

Académie royale
des
Sciences d'Outre-Mer

—
CLASSE
DES SCIENCES TECHNIQUES

—
Mémoires in-8°. Nouvelle série.
Tome XV, fasc. 5.

Koninklijke Academie
voor
Overzeese Wetenschappen

—
KLASSE
VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

—
Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.
Boek XV, aflev. 5.

Étude gravimétrique du Graben de l'Afrique centrale

La région des volcans Nyiragongo et Nyamuragira

PAR

Pierre ÉVRARD

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES ET GÉOLOGUE A. I. LG.
PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE
ASSOCIÉ DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

Louis JONES

GÉOGRAPHE DE L'I. G. M.
INGÉNIEUR A. I. A.
ASSOCIÉ DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

80A, rue de Livourne,
BRUXELLES 5

Livornostraat, 80A,
BRUSSEL 5

—
1963

PRIX : F 125
PRIJS :

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

MÉMOIRES

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESTE
WETENSCHAPPEN

VERHANDELINGEN

CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES
KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

TABLE DES MÉMOIRES
CONTENUS DANS LE TOME XV

LIJST DER VERHANDELINGEN
BEGREPEN IN BOEK XV

1. Échantillonnage et analyse des minerais hétérogènes à faible teneur (180 p., 9 fig., 1961) ; par A. PRIGOGINE.
 2. Géologie et pétrographie de la région de Kirotshe (Kivu) (73 p., 2 fig., 14 photos, 1961) ; par P. PASTEELS.
 3. Étude de la construction et de la stabilité des barrages en terre ou en enrochements. Application à des sols de fondation très déformables (Mémoire couronné au Concours annuel de 1960) (89 p., 41 fig., 1961) ; par A. FAGNOUL.
 4. De langsterkte van binnenschepen (Verhandeling bekroond in de Jaarlijkse Wedstrijd 1961) (59 blz., 17 fig., 1962) ; door E. CUYPERS.
 5. Étude gravimétrique du Graben de l'Afrique centrale. La région des volcans Nyiragongo et Nyamuragira (71 p., 11 fig., 1 carte et 2 fig. h. t., 1963) ; par P. ÉVRARD et L. JONES.
 6. La coopération au développement. Coordinations et planifications (173 p., 17 fig., 1963) ; par L. HENRARD.
-

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

Classe des Sciences techniques

MÉMOIRES

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE
WETENSCHAPPEN

Klasse voor Technische Wetenschappen

VERHANDELINGEN

Nouvelle série — Nieuwe reeks

in-8° — XV — 1961-1963

80A, Rue de Livourne,
BRUXELLES 5

| Livornostraat, 80A
BRUSSEL 5

1963

IMPRIMERIE J. DUCULOT

S. A.

GEMBLoux

Étude gravimétrique du Graben de l'Afrique centrale

La région des volcans Nyiragongo et Nyamuragira

PAR

Pierre ÉVRARD

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES ET GÉOLOGUE A. I. LG.
PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE
ASSOCIÉ DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

Louis JONES

GÉOGRAPHE DE L'I. G. M.
INGÉNIEUR A. I. A.
ASSOCIÉ DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER.

Mémoire présenté à la séance du 26 janvier 1962.

RÉSUMÉ

Au cours de son expédition au Nyiragongo (Kivu) en 1959, le Centre national de Volcanologie (Belgique) a procédé à un levé gravimétrique englobant les volcans Nyiragongo et Nyamuragira.

En 476 stations, la pesanteur fut déterminée à l'aide de gravimètres (North-American ou Worden selon le cas), tandis que les coordonnées X, Y, Z en étaient fixées par un levé topographique classique.

A partir des valeurs observées de la pesanteur, les auteurs ont déterminé deux valeurs plausibles pour la densité des roches *in situ*. Les anomalies de *Bouguer*, corrigées du relief topographique, ont été calculées avec ces deux densités.

L'étude interprétative des anomalies a conduit à calculer un modèle donnant un schéma structural plausible du fond du graben ; par ailleurs, les auteurs font apparaître les corrélations entre la morphologie de la région étudiée et les anomalies de pesanteur, là où l'insuffisance du levé ne permet pas une interprétation basée sur le calcul.

SAMENVATTING.

Tijdens zijn expeditie naar de Nyiragongo (Kivu) in 1959, is het Centre National de Volcanologie (BELGIË) overgegaan tot een gravimetriscche opname omvattend de vulkanen Nyiragongo en Nyamuragira.

De zwaartekracht werd in 476 opstellingspunten met behulp van gravimeters bepaald (North-American of Worden volgens het geval), terwijl de coördinaten X, Y, Z ervan door een klassieke topografische opname werden vastgesteld.

Vertrekkend van de opgenomen waarden der zwaartekracht, hebben de auteurs twee aannemelijke waarden voor de dichtheid der rotsen *in situ* bepaald. De *Bouguer*-anomalieën, verbeterd voor het topografisch reliëf, werden met die twee dichtheden berekend.

De interpretatieve studie van de anomalieën heeft geleid tot het berekenen van een model dat een aannemelijk structureel schema geeft van de bodem van de graben; anderzijds wijzen de auteurs op de correlaties tussen de vormen van de bestudeerde streek en de zwaartekracht anomalieën daar waar de ontoereikendheid van de opname geen interpretatie steunend op berekeningen toelaat.

SUMMARY.

During its expedition to the Nyiragongo (Kivu) in 1959, the « Centre national de Volcanologie » (Belgium) proceeded to a gravimetric survey comprising the Nyiragongo and Nyamuragira volcanoes.

By means of gravimeters (North-American or Worden, according to the case) the gravity was established in 476 stations ; the X, Y, Z coordinates of which were determined by a classic topographical survey.

Basing themselves on the recorded values of gravity, the authors have determined two plausible values for the density of the rocks « *in situ* ». The BOUGUER anomalies, corrected for the topographical relief, have been computed with these two densities. The interpretative study of the anomalies has led to the computation of a model, giving a plausible structural scheme of the bottom of the graben ; in another connection, the authors point out the correlations between the morphology of the studied area and the gravity anomalies, in those places where the inadequacy of the survey doesn't allow an interpretation based on computation.

Étude gravimétrique du Graben de l'Afrique centrale La région des volcans Nyiragongo et Nyamuragira

INTRODUCTION

1. Les levés gravimétriques et topographiques qui ont été effectués par la mission Nyiragongo 1959 du Centre national de Volcanologie [6] (*) représentent la réalisation partielle d'un projet élaboré en commun par les auteurs. Ce *Projet de levés gravimétrique et magnétique à réaliser dans la zone des volcans Nyiragongo et Nyamuragira* poursuivait un double but : d'une part, préciser les connaissances géologiques relatives aux parties profondes et très profondes de la zone volcanique étudiée par l'interprétation des anomalies gravimétriques et magnétiques ; d'autre part, suivre dans le temps les mouvements éventuels du sol et les variations du champ de pesanteur et en étudier les relations possibles avec l'activité volcanique de la région.

Le programme complet qui poursuivait ces buts et dont l'exécution aurait exigé 16 à 18 mois de terrain, comportait essentiellement :

- a) un levé gravimétrique d'ensemble étendu à la zone des Virunga, avec des antennes débordant largement la zone du graben, vers l'est et vers l'ouest ;
- b) un levé gravimétrique de détail couvrant les volcans Nyiragongo et Nyamuragira ;
- c) l'enregistrement de la marée gravimétrique en certains points caractéristiques ;
- d) deux nivellements de haute précision traversant le graben et le débordant à l'est et à l'ouest.

(*) Les chiffres entre [] renvoient à la bibliographie *in fine*.

e) des mesures magnétiques de la composante verticale aux stations gravimétriques.

Certaines catégories de mesures devaient être réitérées après des intervalles de 5 à 10 ans.

Le projet prévoyait une série de phases successives. Chacune d'elles représentait une étape devant donner des indications utiles pour la réalisation des phases ultérieures. Cette méthode de travail entraînerait des interprétations de plus en plus détaillées. C'est dans cette optique que la mission Nyiragongo 1959 a exécuté les travaux suivants, constituant la première partie du programme synthétisé plus haut :

- a)* étude gravimétrique de la zone centrée sur le Nyamuragira et le Nyiragongo, dans un rayon d'une trentaine de kilomètres : les stations étant distantes entre elles de l'ordre de 250m., un levé de semi-détail suit les routes entourant les deux volcans et les pistes passant par ceux-ci ;
- b)* observations (visuelles) gravimétriques en station fixe, à titre d'investigation expérimentale ayant pour but de préparer des opérations ultérieures d'enregistrement continu de la marée gravimétrique ;
- c)* levés de topographie classique nécessaires pour le calcul des anomalies gravimétriques. Les mesures topographiques devant en outre servir à améliorer la cartographie de la région étudiée, ont été appuyées sur le canevas géodésique existant ;
- d)* reconnaissance éventuelle d'emplacements pouvant convenir à l'installation ultérieure de stations de marée terrestre, à équiper d'instruments clinométriques et gravimétriques.
- e)* en magnétisme, des enregistrements continus des variations de la composante verticale du champ magnétique et un levé de cette composante ont été exécutés par G. Bonnet (I. R. S. A. C.) à l'intérieur du cratère et sur une partie des circuits gravimétriques. Ce travail a fait l'objet d'une première publication [1].

2. Il nous paraît opportun de nous arrêter un instant sur l'utilité toute particulière qu'ont eue les levés topographiques de la mission Nyiragongo 1959.

On sait l'intérêt de disposer de bons documents cartographi-

ques lors de l'étude géophysique d'une région. En ce qui concerne la chaîne des Virunga, on ne possédait qu'une carte au 100.000^e établie vers les années 1936 par la mission cartographique du Kivu. Ce document, remarquable pour l'époque, donne l'altimétrie par des *courbes de forme* à l'équidistance de 100m. ; il fut établi de façon particulièrement consciencieuse, comme nous avons pu le constater en le comparant avec nos levés topographiques.

Néanmoins, les caractéristiques d'échelle et d'altimétrie, ainsi que le degré de précision de la planimétrie de ce 100.000^e étaient peu adéquats à l'exploitation des mesures gravimétriques.

L'Institut géographique du Congo ex-belge n'ayant pas la possibilité de refaire rapidement une cartographie de la région des volcans Nyiragongo et Nyamuragira, le CENTRE NATIONAL DE VOLCANOLOGIE demanda à R. L. G. THONNARD de dresser une carte photogéologique à l'aide des photographies aériennes existantes. Établie par restitution simplifiée, cette carte put être considérablement améliorée par redressement à l'aide des levés topographiques de la Mission Nyiragongo 1959. (*carte en hors-texte*)

Par ailleurs, les opérations topographiques du Prof. Wisser, chargé de la photogrammétrie des parois du cratère [15], ainsi que celles du géologue VERHAEGHE qui travaillait dans le cratère, furent reliées au levé topographique établi pour la gravimétrie. Toute la topographie de la mission Nyiragongo 1959 forme donc un ensemble homogène.

3. Plusieurs personnes ou Institutions ont apporté leur contribution au travail que nous présentons dans les chapitres qui suivent :

Direction de la Mission Nyiragongo 1959 : P. EVRARD.

Mesures sur le terrain ;

Gravimétrie : P. L. MATHIEU, puis P. EVRARD et L. HANNESSE.

Topographie : L. HANNESSE et R. DELISSE.

Cartographie : R. L. G. THONNARD ; Institut Géographique Militaire (IGM).

Interprétation : P. EVRARD et L. JONES.

Calculs classiques : R. LIZEN, H. VANDENBERGEN, L. HANNESSE
et L. JONES.

Calculs électroniques : I. G. M. (sous la direction de R. CHEVALIER).

Dessin : J. PISSOORT, H. VANDENBERGEN.

Organisation, coordination, contrôle : L. JONES.

Nous exprimons nos très vifs remerciements à tous nos collaborateurs, ainsi qu'à MM. A. CAPART, Y. DE MAGNÉE, P. WISER et P. MELCHIOR pour les avis qu'ils nous ont donnés dans divers domaines.

