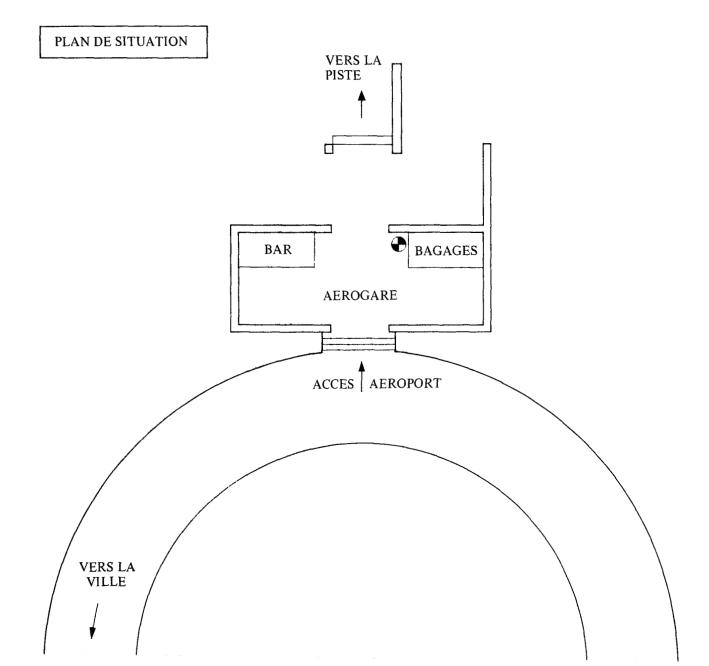
DESCRIPTION : Devant l'entrée du bâtiment du Trésor Public situé à proximité du quaidébarcadère et au pied à droite du pilier central de la terrasse couverte.



BASE GRAVIMETRIQUE	COMORES (ARCHIPEL DES)

NOM DE LA STATION : DZAOUDZI B (AEROPORT)	LAT. : 12°48,1 S	ALTITUDE : 6 m
(ILE MAYOTTE)	LONG. : 45°16,7 E	PESANTEUR : 978.500,7 mgal

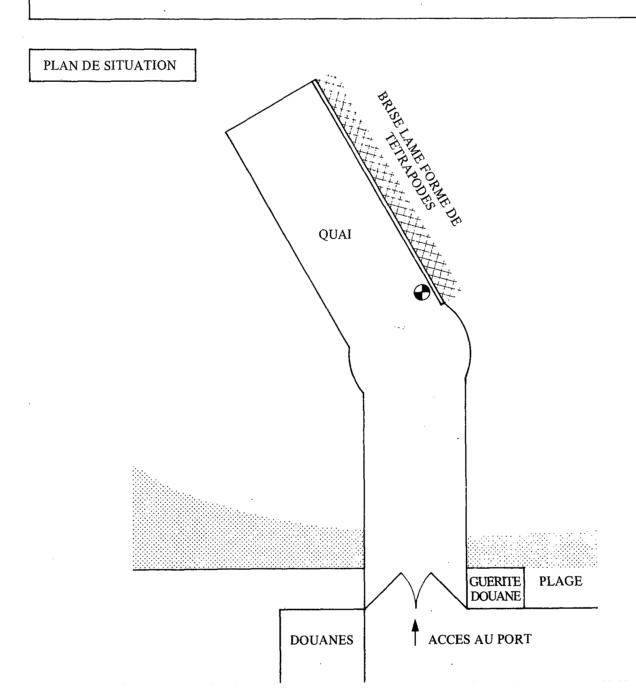
DESCRIPTION : Dans le bâtiment de l'aérogare, au pied de la banquette à bagages et à droite de l'accès aux avions.



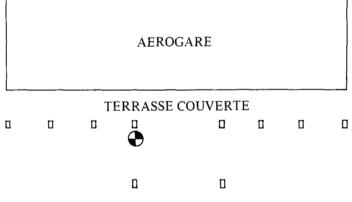
COMORES (ARCHIPEL DES)

NOM DE LA	MUTSAMUDU - PORT	LAT. :	ALTITUDE:
STATION :		12°09,8 S	4 m
	(ILE ANJOUAN)	LONG. : 44°23,6 E	PESANTEUR : 978 498,6 mgal

DESCRIPTION : Sur le quai du port de Mutsamudu. Station au pied du petit mur qui longe le quai, et à son extrémité, côté ville.