CHAPITRE I

LES OPÉRATIONS TOPOGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES

1. Les opérations topographiques au profit de la gravimétrie.

1.1. PROGRAMME PRÉVU.

Deux équipes topographiques (L. HANNESSE et R. DELISSE) devaient accompagner l'équipe gravimétrique (P. L. MATHIEU) afin d'assurer la simultanéité des levés. Ceux-ci seraient réalisés le long des itinéraires suivants, formant deux boucles fermées contiguës (*voir carte en hors texte*) :

pistes :

Mushebele — Nyamuragira — Mushumangabo — Kakomero ;

Kibati — Nyiragongo — Mushumangabo.

routes :

Kakomero — Kibati — Goma — Sake — Gandjo — Mushebele.

Au moins une station serait rattachée en planimétrie (X, Y) au réseau géodésique, avec orientation dans celui-ci. Une seule station serait rattachée en altimétrie (Z) au sommet de triangulation du mont Goma.

Le repérage des stations gravimétriques serait réalisé, tous les kilomètres, par un repère métallique (*Fig.1*) scellé dans la roche ou dans une borne en béton simple coulée dans une fouille, les stations gravimétriques intermédiaires étant repérées par un piquet ou une marque à la peinture.

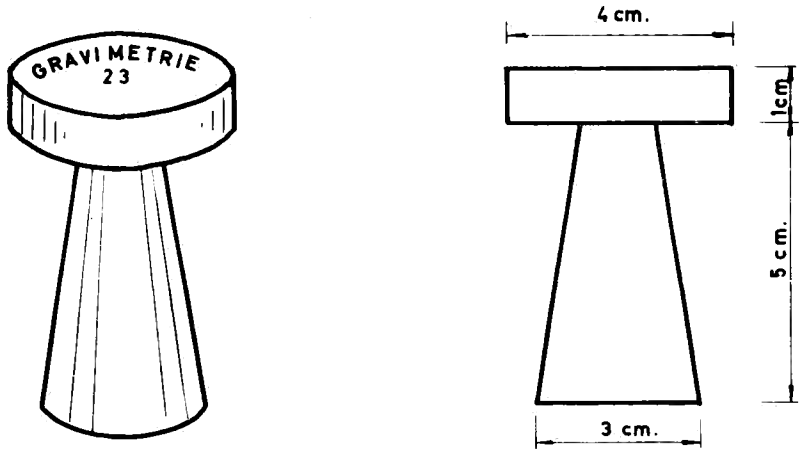


FIG. 1. — Repère métallique.

L'équipement de mesures consistait en :

- 1 théodolite Wild T 2 ;
- 1 théodolite Wild RDS ;
- 1 niveau automatique Zeiss Ni 2 ;
- Les accessoires topographiques habituels.

La planimétrie et l'altimétrie des pistes seraient faites par tachéométrie, alors que, sur les routes, la préférence serait donnée au niveau Ni2 pour l'altimétrie.

Dans la mesure du possible, une vingtaine de stations seraient marquées à la peinture de telle sorte qu'elles soient repérables sur les photos aériennes qu'on espérait pouvoir obtenir de l'I. G. C. B. dans un avenir rapproché. Enfin, les topographes s'attacheraient à situer les cavités souterraines rencontrées pouvant servir ultérieurement de stations d'enregistrement de marée terrestre.

1.2. RÉALISATIONS.

Si nous avons évoqué ce qui était prévu, alors que ce n'était rien de moins que classique, c'est que la réalisation allait présenter, bien malgré nous, certaines lacunes. Au moment où la mission

en était à la moitié de sa durée d'exécution, une circonstance imprévisible et impérative obligeait le gravimétriste, P. L. MATHIEU, à rejoindre Bruxelles. A ce moment, les levés simultanés sur les pistes étaient achevés ; par la suite, il n'allait plus être possible de mener de pair les opérations topographiques et gravimétriques, ni de réaliser dans le délai imposé l'entièreté du programme envisagé.

La *figure 2* qui donne la chronologie des diverses opérations montre comment il fut tiré parti des nouvelles circonstances. P. EVRARD, qui avait quitté la région, revint à Goma pour effectuer une partie des mesures gravimétriques et initier L. HANNESSE à la pratique de celles-ci. Les travaux réalisés sont schématisés sur la *figure 3* ; on peut constater que l'intervalle entre stations gravimétriques n'a pas pu être maintenu partout à quelque 250 m. ; que le levé planimétrique reste « ouvert » à l'ouest, entre Sake et Gandjo ; que le rattachement planimétrique au réseau géodésique fut réalisé au mieux des contingences de temps disponible et de possibilités des visées à longue distance. Les stations V. 16 A (sommet du Nyiragongo) et V. 15. 2 (entre Kibati et Goma) ont été fixées par résolution de deux triangles à deux angles mesurés et de base commune : Goma — Bushwaga (*fig. 3*).

Les coordonnées de ces points géodésiques (respectivement 30/06 et 30/07) ont été tirées de [8] : elles sont définies sur l'ellipsoïde de CLARKE 1880, projection conforme de GAUSS, méridien central 30° E. Il en est résulté les coordonnées suivantes pour

$$V\ 16-A \begin{cases} X = 416\ 537,48 \\ Y = 9\ 831\ 353,96 \end{cases} \quad V.\ 15.\ 2 \begin{cases} X = 415\ 827,96 \\ Y = 9\ 818\ 727,78 \end{cases}$$

Par ailleurs, des visées d'orientation sur Goma et Bushwaga furent faites à titre de contrôle à partir de cinq sommets situés sur le cheminement Nyiragongo, Kibati, Goma, Sake (au total : 16 visées). Les résultats de ces visées sont satisfaisants pour les buts proposés puisque les différences entre les directions mesurées et les directions calculées sont noyées dans la précision du report au plan des points levés.

Quant au réseau altimétrique, il a été rattaché par nivellement géométrique au point géodésique de Goma dont l'altitude (1 591,30 m) a été prise comme origine.

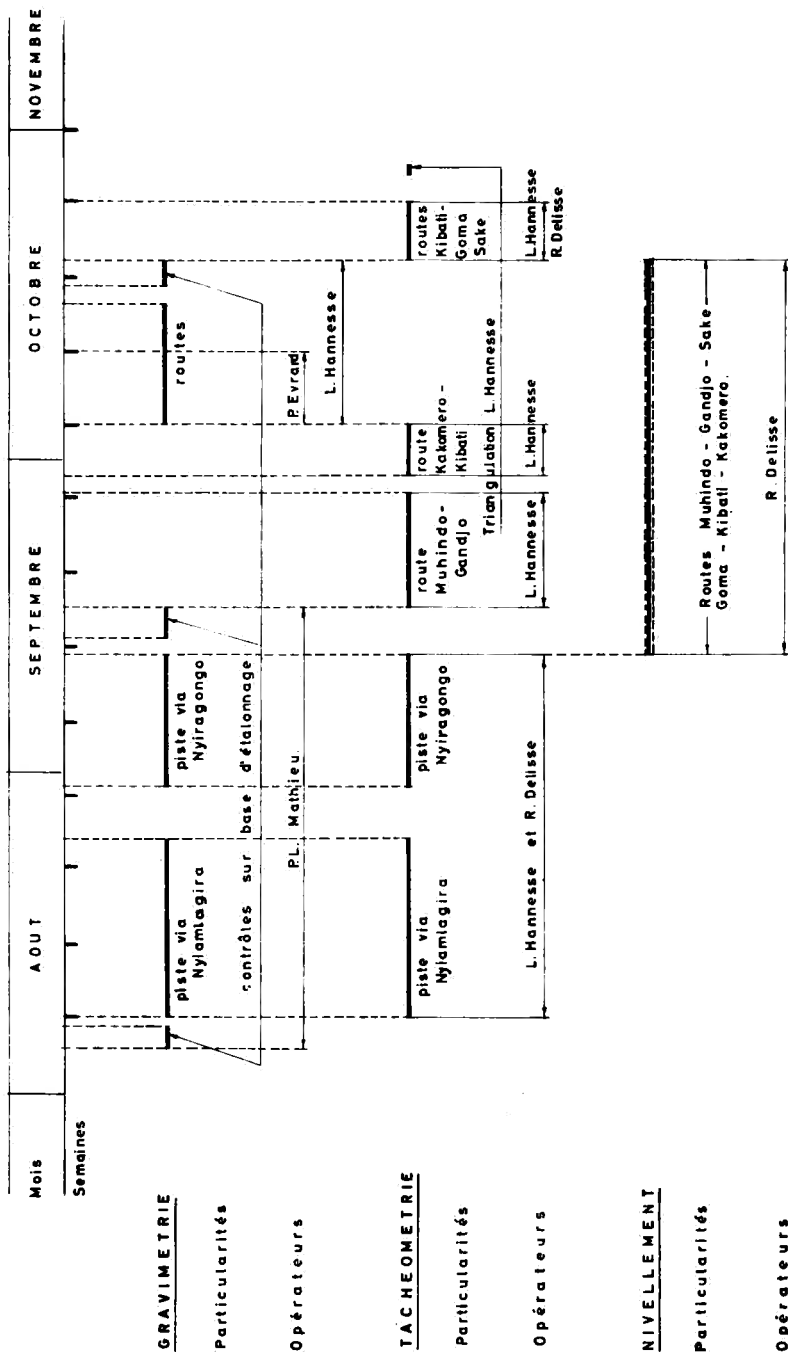


Fig. 2. — Tableau chronologique des levés réalisés.

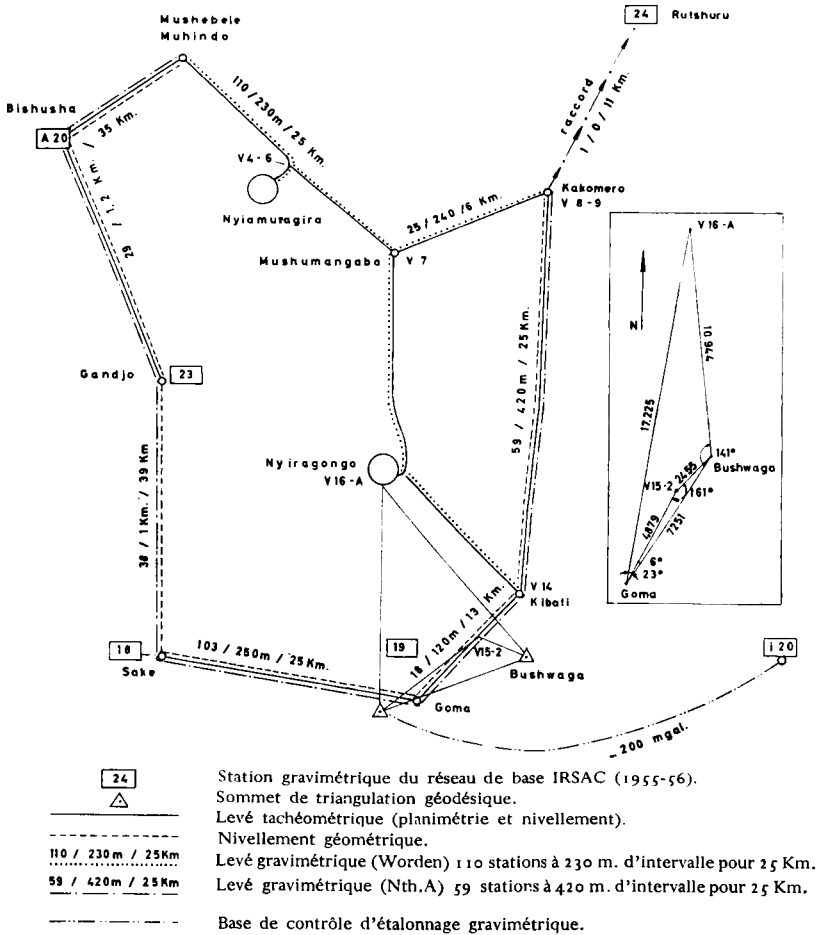


FIG. 3. — Schéma des travaux réalisés.