		28	
В	BASE GRAVIMETRIQUE		DMORES (ARCHIPEL DES)
		1	
NOM DE LA STATION :			ALTITUDE:
	(GRANDE COMORE)	11°42,3 S LONG. : 43°14,2 E	PESANTEUR: 978 406,5 mgal
DESCRIPTION	: Devant l'entrée de l'aérogare, au		
PLAN DE SITUA	ATION		
	VERS LA	PISTE D'ENVOL	
		<b>†</b>	
		-	
	AER	OGARE	



# PARC A VOITURES

VERS LE LYCEE	
 <b></b>	
VERS LE CENTRE VILLE	
 <b>-</b>	

Achevé d'imprimer Composition et impression : COPEDITH 7, rue des Ardennes - 75019 PARIS Dépôt légal 10044 - 4e trimestre 1978

4			
A contract of the contract of			

O.R.S.T.O.M.

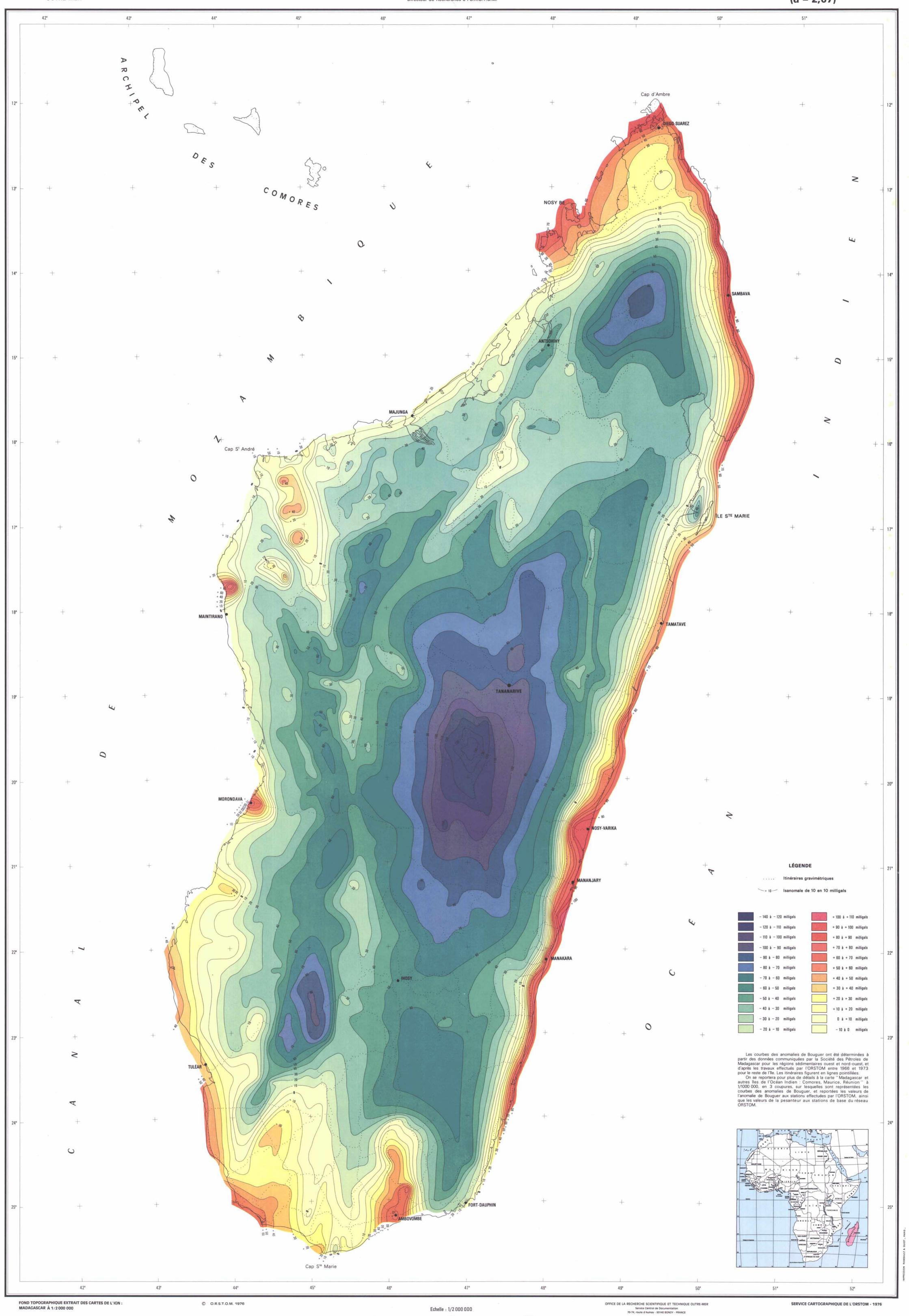
Direction générale :

24, rue Bayard, 75008 PARIS

Service des Publications :

70-74, route d'Aulnay, 93140 BONDY

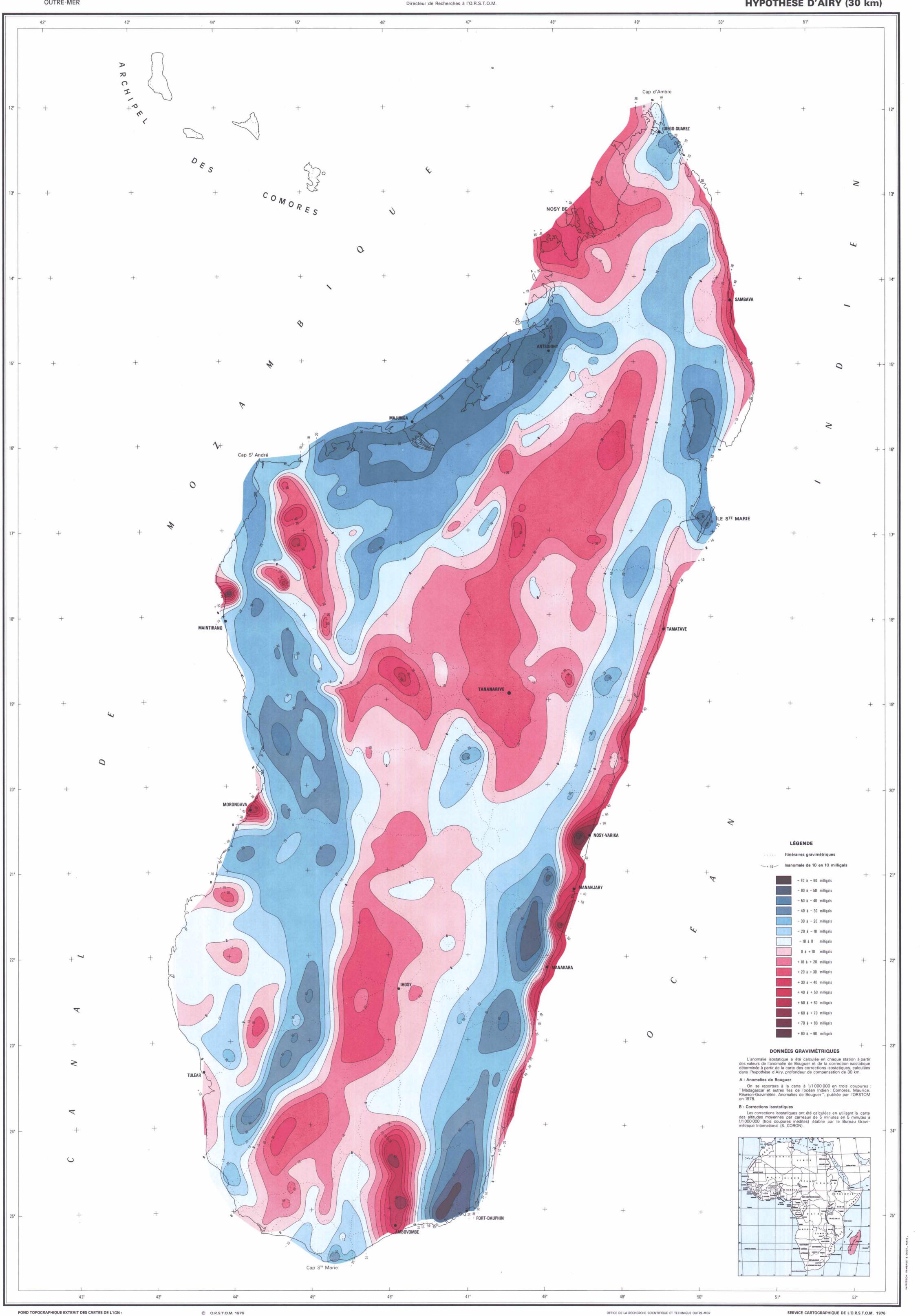
O.R.S.T.O.M. Dépôt légal : 4e trim. 1978 · ISBN 27099-0528-0 Carte dressée par J. RECHENMANN Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M.