Le calcul des altitudes point par point a nécessité un examen approfondi de toutes les mesures et de tous les calculs de différences d'altitudes par suite de la grandeur anormale des fermetures brutes des deux boucles (fig. 3) constituant le réseau : — 8,125 m à l'Ouest, + 10,589m à l'Est. Il est apparu que sur les pistes levées en nivellement trigonométrique, de Mushebele à Kibati en passant par les deux volcans, il existait une erreur systématique entre les visées arrière et avant. Cette erreur aurait été très vraisemblablement provoquée par un effet de ré-

fraction atmosphérique, augmenté par l'importance de la pente du cheminement. Par ailleurs, la fermeture acceptable du circuit périmétrique, les contrôles satisfaisants fournis par la comparaison des nivellements géométrique et trigonométrique sur certains tronçons du périmètre permettaient de localiser la partie principale des erreurs cumulatives sur la piste Mushumangabo — Kibati. Il fut décidé que l'on accepterait comme exempt d'erreur le nivellement au niveau automatique sur le circuit Kakomero — Goma — Sake — Mushebele. A partir des altitudes ainsi fixées pour les trois stations Kakomero (V.7.24.a) Kibati (V.14) et Mushebele (V.1.a), la station de Mushumangabo (V.7) fut compensée en utilisant le seul nivellement trigonométrique dont on sélectionna attentivement les mesures directes et verses. L'altitude de V.7 ainsi calculée vaut : 2 032,3 m.

Le bien-fondé de cette solution est confirmé par la bonne continuité des profils d'anomalies gravimétriques. Signalons ici que les résultats altimétriques publiés en annexe font apparaître la distinction entre les altitudes trigonométriques, données au décimètre près, et les altitudes géométriques données au centimètre.

1.3. LEVÉ RAPIDE D'ITINÉRAIRE.

Le petit circuit qui monte au sommet du Nyamuragira à partir de la station V4. 6 située sur la piste a été levé à la boussole et à l'altimètre de poche. Les altitudes publiées en annexe sont données au mètre près.

2. Les opérations topographiques au profit des travaux dans le cratère du Nyiragongo.

2.1. A partir de la station V. 16, située au sommet du Nyiragongo, le topographe L. HANNESSE procéda à diverses mesures devant servir à rattacher au levé topographique principal ceux effectués sur la première plateforme par d'autres membres de la mission Nyiragongo 59 (*fig. 4*).

Le « *repère Meyer* », ou « *Point Est* » fut déterminé par deux recouvrements et son altitude mesurée trigonométriquement.

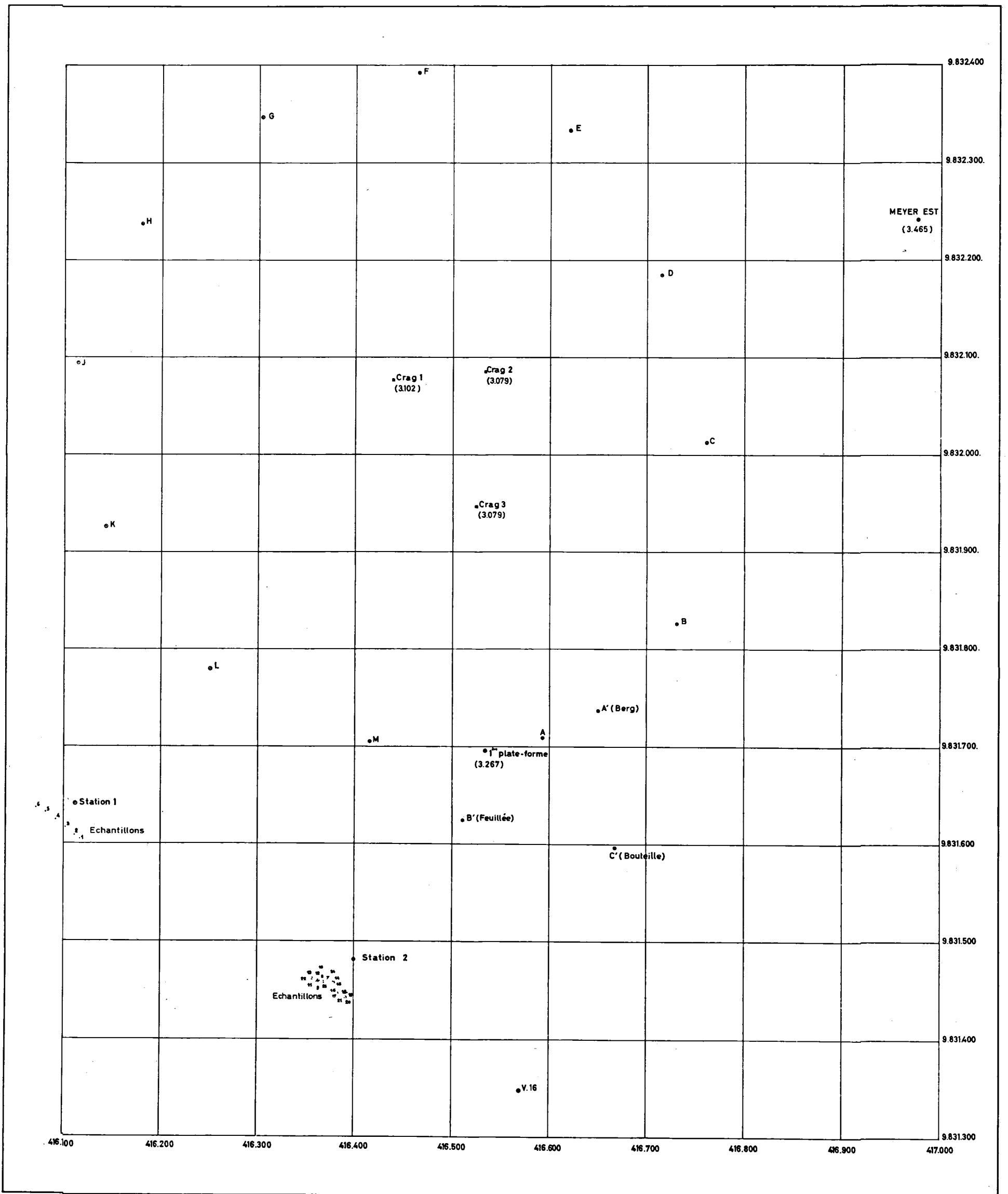


FIG. 4. — Données topographiques relatives au cratère.

Ses coordonnées sont :

$$\begin{cases} X = 416\,976,56 \text{ m} \\ Y = 9\,832\,241,78 \text{ m} \\ Z = 3\,465,2 \text{ m (sommet du tripode)} \end{cases}$$

Ces données ont été utilisées par le Prof. P. WISER pour la topographie servant à ses levés photogrammétriques [15] ; elles sont intervenues dans le calcul du levé topographique du géologue VERHAEGHE dont nous parlons plus loin.

Par ailleurs, L. HANNESSE détermina un point de la première plateforme qu'il identifia comme devant être le « *sommet A* » de la polygonale du PROF. WISER. Il devait apparaître, après calcul, qu'il s'agissait là d'une erreur d'identification. Si en planimétrie, on a perdu de la sorte le bénéfice d'un rattachement plus serré de la topographie « *Wiser* » au réseau extérieur de L. HANNESSE, en altimétrie par contre on a déterminé l'altitude de la première plateforme.

Les coordonnées du point « 1^e plateforme » sont :

$$\begin{aligned} X &= 416\,534,42 \text{ m} \\ Y &= 9\,831\,695,73 \text{ m} \\ Z &= 3\,266,6 \text{ m (au sol)}. \end{aligned}$$

2.2. A partir des mesures du géologue VERHAEGHE, nous avons calculé les points 1 et 2 lui ayant servi de base à une série de rayonnements sur des prélèvements d'échantillons.

Ces points avaient été rattachés, au théodolite, aux repères B' (« *Feuillée* ») et C' (« *Bouteille* ») de la polygonale « *Wiser* » et au « *repère Meyer* » ; l'ensemble forme un quadrilatère avec point intérieur pour lequel 11 mesures d'angles existent. Ce complexe a fait l'objet d'une compensation qui a fourni finalement les coordonnées suivantes :

$$\begin{array}{ll} 1 : X = 416\,113 \text{ m} & 2 : X = 416\,400 \text{ m} \\ Y = 9\,831\,641 \text{ m} & Y = 9\,831\,482 \text{ m.} \end{array}$$

Enfin, les mesures de recoupement de VERHAEGE sur les points 1, 2 et 3 du crag, tant en planimétrie qu'en nivellement trigonométrique ont fourni les coordonnées :

Crag 1 :	X =	416 439 m
	Y =	9 832 077 m
	Z =	3 102 m
Crag 2 :	X =	416 533 m
	Y =	9 832 086 m
	Z =	3 079 m
Crag 3 :	X =	416 524 m
	Y =	9 831 947 m
	Z =	3 079 m

2.3. REMARQUE.

Le manque de temps empêcha la réalisation de deux points prévus au programme du team topographique : l'équipement du terrain en vue de futures prises de vue aériennes et la localisation d'emplacements pouvant servir ultérieurement de stations souterraines d'enregistrement de marée terrestre.

A ce dernier sujet, L. HANNESSE signala néanmoins deux grottes situées à quelque 2-3 km de la station V8 en allant vers V7 et au Sud de la piste.

3. Quelques commentaires sur les opérations topographiques.

3.1. En ce qui concerne les instruments il y a lieu de mentionner, en regard des qualités bien connues du théodolite Wild T 2, une certaine déficience du tachéomètre auto-réducteur Wild R.D.S. Cet instrument, quoique robuste et pratique, s'est dérégulé dans son dispositif autoréducteur vers les coefficients 0,5 et 1 et il a fallu en abandonner l'emploi. Il faut évidemment rappeler les conditions très rudes d'utilisation sur les pistes. Quant au niveau automatique Zeiss Ni2, utilisé sur routes, il s'est avéré être un appareil excellent, sûr, précis et de grand rendement ; il y a lieu toutefois d'appliquer la règle du contrôle périodique des réglages.

En ce qui concerne les méthodes de levé, la polygonation tachéométrique était parfaitement adaptée au cheminement sur piste ; mais les conditions locales de pentes entraînant des angles de site jusqu'à 30°, l'impossibilité d'obtenir une bonne verticali-

té des mires à cause du terrain et des porte-mire peu qualifiés sont des éléments qui sont certainement intervenus pour entacher la précision du nivellement trigonométrique.

3.2. Les prestations topographiques et leur rendement sont résumés dans le *Tableau* suivant :

Éléments	Pistes (T2 + RDS)	Routes		
		T2	RDS	Ni2
Journées de travail	36	15	2	28
Nombre total de kilomètres cheminés	54	93	7	139
Nombre total de mises en stations	887	603	51	1876
Intervalle entre 2 stations	61 m	154 m	137 m	74 m
Nombre de mises en stations par jour	25	40	25	67
Kilomètres par jour	1,5 km	6,2 km	—	5 km
Moyenne journalière des intempéries	1 heure	1 heure		

3.3. La constitution d'un team gravimétrique-topographique devant opérer dans un cadre géographique tel que celui de la région des volcans du Kivu doit tenir compte de deux éléments importants, surtout si la durée de la mission est a priori limitée dans le temps : avec le rapport — qui est adéquat — de 2 topographes pour 1 gravimétriste, il est indispensable que l'un des topographes soit capable d'opérer en gravimétrie et il est souhaitable que le gravimétriste le soit en topographie ; par ailleurs, le team doit être complété par un calculateur.

Sous ces conditions, il est possible d'assurer en permanence et avec le rendement maximum la simultanéité de l'exécution des mesures gravimétriques et topographiques (particulièrement importante lors des levés de pistes pour lesquels le sens de marche est toujours « vers l'avant ») et d'assurer la relève en gravimétrie le cas échéant ; par ailleurs, un premier calcul de la topographie pouvant être réalisé sur le terrain, toute anomalie décelée dans les résultats peut faire l'objet de mesures de contrôle. Si les circonstances l'avaient permis, la mission gravimétrique-topographique 1959 eut tiré profit d'une telle organisation.

3.4. COMPARAISON D'ALTITUDES.

Quatre stations avaient été nivelées en 1956 par nivellement barométrique [7]; elles furent reprises dans le nivellement géométrique de la mission Nyiragongo 1959. Voici les résultats comparatifs (en mètres) :

Station	Z barométrique	Z géométrique
19	1 543,5	1 543,93
18	1 481,5	1 477,61 (emplacement modifié)
23	2 022,5	2 015,33
A 20	1 992,0	1 987,80

4. Les opérations cartographiques.

Les polygonations qui furent faites ont été calculées en coordonnées rectangulaires X, Y (*voir ci-dessus* § 1.2). Pour le calcul des anomalies de BOUGUER, il importe de connaître la latitude de chaque station.

Le document cartographique le plus récent qui était disponible était celui de R. L. G. THONNARD obtenu par restitution simplifiée de photos aériennes établie à une échelle approximative de 1/50 000. Cette carte fut redressée par appui sur le report au plan au 1/50 000 des levés topographiques (les détails sur ces travaux feront l'objet d'une publication ultérieure de R. L. G. THONNARD). Dès lors, il s'agissait de tracer sur cette carte un réseau de parallèles. En principe, il suffisait de faire le transport de coordonnées des latitudes rondes aux X, Y en utilisant les tables de la projection de GAUSS — CLARKE 1880.

Une petite étude fut faite préalablement afin de s'assurer que l'on pouvait effectivement négliger les corrections de convergence et de géodésique. Divers calculs de contrôles furent réalisés en utilisant les données de points géodésiques. En conclusion, la carte établie, telle qu'elle figure en hors texte, peut être considérée comme un très bon document planimétrique sur lequel toute mesure graphique est valable et suffisamment précise pour les besoins de la gravimétrie.

Nous attirons l'attention sur le fait que l'altimétrie est figurée par des courbes de forme qui n'ont qu'une valeur qualitative; seules les altitudes inscrites près de chaque point figurant une

station ont une valeur intrinsèque. Enfin, par suite d'une erreur de dessin de la minute du fond de carte, il existe une courbe de forme montant en spirale au Nyiragongo. Cette coquille cartographique n'a été décelée qu'après l'impression de la carte ; nous nous en excusons.

CHAPITRE II

LES OPÉRATIONS GRAVIMÉTRIQUES

1. Généralités.

Les opérations gravimétriques furent réalisées avec deux gravimètres : le North-American AG-1-134 prêté par l'I. R. S. A. C. et le Worden n° 194 prêté par la Faculté Polytechnique de Mons. Le premier a été utilisé pour des observations en station à Goma tout d'abord, ensuite sur la première plateforme. Durant ce temps, le Worden a été employé pour le levé sur les pistes. Ce travail étant achevé, le North-American, redescendu du cratère, a servi à terminer les mesures gravimétriques le long des routes.

2. Les mesures d'étalonnage des gravimètres.

2.1. Le gravimètre North-American AG-1-134 fut envoyé en revision à Houston (USA) avant le départ de la mission ; le coefficient d'étalonnage déterminé en usine valait : 0,189 38 mgal. Après diverses mesures de réception en Belgique, P. L. MATHIEU procéda, du 22 au 28/7/59, au contrôle de l'étalonnage sur la base française Paris-Toulouse — Bagnères de Bigorre — Sainte-Marie de Campan, les déplacements étant faits en voiture. Le coefficient 0,189 38 mgal fut vérifié à 2,5 ‰ près ; cette approximation étant située dans le domaine de la précision des mesures, ce coefficient a été adopté.

Dès lors, le gravimètre North-American a été choisi comme instrument-étalon.

2.2. UNE BASE LOCALE DE CONTRÔLE D'ÉTALONNAGE fut établie dans la région du Nyiragongo entre la station 19 (Aérodrome

de Goma) et la station 1.20 à la crête Congo-Nil (ancienne station i-20 : voir [7]). La portée de cette base fut mesurée avec le North-American les 16.9.59, 16.10.59, 20.10.59 et 27.10.59 ; sa valeur moyenne à partir de 12 mesures est égale à 202,04 mgal, avec une e.m.q. de 0,02 mgal.

2.3. LE GRAVIMÈTRE WORDEN 194 fut étalonné sur la base locale ci-dessus. A partir de 8 mesures, réparties sur les journées des 8 et 9/8/59 et 16/9/59, on a obtenu comme coefficient d'étalonnage du « *small dial* » (S D) : 0,089 4 mgal. Cette valeur a été adoptée en remplacement de celle, 0,089 66 mgal, fournie par l'usine.

Par ailleurs, le rapport « LD » (*large dial*) à « SD » (*small dial*) fut obtenu à partir des 27 comparaisons faites sur le terrain à l'occasion des « *resets* » en certaines stations ; ce rapport est défini comme suit :

$$(L D) = 83,0 (S D)$$

2.4. Les mesures sur la base de contrôle d'étalonnage n'ont pas fait apparaître de variation des coefficients d'étalonnage au cours du temps.

3. Observations en station fixe.

Le texte de ce paragraphe a été établi en s'appuyant sur le rapport du Professeur WISER et sur les avis de P. MELCHIOR (O.R.B.).

3.1. LE BUT poursuivi en faisant procéder à des observations visuelles au gravimètre North-American n° 134 consistait en une simple investigation expérimentale dont le résultat devait permettre de décider si, dans l'avenir, on installerait ou non des stations d'enregistrement continu de la marée gravimétrique dans la région du volcan Nyiragongo. Un emplacement devait être occupé à Goma, l'autre sur la première plateforme du Nyiragongo. Les observations sur celle-ci fourniraient peut-être des enseignements inattendus.

3.2. LES OBSERVATIONS furent effectuées par le Professeur P. WISER ; MM. BONNET, EVRARD et COUTELIER y participèrent dans une certaine mesure.

A GOMA, la station fut choisie dans une dépendance de l'Hôtel des Grands Lacs, le pavillon 22, situé à l'ouest de la route de Kisengi, à 25 m de celle-ci. L'instrument, sur son trépied, fut installé dans la chambre Sud, à proximité du mur Sud. La stabilité était excellente. La température du local s'est maintenue entre 22 et 25° C. ; celle du gravimètre est restée stable à 49,18° C. L'instrument était orienté de telle sorte que la ligne : centre de sa face supérieure — oculaire soit dans l'azimut magnétique de 15°.

Les observations ont commencé le 9.8.59 à 22 h 00 et ont été arrêtées le 13.8.59 à 24 h 00 ; elles ont été faites à chaque heure ronde par MM. BONNET et WISER, qui se relayaient toutes les 10 à 12 heures. Les lectures étaient réalisées en ramenant le fil mobile au zéro, de la droite vers la gauche.

Une exploitation graphique des résultats d'observations montre :

— une dérive négative jusqu'au 10.8.59 à 24 h 00 (de l'ordre de 0,26 mgal en 24 h due au fait que le gravimètre avait été transporté en voiture la veille de l'expérience ; ensuite la dérive est légèrement positive (0,03 mgal/24 h).

— la courbe d'observation, dépouillée de la dérive, est comparable à la courbe de marée calculée [14].

— une seule anomalie a été observée : le 13.8.59 à 18 h 00. A ce moment, le fil mobile, fortement agité, dévia vers la droite ; la courbe observée accuse, à 19 h 00, un minimum plus important qu'il ne devrait l'être. Et cependant aucun séisme ne fut enregistré vers ces heures ni dans le cratère, ni aux stations séismologiques de l'I.R.S.A.C.

Sur la 1^{re} plateforme du cratère (Camp III), la station du gravimètre fut située dans la tente du Professeur WISER (à 10 m du cairn drapeau, dans l'azimut 320°), l'instrument ayant la même orientation qu'à Goma. La stabilité du sol de lave scoriacée était suffisante ; le fonctionnement des groupes électrogènes situés à 25 m de la station ne gênait pas les observations. Des incidents de chauffage se produisirent et il fallut passer au débit « *Winter* » pour obtenir une stabilisation de la température interne à 49,15° C. Les observations furent commencées le 29.8.59 à 19 h 00 ; de deux en deux heures elles furent poursuivies jusqu'au 2.9.59 à 15 h 00.

Comme dans le cas précédent, une exploitation graphique fournit une dérive moyenne de $+ 0,1$ mgal. La courbe d'observation dépouillée de cette dérive, montre une périodicité de marée, mais des causes inconnues provoquent des perturbations locales ayant une périodicité propre.

Si les minima et maxima sont relativement bien en place, leur amplitude est sensiblement plus importante qu'il ne devrait.

Remarque : Les observations ont été faites, pour la plupart, par le Prof. WISER, en plus de sa mission principale qui consistait en la photogrammétrie du cratère. MM. ÉVRARD et COUTELIER l'ont relayé à certains moments. C'est pourquoi il n'a été possible de faire des mesures que toutes les deux heures.

3.3. CONCLUSIONS.

Les résultats de l'expérience décrite ci-dessus permettent d'envisager favorablement l'enregistrement continu, durant des périodes de quelques mois, des variations de la pesanteur aussi bien dans le cratère du Nyiragongo qu'à proximité de ce volcan.

Il y aurait lieu, évidemment, de disposer de gravimètres avec enregistreur. Deux stations devraient fonctionner en même temps : l'une à Goma, par exemple, l'autre dans le cratère.

L'équipement de cette dernière devrait être basé sur un principe de télé-commande.

La connaissance que l'on a maintenant des amplitudes observées permettra de pré-régler la sensibilité des enregistreurs.

P. MELCHIOR, qui a examiné les résultats des observations gravimétriques au Nyiragongo, nous a fait part de plusieurs remarques intéressantes. Nous signalerons notamment celles-ci :

« Suite à l'analyse harmonique d'une station japonaise sur le volcan Aso (34 jours), il paraît indispensable de disposer d'une durée d'enregistrement de plus d'un mois. Les résultats ne semblent pas anormaux du point de vue marées terrestres. La dérive de l'instrument est peut-être ce qu'il y a de plus intéressant à suivre en ce qui concerne la volcanologie.

Il y a lieu de soigner la qualité des piliers et l'isolement du local vis-à-vis des agents atmosphériques.

Des stations d'enregistrement gravimétrique sur, ou près du Nyiragongo apporteront des renseignements originaux. »

4. Le levé gravimétrique.

4.1. LA CONFIGURATION D'ENSEMBLE DU RÉSEAU mesuré en gravimétrie apparaît sur la *figure 3* ; la répartition des stations est indiquée sur la *carte en hors-texte* ; la chronologie des opérations est donnée par la *figure 2*.

Les itinéraires passant par les volcans (VI, V7, V8 et V7, V14) furent levés avec le gravimètre Worden n° 194, les déplacements étant faits à pied.

Les itinéraires suivant les routes furent levés avec le gravimètre North-American AG-1 n° 134, les déplacements étant faits avec une voiture Peugeot 403 ; ce véhicule n'était pas aménagé spécialement pour effectuer de la gravimétrie.

4.2. LA COMPENSATION DU RÉSEAU GRAVIMÉTRIQUE.

La *figure 5* rassemble les données relatives à la compensation. Quatre stations (23, A20, 24 et 19) dont la pesanteur était connue [7] servent d'appui au réseau de la mission Nyiragongo 1959. Deux d'entre elles (A20 et 24), situées en dehors des itinéraires levés, firent l'objet de jonctions directes avec des points du réseau.

Une différence assez grande dans la précision des mesures faites avec chacun des deux gravimètres utilisés était apparue lors des mesures réalisées sur la base locale de contrôle d'étalement (e. m. q. de 0,06 mgal sur 12 mesures North-American ; de 0,34 mgal sur 8 mesures Worden).