200 km

MADAGASCAR À 1/2 000 000

Carte dressée par J. RECHENMANN Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M.

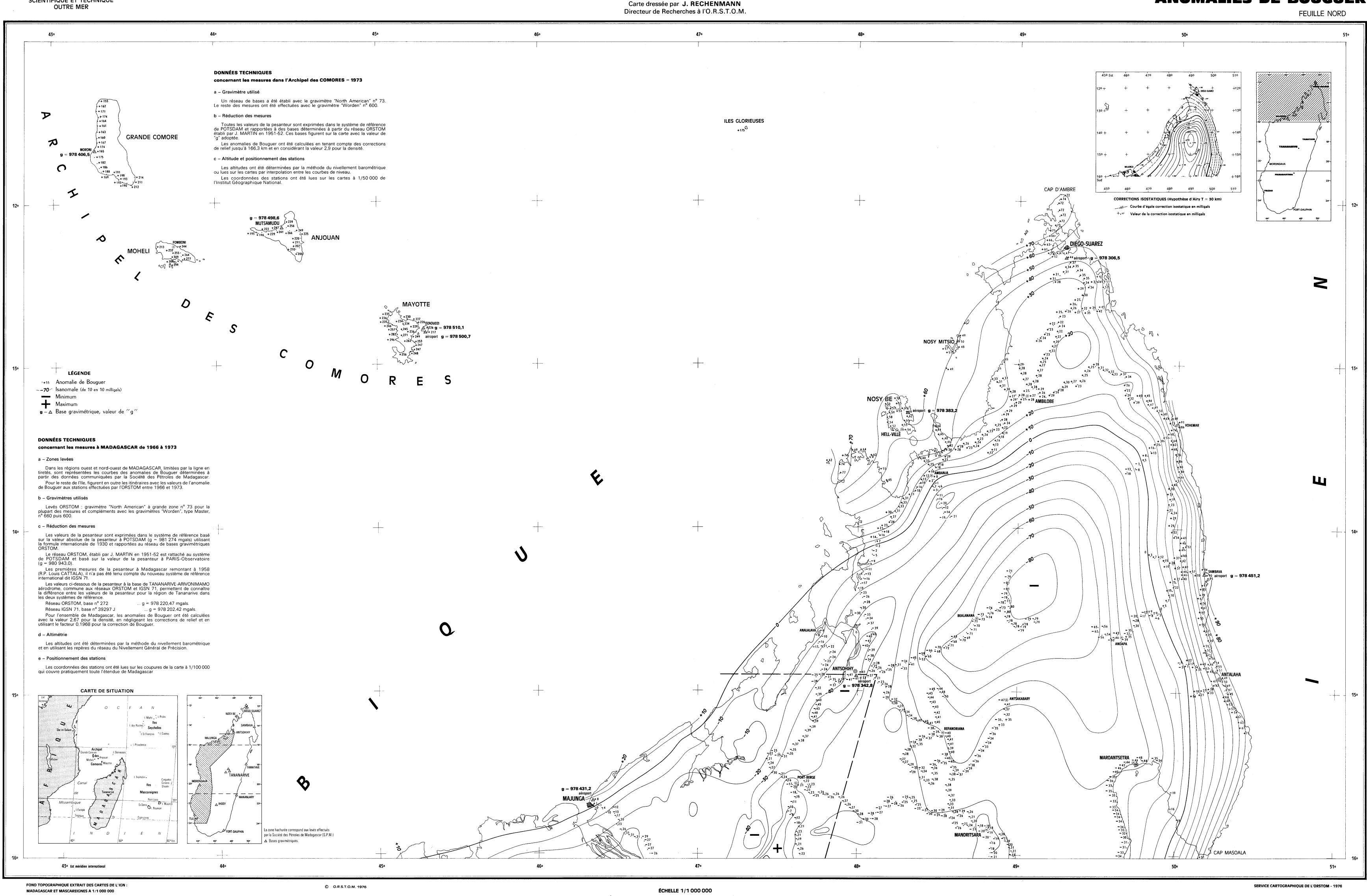


Echelle: 1/2 000 000

Service Central de Documentation
70-74, route d'Auinay - 93140 BONDY - FRANCE