Par ailleurs, les conditions difficiles du levé à pied avaient conduit à une réduction sensible du nombre de mesures de contrôle pour dérive instrumentale, ce qui diminuait encore la précision des mesures Worden. Il était dès lors assez illusoire de procéder à une compensation d'ensemble du réseau avec attribution de poids. On a donc choisi une méthode consistant à

1° Compenser les tronçons levés avec North-American par appui sur les points connus ; les valeurs de g aux stations V1, 18, V14 et V8 ont été ainsi calculées ;

2° Compenser le réseau Worden en calculant g à la station

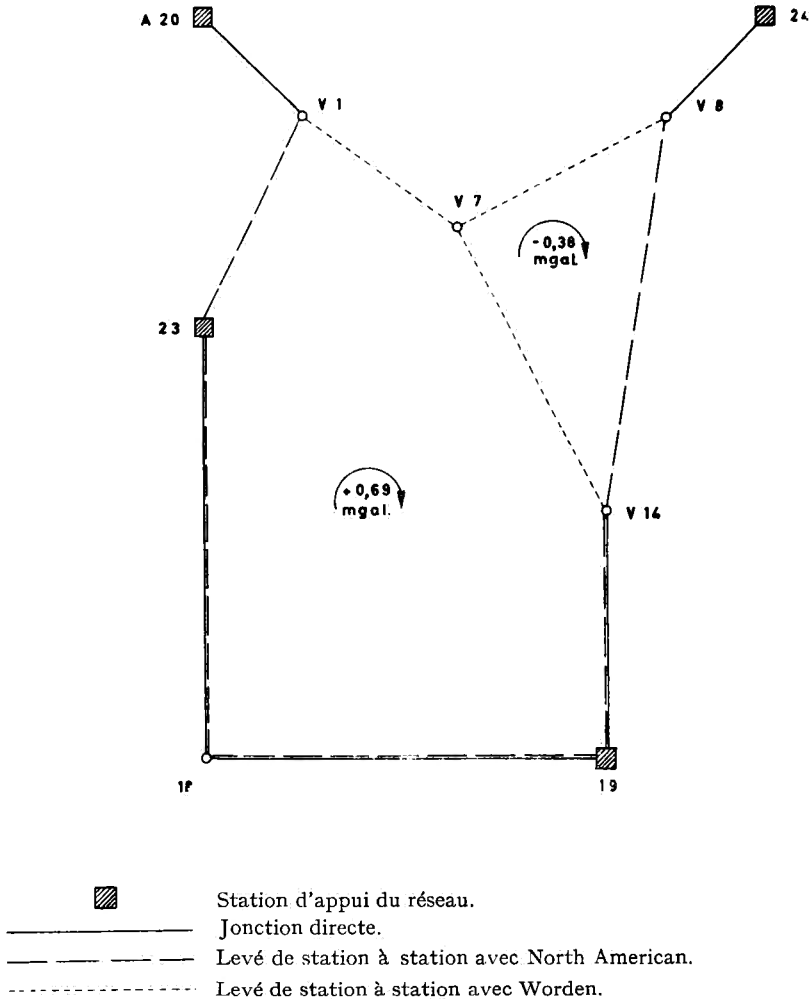


FIG. 5. — Schéma des liaisons gravimétriques.

V7 à partir des valeurs compensées North-American en V1, V8 et V14.

A titre de comparaison, on a procédé à une compensation d'ensemble du réseau, faisant intervenir 5 équations de conditions pour les 5 sommets inconnus et les 10 mesures ; cela sans attribution de poids. Les différences entre les résultats des deux méthodes de compensation sont les suivantes :

sommet V1	— différence 1 ^{re} — 2 ^e méthode :	+ 0,07	mgal
V8	—	+ 0,11	
V14	—	— 0,05	
18	—	0	
V7	—	+ 0,06	

Les valeurs de g des stations situées entre les sommets compensés ont été ensuite calculées de façon classique.

REMARQUE : La correction de marée gravimétrique [14] a été appliquée aux mesures gravimétriques brutes.

4.3. CALCUL DES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES.

Les *Commentaires du Tableau des résultats* figurant en *Annexe* donnent les renseignements relatifs au calcul des anomalies. Nous les compléterons utilement en précisant comment fut conduit le calcul de la correction de relief topographique.

Une première détermination des anomalies de BOUGUER modifiées pour le relief fut réalisée en employant la densité 2,67 ; les *Tableaux III* (correction d'altitude diminuée de l'attraction d'une calotte sphérique de rayon 166, 735 km) et *IV* (corrections topographiques) du R. P. LEJAY [11] ont été utilisés. *En particulier pour la correction topographique*, on ne disposait que d'une carte au 100 000^e, avec courbes de forme, couvrant la chaîne des Virunga, et d'une carte au 500 000^e, avec courbes de forme, prolongeant la première à l'ouest du méridien de Sake. Il en est résulté que l'on dut se limiter à la zone L (28,800 km).

Le calcul complet de la correction topographique n'a pas été fait pour toutes les 475 stations gravimétriques.

Dans une première phase, on s'est limité aux stations présentant des caractéristiques particulières dans le relief d'ensemble : points de changement de pente, points proches d'accidents orographiques importants. Les valeurs des corrections topographiques ainsi obtenues ont été reportées sur un graphique comportant en outre le profil altimétrique des itinéraires levés en gravimétrie. Une deuxième phase a consisté à choisir une nouvelle série de stations, intermédiaires aux premières, pour lesquelles on a calculé les corrections topographiques de telle

sorte que l'on puisse finalement interpoler linéairement la correction topographique pour les stations restantes.

Cette interpolation linéaire, contrôlée en quelques points pouvant être litigieux, a été trouvée valable à moins du milligal. La seule station V16 (située sur la crête du Nyiragongo) a été refaite dès que l'on disposa de la carte photogrammétrique du PROF. WISER [15] : la différence avec le premier calcul était de $-2,28$ mgal. Au total 76 stations ont fait l'objet d'un calcul complet de la correction topographique, soit *ca* 1 station sur 6, ou tous les quelque 2 km.

Lorsqu'il s'est agi de tenir compte, non plus de la seule densité 2,67, mais des deux densités $-2,8$ au-dessus de 2 000 m et 2,5 au-dessous — on a recalculé la correction de BOUGUER en chaque station. Mais, pour la correction de relief, on a limité le nouveau calcul à une demi-douzaine de stations choisies à diverses altitudes entre 1 500 et 3 400 m. Les différences avec les corrections de relief pour la densité 2,67 ont été reportées en graphique : celui-ci a montré que l'on pouvait adopter une règle simple pour obtenir la correction de relief à 2 densités à partir de celle à 1 densité : majoration de 2 % pour les stations au-dessus de 2 000 m., de 3 % pour celles au-dessous de 2 000 m. Le résultat final obtenu pour la correction de BOUGUER modifiée a été arrondi au 0,1 mgal. Cette décimale n'a qu'une valeur représentative de calcul. Dès l'instant où la cartographie de la région ne fournissait qu'une altimétrie fort approximative, qu'elle obligeait à se limiter à la zone L, les approximations que nous avons citées ci-dessus étaient acceptables. Elles présentaient par ailleurs l'avantage de travailler plus économiquement et plus rapidement. En conclusion, les anomalies de BOUGUER modifiées présentent un degré d'incertitude qui se situe dans le milligal. Signalons enfin que l'imperfection de la cartographie existante a écarté la possibilité de calculer des anomalies isostatiques.

CHAPITRE III.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS GRAVIMÉTRIQUES

1. Synthèse de la méthode de travail adoptée.

Ne disposant pas de données précises sur les densités des roches de la région étudiée (aucun sondage n'y a été fait), il fut d'abord procédé au calcul des anomalies de BOUGUER corrigées pour le relief topographique en adoptant la densité classique 2,67. L'examen qualitatif des profils d'anomalies montra ensuite que le levé gravimétrique devait permettre de déceler quelques grands traits structuraux : le profil de Sake à Goma donne, dans son aspect d'ensemble, l'image d'un effondrement ; celui de Goma à Kakomero, de loin plus monotone dans son allure que le précédent, permet d'écarter l'existence de failles très importantes le long de cet itinéraire ; les profils sur chacun des deux volcans présentent des caractères propres nettement différents ; enfin, le profil ouest, de Sake à Mushebele, ne fait apparaître à priori rien de bien caractéristique.

Si l'on voulait entreprendre une interprétation qui dépassât le stade — trop souvent adopté — qui se cantonne aux constatations comparatives, il était indispensable de résoudre, au cours d'une première étape, le problème *des valeurs les plus plausibles de la densité des roches*. Une étude de la carte fait apparaître les deux cônes volcaniques du Nyiragongo et du Nyamuragira comme émergeant d'une plaine de lave, à partir de la courbe 2 000 m ; celle-ci entoure l'ensemble de ces deux volcans et constitue le début de l'augmentation sensible des pentes (*fig. 6, 7 et 8*). Au-dessous de la courbe 2 000 m., la plaine de lave descend doucement, au Nord et au Sud, vers l'altitude 1 500 m. Tenant compte de ce contraste orographique on a

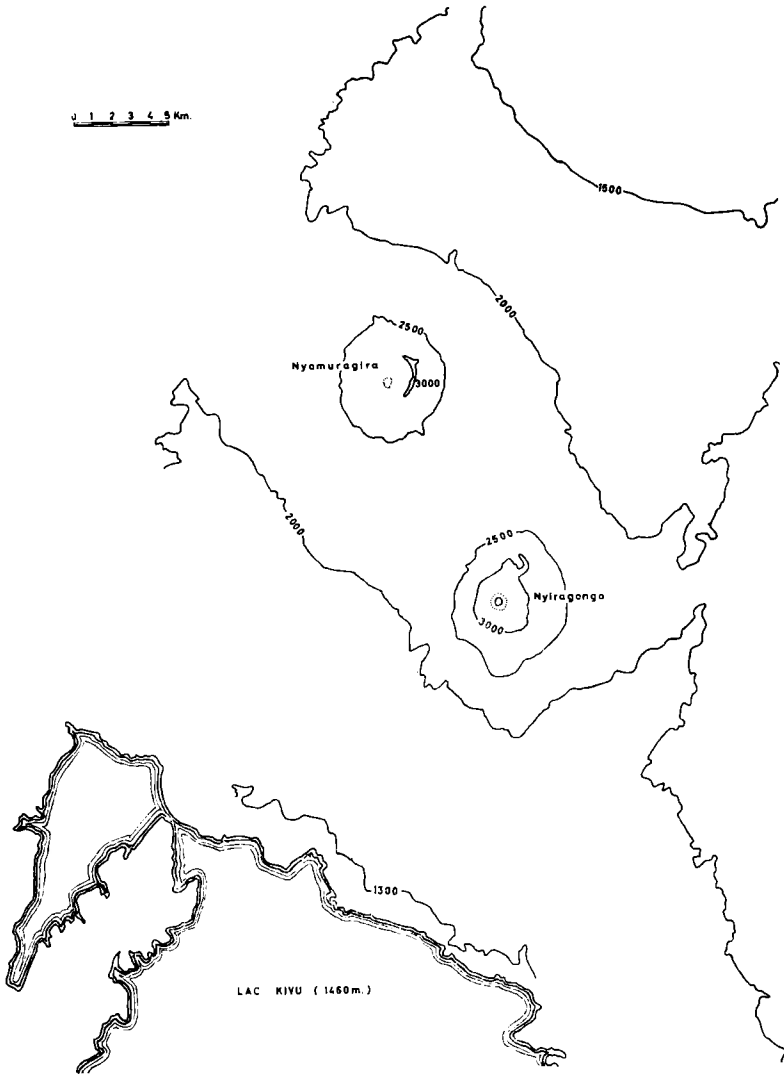


FIG. 6. — Allure des courbes de niveau.

fait une recherche des valeurs de la densité à partir des *valeurs observées de la pesanteur* ; utilisant deux méthodes distinctes (dont l'exposé détaillé figure au paragraphe suivant) on est arrivé à la conclusion de faire le choix, arbitraire mais indispensable aux calculs d'anomalies, d'une « *coupure* » à l'altitude de

Fig. 7

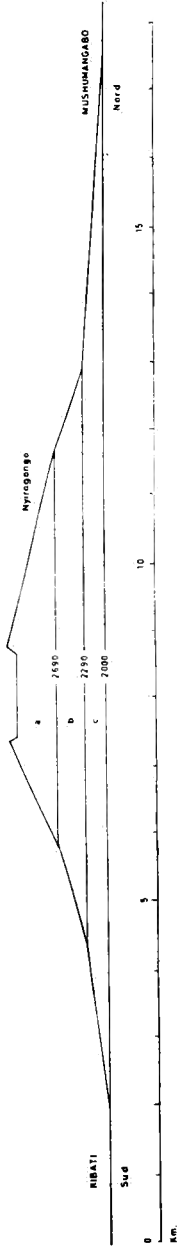


Fig. 8

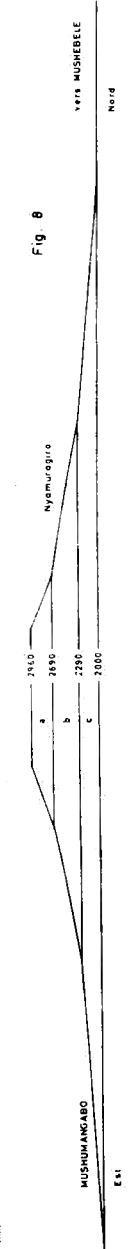


Fig. 7 et 8. — Coupes altimétriques suivant les itinéraires levés passant par les volcans Nyiragongo et Nyamuragira.

2 000 m qui serait une surface de discontinuité dans la densité des roches *in situ* : 2,8 au-dessus de 2 000 m, 2,5 au-dessous. Par ailleurs, le Professeur M.-E. DENAEYER avait fait à notre demande des mesures de densités sur échantillons : aucune discordance marquée n'apparaissant entre ces résultats et les nôtres, ceux-ci furent admis comme plausibles. Dès lors, les anomalies de BOUGUER modifiées⁽¹⁾ furent recalculées avec deux densités.

La deuxième étape de la méthode de travail consista à étudier le profil de Sake à Goma ; il présente l'avantage de pouvoir être traité par une méthode *de calcul* d'un modèle à deux dimensions. Ce profil est en effet situé en travers du graben ; à défaut de sondage, on dispose d'indications géologiques en profondeur grâce à l'étude bathymétrique du lac Kivu faite récemment : ces conditions ont permis de calculer un modèle qui donne une configuration possible de la structure géologique profonde du graben.

Partout ailleurs qu'entre Sake-Goma, les données gravimétriques présentent des conditions beaucoup moins favorables à une interprétation calculée. Dès lors, pour les autres profils gravimétriques, il a fallu se limiter à faire une interprétation qualitative. Le cas n'eut pas été pareil si l'on avait disposé d'un levé gravimétrique réparti en surface sur toute la zone étudiée.

Avant de passer à l'exposé détaillé de ces recherches, nous voulons préciser le sens qu'il convient de donner aux conclusions qui figurent dans les paragraphes qui suivent. Ces conclusions — qu'il s'agisse des densités, ou de la configuration géologique en profondeur — ne prétendent aucunement avoir un caractère définitif. Elles constituent bien plus une solution de première approximation qui doit passer au creuset de la critique des géologues, notamment ceux qui connaissent bien la région Nord Kivu. Les remarques, les objections et les suggestions qui résulteront de cet examen permettront certainement de poursuivre et d'améliorer l'interprétation.

(1) Nous appelons *Anomalie de BOUGUER modifiée* l'anomalie de BOUGUER corrigée pour le relief topographique.

2. Le problème de la densité des roches.

Dans la recherche de la densité des roches in situ à partir des valeurs observées de la pesanteur, c'est l'examen des grands traits du relief (*fig. 6*) qui nous a conduit à appliquer deux méthodes distinctes. La première, que nous avons imaginée, s'adresse aux deux seuls appareils volcaniques émergeant du niveau 2 000 m : l'autre, qui est la méthode de NETTLETON, s'adresse à une zone d'altitude inférieure à 2 000 m axée sur Goma (au SUD) — Kakomero (au NORD).

2.1. RECHERCHE AXÉE SUR LES CÔNES VOLCANIQUES AU-DESSUS DE 2 000 m

Si l'on envisage des stations gravimétriques le long des pentes de l'un ou l'autre des volcans Nyiragongo et Nyamuragira, on peut admettre que l'effet de plateau de la couche sub-horizontale, supposée homogène, située sous le niveau 2 000 m est le même en chacune de ces stations. Dès lors, la différence qui existe entre les valeurs observées de la pesanteur g_i et g_{i+1} , en deux stations quelconques i et $(i + 1)$, (*fig 9*) est représentatif :

— de la variation des effets sur i et sur $(i + 1)$, des couches situées au-dessus de i , entre i et $(i + 1)$, en-dessous de $(i + 1)$;

— du gradient d'anomalie de BOUGUER de (i) à $(i + 1)$, anomalie qui est en relation avec les accidents géologiques — *actuellement inconnus* — existant sous la surface topographique.

A remarquer qu'un gradient d'anomalie isostatique ne doit pas être envisagé étant donnée que les stations i et $(i + 1)$ sont très rapprochées l'une de l'autre.

— de la variation des effets sur i et $(i + 1)$ de la latitude et de l'altitude.

La relation qui résume ces effets se présente sous la forme suivante (*fig 9*) :

$$g_{i+1} = g_i + (a_{i+1} - a_i)d_a + (b_{i+1} - b_i)d_b + (c_{i+1} - c_i)d_c + (B_{i+1} - B_i) + 0,3086 (Z_i - Z_{i+1}) + C_{\varphi(i,i+1)} \quad (1)$$

où :

les a, b, c , sont les effets d'attraction (avec leur signe) des couches a, b, c sur les points $i, i + 1$;

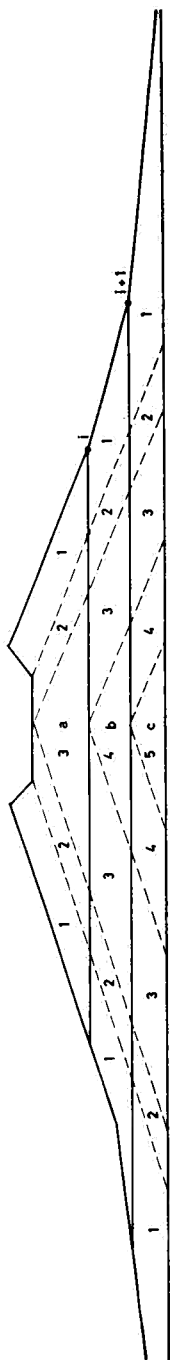


FIG. 9. — Variation de la pesanteur le long des flancs d'un volcan.

les d sont les densités des couches a, b, c ;

les B sont les anomalies de BOUGUER ;

les Z sont les altitudes des points $i, i + 1$;

$C \varphi$ est la variation de l'effet de la latitude de i à $i + 1$.

Si l'on considère les densités comme inconnues, tous les autres termes étant connus, il est possible de déterminer celles-ci en appliquant la relation ci-dessus à $(n + 1)$ points au moins, si (n) est le nombre de couches.

Pour se conformer à la réalité, il faudrait adopter des densités variables $d_1, d_2 \dots$ pour diverses couches *coniques* superposées : cela conduirait à une solution qui, si elle n'est pas impossible, serait pratiquement excessivement longue et coûteuse. Aussi avons-nous choisi de prendre, à titre d'essai, des densités pour des couches horizontales, délimitées entre elles par les plans passant par des stations caractéristiques. Cela ne répond pas, évidemment, à la constitution interne d'un volcan ; toutefois la densité moyenne d'une couche horizontale est fonction des densités des diverses couches coniques. En opérant graphiquement, nous avons constaté que si les densités de couches coniques pour le Nyiragongo et le Nyamuragira allaient en croissant régulièrement du centre vers l'extérieur du volcan, les densités des couches horizontales étaient également croissantes du bas vers le haut, mais d'une façon beaucoup moins rapide.

Dans le cas des deux volcans étudiés ici, nous nous sommes limités à 3 couches (a, b, c), donc à 4 stations le long de chacun des deux itinéraires montant vers le sommet du volcan. Ces 3 couches représentent des blocs assez volumineux qui correspondent à des zones orographiques distinctes l'une de l'autre ; leurs limites oscillent autour des plans d'altitude 2 000, 2 300, 2 700 et crête du volcan, quel que soit celui-ci (*fig 7 et 8*). A quelques mètres près, ces plans sont les mêmes — sauf celui de la crête pour les deux volcans.

Voici les résultats obtenus, accompagnés de brefs commentaires ⁽¹⁾ :

⁽¹⁾ Dans la suite de l'exposé, le lecteur pourra repérer les stations sur *la carte en hors-texte* en se référant aux altitudes mentionnées dans le texte : celles-ci sont indiqués sur la carte alors que la numérotation des stations n'y figure pas.

VOLCAN NYIRAGONGO :

— *Itinéraire de la crête vers le Sud :*

stations V16.	à 3425 m		densités calculées :
V14.24	à 2689 m	$d_a = 2,9_0$	
V14.16	à 2292 m	$d_b = 2,8_3$	
V14.3	à 2025 m	$d_c = 2,5_1$	

Le long de cet itinéraire les valeurs de la pesanteur comportent essentiellement l'effet d'attraction du Nyiragongo : circonstance favorable au but poursuivi.

— *Itinéraire de la crête vers le Nord :*

stations V16	à 3425 m		densités calculées :
V17.18	à 2691 m	$d_a = 2,8_1$	
V17.13	à 2287 m	$d_b = 2,6_4$	
V11.8	à 2003 m	$d_c = 2,6_4$	

Le long de cet itinéraire, les valeurs de la pesanteur comportent les effets combinés du Nyiragongo et du Nyamuragira : circonstance défavorable au but poursuivi.

VOLCAN NYAMURAGIRA :

— *Itinéraire de la crête vers le Nord :*

stations V.4.11	à 2959 m		densités calculées :
V.4.5	à 2705 m	$d_a = 2,9_9$	
V.3.11	à 2308 m	$d_b = 2,6_5$	
V.2.12	à 1993 m	$d_c = 2,8_2$	

Le long de cet itinéraire la proximité de l'escarpement montagneux constitue une circonstance défavorable au but poursuivi.

— *Itinéraire de la crête vers l'E-S-E :*

Cet itinéraire a permis le calcul pour les couches supérieures *a* et *b* seulement.

Stations V.4.11	à 2959 m		densités calculées
V.5.2	à 2686 m	$d_a = 3,0_0$	
V.5.10D	à 2303 m	$d_b = 2,3_9$	

Si les résultats qui précèdent sont assez cohérents pour le Nyiragongo, le cas est différent pour le Nyamuragira. Par ailleurs, pratiquement, il apparaît au calcul que de légères modifications dans les valeurs des coefficients a_i , b_i , c_i , entrant dans la relation (1) influent rapidement sur les valeurs des densités calculées.

Il résulte de ce qui précède que la seule constatation valable qui puisse être faite relativement à la densité des volcans, au-dessus de 2 000 m, est d'ordre qualitatif : cette densité est supérieure à 2,67.

Dès lors, nous nous sommes arrêtés à la solution consistant à calculer une densité moyenne globale pour chacun des volcans, en appliquant le même principe que celui utilisé ci-dessus, mais pour les 2 seules stations, les mieux situées, de la crête et de la base (vers 2 000 m.)

Nous avons obtenu :

Pour le Nyiragongo (entre les stations V.16 et V14.3) : densité = 2,80

Pour le Nyamuragira (entre les stations V4.11 et V2.12) : densité = 2,80

C'est cette valeur 2,8 qui a été retenue comme pouvant être la valeur présumée de la densité moyenne des deux appareils volcaniques au-dessus de 2 000 m.