GRAVIMÉTRIE ANOMALIES DE BOUGUER

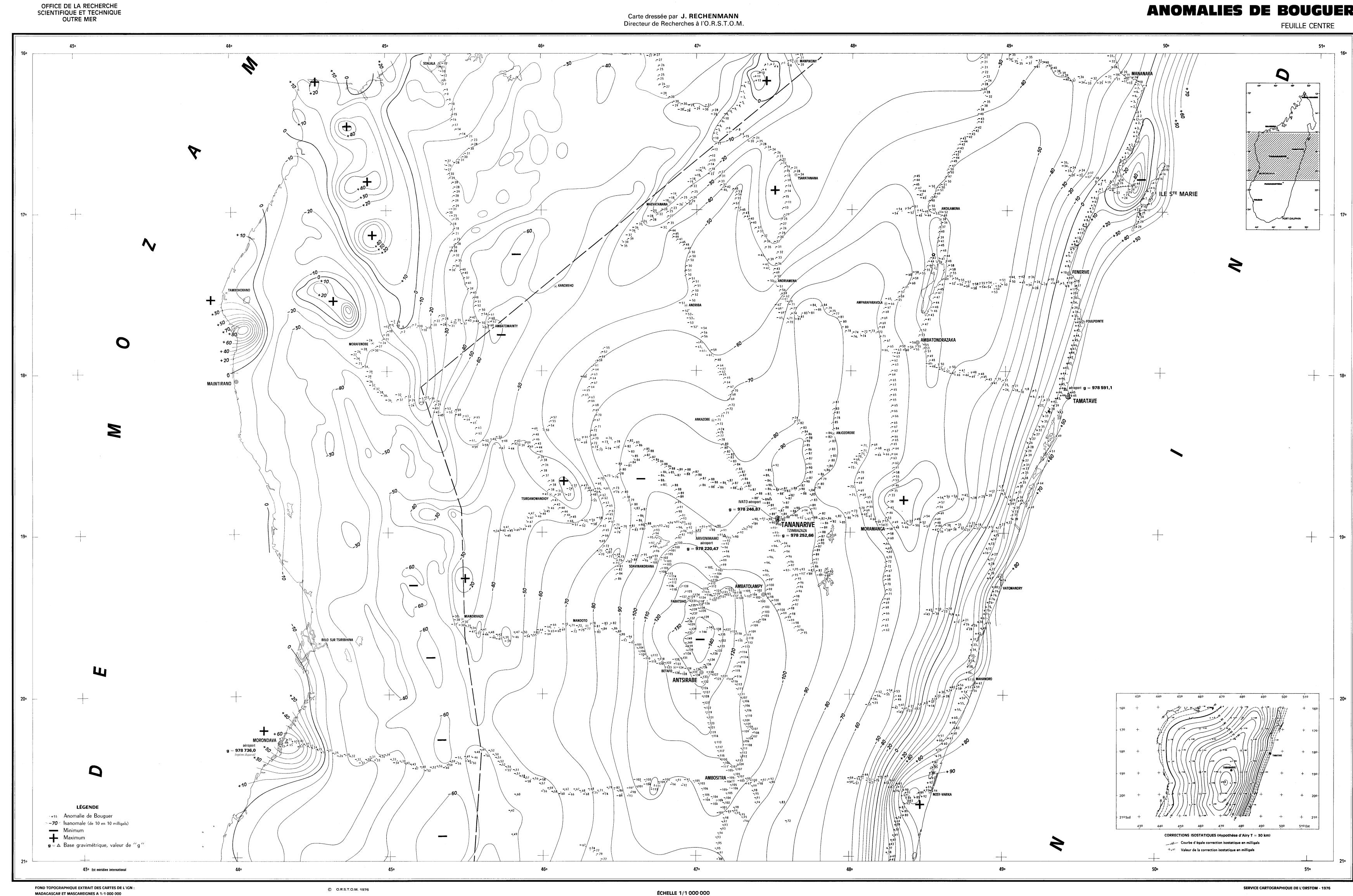




OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER Service Central de Documentation 70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY - FRANCE