2.2. RECHERCHE AXÉE SUR LA PLAINE DE LAVE, SOUS L'ALTITUDE 2 000 m.

L'itinéraire qui se prêtait le mieux à appliquer la méthode de NETTLETON pour la détermination de densités à partir des valeurs observées de la pesanteur était l'itinéraire Est, c'est-à-dire la route de Rutshuru, en partant de Goma (V18 à V7). Il est situé sur des couches volcaniques, il est éloigné également des cônes avoisinants et son relief est différencié sans l'être trop. (*fig 10*)

La méthode de NETTLETON a été appliquée sous la forme calculée, ingénieusement proposée par KARL JUNG [9]. Cet

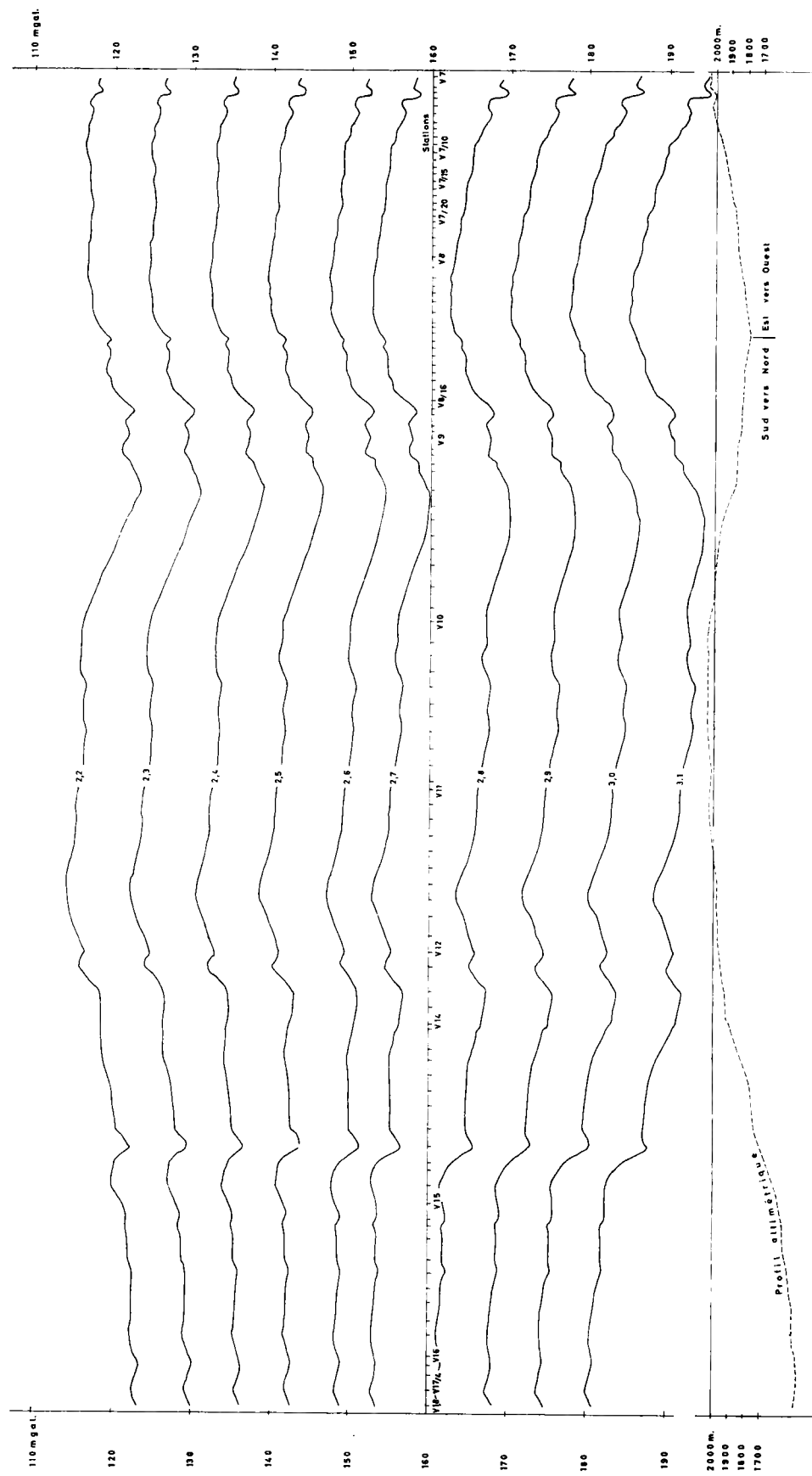
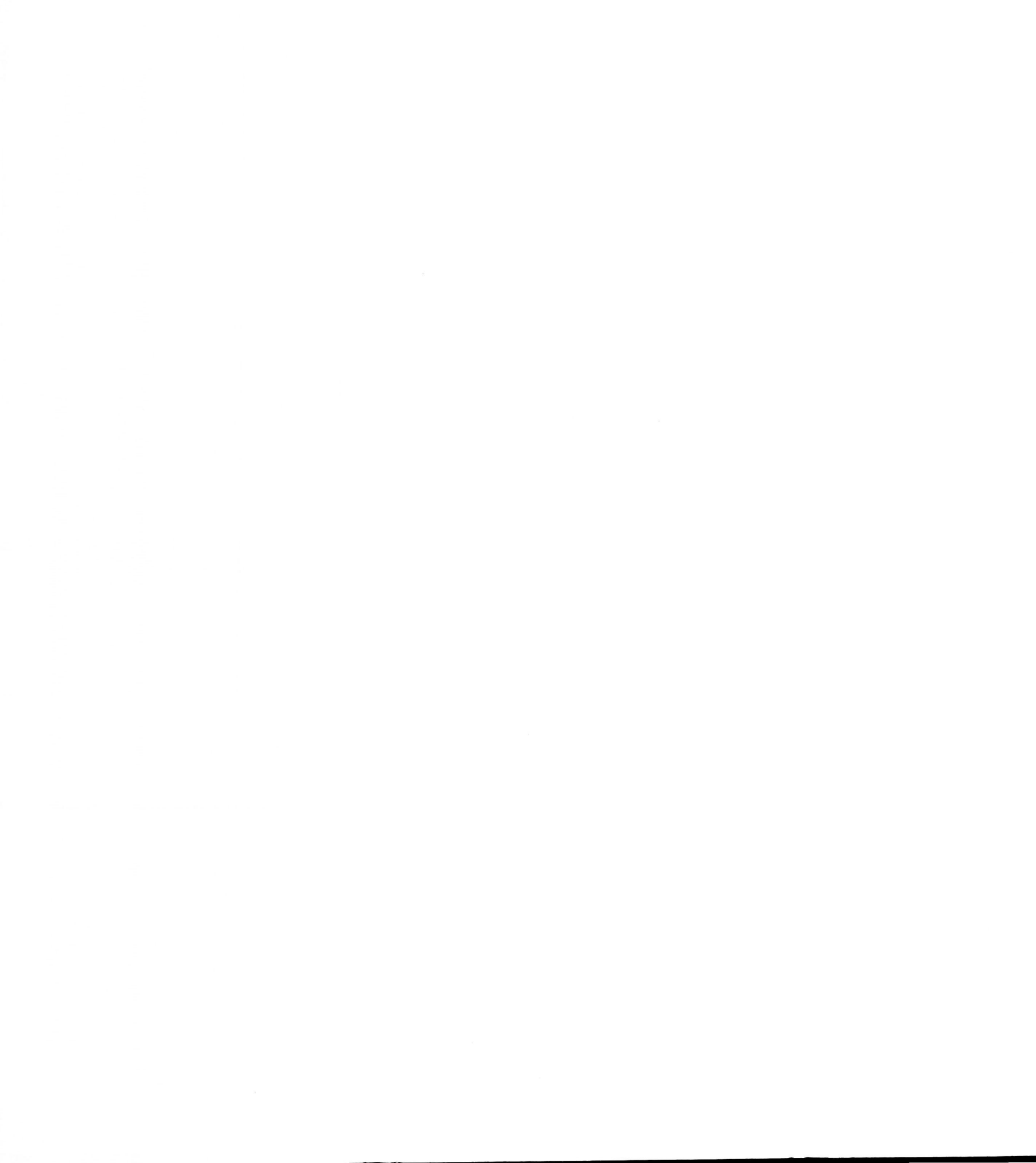


FIG. 10. — Profils des densités.



auteur, exploitant l'indice de corrélation des variables : anomalie de BOUGUER (Δg) et altitude (h), montre que l'on peut calculer la correction σ à apporter à la densité approchée utilisée pour calculer les anomalies Δg_i , afin d'obtenir la valeur la plus probable de la densité. Le processus consiste à calculer, pour l'ensemble des stations d'un itinéraire, l'anomalie de BOUGUER moyenne $M(\Delta g)$ (avec densité approchée d) et l'altitude moyenne $M(h)$. On calcule ensuite les résidus

$$\Delta g_i - M(\Delta g) = G_i \quad \text{et} \quad h_i - M(h) = H_i$$

pour chacune des stations.

L'expression

$$\frac{\sum G_i H_i}{\sum H_i^2} \equiv a$$

fournit la correction (avec son signe) :

$$\sigma = \frac{a}{0,04193}$$

La densité la plus probable est dès lors

$$d_0 = d + \sigma$$

Le calcul a été mené en utilisant diverses densités approchées (d) et divers tronçons de l'itinéraire. Les résultats sont les suivants :

Tronçon	Nombre de Stations	Densité (d)	Densité (d_0)
V14 - V18	28	2,5	2,49
V14 - V18	28	2,67	2,49
V7 - V18	112	2,5	2,52
V7 - V18	112	2,8	2,52
V7 - V18	112	2,9	2,52
V7 - V18	112	2,2	2,52

La *fig. 10* montre, par ailleurs, que la méthode graphique de NETTLETON entraîne plus d'incertitude sur le choix de la densité la plus probable d_0 .

Au vu de ces résultats, la densité 2,5 a été adoptée comme densité moyenne des roches sous l'altitude 2 000 m.

Remarque : Pour obtenir une information complémentaire,

on a appliqué la méthode de Karl JUNG à l'itinéraire OUEST, au demeurant beaucoup moins favorable à une telle application étant donné sa situation en bordure du graben. Nous résumerons les résultats en signalant que

— de Sake à V.26, altitude - 2 000 m : $d_0 = 2,3$

— de 26 à Gandjo, altitude + 2 000 m : $d_0 = 2,9_6$

— de Gandjo à

Mushebele, altitude - 2 000 m : $d_0 = 2,1$

2.3. COMPARAISON AVEC DES DÉTERMINATIONS DE DENSITÉS SUR ÉCHANTILLONS DE LAVES.

Le PROF. DENAEYER a bien voulu effectuer à notre demande des déterminations de densités sur des échantillons de lave de la région étudiée.

Il ne nous appartient pas d'entrer dans le détail des méthodes et des résultats que notre confrère publiera certainement. Mais il est intéressant de signaler ici quelques chiffres qu'il a obtenus.

Pour 4 échantillons (3 de la route Sake-Goma, 1 de la plateforme du cratère), les moyennes sont :

densité apparente des laves non saturées d'eau : 2,72 (à 2,77)

densité globale saturée d'eau : 2,33

densité globale dans l'air : 2,1.

(Il faut entendre ici, par *densité apparente*, celle de la roche sèche, y compris les vides internes sans communication avec l'extérieur ; par *densité globale*, celle de la roche telle qu'elle se trouve dans son gisement).

Conclusion : Deux densités moyennes ont été adoptées :

2,8 au-dessus de 2 000 m

2,5 au-dessous de 2 000 m

Les anomalies de BOUGUER modifiées pour le relief ont été recalculées avec ces deux densités (*voir tableaux annexe*). Les profils figurant *en hors-texte sur calque* sont ceux de ces dernières anomalies sur lesquelles s'appuient nos interprétations. Avant de passer à l'exposé de celles-ci, nous tenons à rappeler

le caractère arbitraire de la discontinuité à l'altitude 2 000 m ; modifier cette altitude conduirait à modifier les valeurs calculées des densités. Mais il n'en resterait pas moins que les parties élevées présenteraient une densité moyenne plus grande que les parties basses.

3. Interprétation du profil gravimétrique Sake (18) Goma (V. 17).

3.1. DONNÉES GÉOLOGIQUES POUR L'INTERPRÉTATION.

La région Sake — Goma, comme d'ailleurs toute la zone des Virunga, n'a pas fait l'objet de sondages.

Sous les massifs du Nyiragongo et du Nyamuragira, les seuls renseignements *sur la nature* des roches dans les zones profondes du graben proviennent de l'étude pétrographique des enclaves entraînées par les laves lors des éruptions [5] : roches granitoïdes sous le premier, schistes et quartzites sous le second.

A l'aplomb de l'*area* Sake-Goma les parties les plus basses du graben qui soient accessibles à l'observation sont situées dans la dépression que constitue le lac Kivu. La carte bathymétrique de ce lac établie par A. CAPART [2] et les informations complémentaires que celui-ci a eu l'amabilité de nous donner nous ont conduits à établir un schéma structural plausible (*Fig. 11*) permettant de concevoir un « modèle » dont l'effet produirait l'anomalie gravimétrique observée.

L'examen de la *Fig. 11* appelle les quelques explications suivantes :

Le niveau 2 000 m rappelle la conclusion du calcul des valeurs les plus plausibles des densités moyennes (§ 2.) La surface topographique le long du profil gravimétrique Sake-Goma est pratiquement horizontale : son altitude moyenne est 1 507 m. (*Voir carte en hors-texte*).

La plan d'eau du lac est coté 1 462 m ; l'isobathe 400 m a été choisie comme représentative du fond moyen du lac dans sa moitié NORD.