# MADAGASCAR ET AUTRES ILES DE L'OCÉAN INDIEN : COMORES, MAURICE, RÉUNION

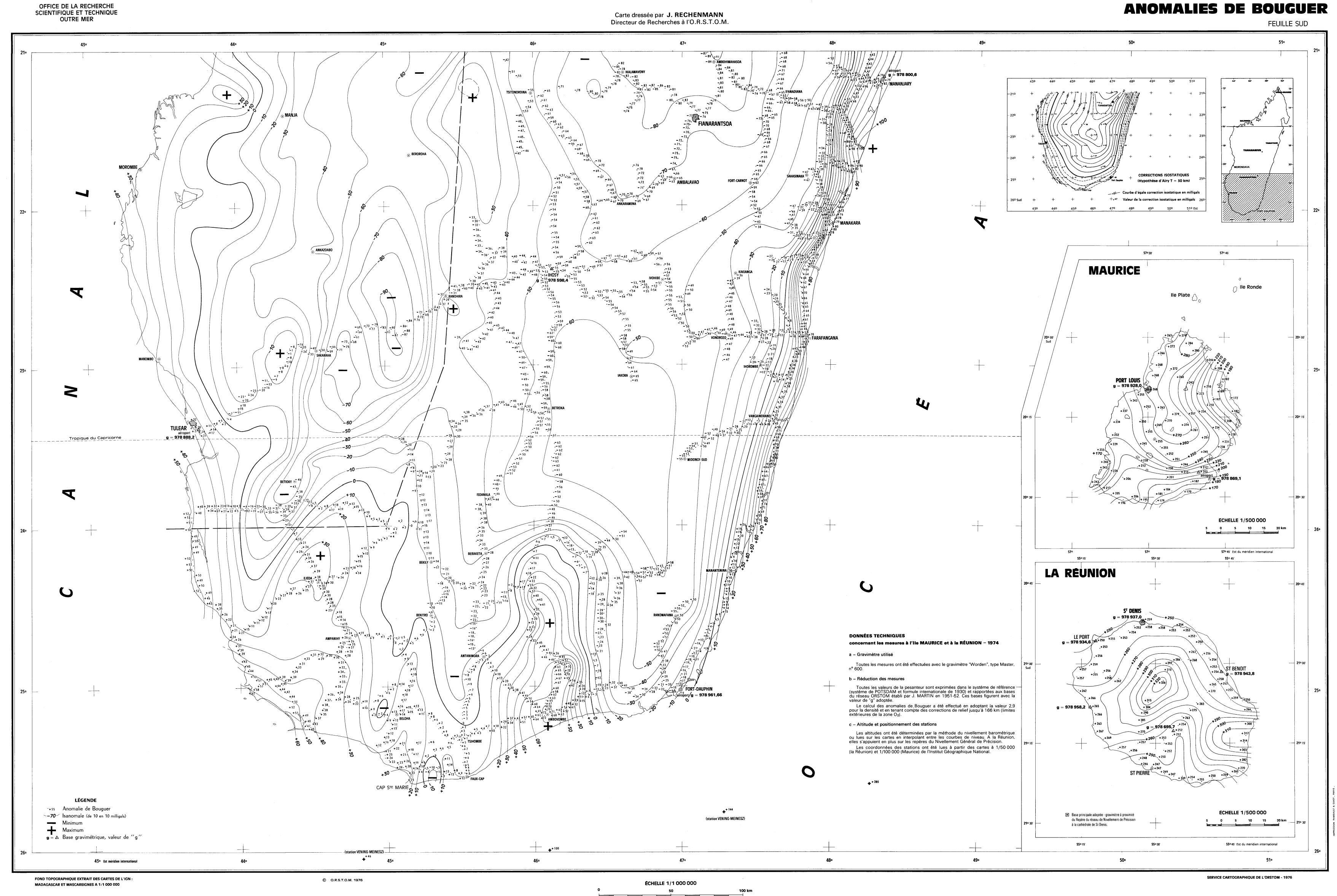
# GRAVIMÉTRIE ANOMALIES DE BOUGUER



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
Service Central de Documentation
70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY - FRANCE

# MADAGASCAR ET AUTRES ILES DE L'OCÉAN INDIEN : COMORES, MAURICE, RÉUNION

# GRAVIMÉTRIE ANOMALIES DE BOUGUER



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER Service Central de Documentation 70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY - FRANCE