La présence de cônes volcaniques sous-lacustres au SUD de Goma, la nature du Mont Goma qui « *est un volcan dont la base*

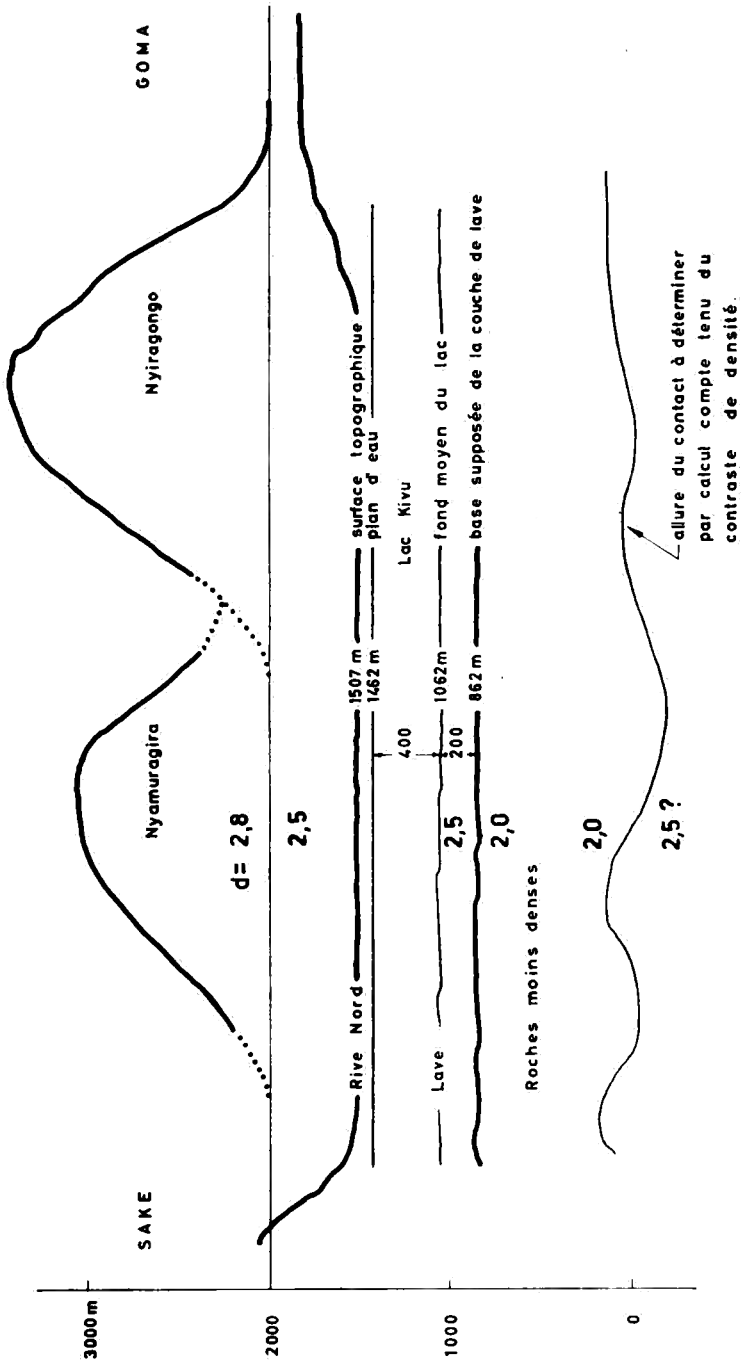


Fig. 11. Schéma structural plausible de Sake à Goma.

repose au fond du lac » [2], le fond du lac qui est constitué de lave, sont des faits permettant de fixer avec certitude l'épaisseur *minimum* de la couche de lave, qui s'étendrait en profondeur jusqu'au niveau du fond du lac. Il n'est pas déraisonnable de *supposer* que cette épaisseur se prolonge encore 200 m plus bas. Cela nous conduit à situer l'altitude de la base de la couverture de lave au niveau $\pm 850\text{m}$.

Enfin, pour expliquer l'anomalie de BOUGUER observée entre Sake et Goma (*calque n° 1*), il doit exister au-dessous de cette couverture de lave des roches de densité nettement inférieure à 2,5 : on a choisi arbitrairement la densité 2,0.

C'est de cette dernière couche qu'il convient de déterminer, par le calcul, la forme pour qu'elle produise un effet gravifique coïncidant avec celui observé.

3.2. BASE DE CALCUL DE L'INTERPRÉTATION.

La tectonique en horst et graben de la région étudiée permet de considérer la cause de l'anomalie gravimétrique comme étant un corps à deux dimensions (largeur ESE — WNW et profondeur), la troisième dimension, dans la direction SSW — NNE du graben, étant infinie. ⁽¹⁾ Cette conception s'appuie sur les faits géologiques et sur la comparaison entre l'allure des anomalies gravimétriques observées de Sake (18) à Goma (V.17) et, quelque 25 km plus au Nord, de Mushebele (V.1) à Kakomero (V.8.9.) : gradient et amplitude de chacun de ces deux profils d'anomalies sont comparables. (*voir calques n° 1 et n° 2 en hors-texte*)

Le calcul des anomalies gravimétriques provoquées par un modèle à deux dimensions est devenu beaucoup plus aisé depuis que l'on dispose des moyens de calcul électronique. Ceux-ci nous ont permis l'application de la méthode ingénieuse de M. KING HUBBERT [10] qui a l'avantage considérable de pouvoir traiter n'importe quelle forme de modèle, alors qu'auparavant on était limité à des formes géométriques très simples. Elle a fait en outre l'objet, en 1959, d'un article [12] donnant une application avec programmation sur I B M. 650. Utilisant

⁽¹⁾ Ceci doit s'entendre d'un point de vue pratique : à partir d'une certaine distance, l'effet gravifique devient négligeable par suite de la distance au point considéré et par suite de l'angle faible sous lequel la masse agit sur ce point.

cette documentation, M. R. CHEVALIER ⁽¹⁾ a établi un programme pour la calculatrice C A B 500 de l'Institut Géographique Militaire (Bruxelles).

Pour obtenir la courbe d'anomalie provoquée par un modèle (nous l'appellerons : la courbe calculée), il suffit de fournir à la calculatrice électronique :

— les abscisses des stations, par rapport à une station origine, pour lesquelles on désire obtenir l'effet gravifique du modèle ;

— les coordonnées (abscisse, ordonnée ou profondeur) par rapport à la station origine, des sommets de la forme donnée au modèle (le nombre de ces sommets peut être de quelques dizaines) :

— le contraste de densité par rapport à la densité ayant servi à obtenir la courbe d'anomalie observée.

3.3. DÉTERMINATION D'UN MODÈLE POSSIBLE SUR LE PROFIL SAKE-GOMA. (*Calque n° 1*)

On a choisi tout d'abord un modèle de forme simple, comportant 9 sommets et présentant un contraste de densité de $-0,5$, pour lequel la courbe d'anomalie calculée épousait grossièrement la courbe d'anomalie observée. On a progressivement modifié la forme du modèle, en augmentant le nombre de sommets, afin de se rapprocher mieux de la courbe observée. Le modèle finalement retenu est représenté sur le *calque n° 1 (hors texte)*. Il comporte 24 sommets ; la courbe calculée est fixée par 33 stations pour lesquelles l'anomalie a été calculée.

La coïncidence entre les courbes calculée et observée est très satisfaisante pour les $2/3$ OUEST du profil. Pour le $1/3$ EST on n'est pas parvenu à faire apparaître les différences qui existent, sur la courbe observée, entre les tronçons AB, BC, CD ; les modifications apportées à la partie inférieure du modèle entre A et C influent peu sur la courbe calculée.

3.4. CORRÉLATION ENTRE LE MODÈLE ET LA MORPHOLOGIE (*voir carte en hors texte*)

Les limites occidentale et orientale du modèle se marquent bien dans la topographie de la région.

(1) Géographe adjoint de l'I. G. M. — Chef du Centre de Calcul.

Le profil gravimétrique semble démontrer qu'une série de horsts et de grabens existeraient entre Nyamutshibu 1 et le Mont Goma. Nous plaçons cette zone entre deux failles majeures situées sensiblement à l'aplomb des milieux des gradients principaux de l'anomalie.

Une première cuvette peu marquée se rencontre entre Sake et la passe de Nzuru. Elle serait suivie, à l'Est, d'un horst, prolongement de la presqu'île de Mbuzi. Sur le flanc oriental de celui-ci, de nombreux cônes volcaniques s'alignent depuis Nyamutshibu 1 jusqu'à l'ouest du Nyiragongo. Cette particularité facile à voir sur cette carte avait déjà été signalée [3]. Mais il doit y correspondre la fracture occidentale la plus importante du graben. De même dans la partie orientale, à l'ouest du Mont Goma des cassures de direction S — N. ont été repérées par la photogéologie (*voir carte h. t.*) et elles pourraient se continuer jusqu'au volcan Nyiragongo lui-même, indiquées aussi par la présence de petits cônes volcaniques. Mais dans cette région on constate d'autres alignements de directions un peu différentes : celui de Goma-Bushwaga - Kibati et celui de Kibati au Nyiragongo.

L'incertitude quant à l'interprétation est la conséquence du nombre trop restreint de profils. Il est évident qu'il serait indispensable de multiplier les mesures suivant des profils parallèles, transversaux au graben, pour pouvoir préciser la continuité des fractures.

Les deux horsts (*a*) et (*b*) sur le *calque n° 1* résultent de l'interprétation de deux anomalies de faible ampleur (2 à 4 milligals) observées dans la partie centrale du graben. On ne s'étonnera pas de l'importance des accidents tectoniques responsables de ces petites anomalies si l'on se rappelle que des dômes de sels à allure diapirique provoquent des anomalies de 1 à 5 milligals seulement. Or, la section verticale d'un dôme de sel est comparable à un horst et le contraste de densité est du même ordre que celui que nous avons choisi dans le cas du profil Sake — Goma. Ces considérations justifient l'exécution d'un levé altimétrique précis. ⁽¹⁾

(1) A une erreur d'altitude d'un mètre correspond une différence de 0,2 mgal environ dans le calcul de l'anomalie de BOUGUER.

On notera la présence en surface de petits cônes volcaniques à l'aplomb des flancs de ces horsts.

Il est vraisemblable que ces cassures n'affectent pas seulement les formations effusives. Elles doivent correspondre à des fractures d'extension verticale importante qui se prolongent dans le socle et le long desquelles peut s'effectuer la montée des laves.

Il nous paraît enfin important d'attirer l'attention sur les remarques suivantes :

Les failles principales ne sont pas nécessairement les cassures bordières malgré leur allure spectaculaire, visible en surface. Des fractures plus importantes, toujours actives, affectent les zones centrales du graben.

En outre, des formations géologiques relativement légères existeraient sous la couverture de laves. Nous ne pouvons en préciser ni l'âge, ni la nature. Nous préférons nous abstenir d'émettre des hypothèses incontrôlables à l'heure actuelle.

4. Interprétation qualitative des anomalies gravimétriques sur les volcans Nyiragongo et Nyamuragira (*Calque n° 2*).

Les profils de Mushebele — Nyamuragira — Kakomero et Mushumangabo — Nyiragongo — Kibati ⁽¹⁾ se prêtent assez mal à un calcul numérique, car ils sont radiaux par rapport aux deux cratères et n'ont pas la même orientation. Une discussion sommaire des résultats gravimétriques est cependant intéressante.

Les deux profils ont une station commune, Mushumangabo (V.7), qui nous a permis de les joindre en les plaçant à la suite l'un de l'autre. Les changements importants d'orientation sont indiqués, ainsi que les mesures faites à l'intérieur du cratère des deux volcans.

On notera tout d'abord l'analogie entre l'allure de l'anomalie dans la zone occidentale du profil Sake — Goma et celle observée

(1) Le *Calque n° 2* présente deux profils se chevauchant. Son examen doit se faire en le juxtaposant à la carte, en le repérant sur celle-ci à partir du NORD. Ensuite, deux rotations successives amènent le calque sur Kakomero (sens lévo-gyre), sur Kibati enfin (sens dextrogyre).

entre Mushebele et le volcan Nyamuragira. Dans les deux cas, l'itinéraire recoupe l'abrupt topographique, celui-ci change brusquement de direction : ceci se marque nettement sur la carte topographique (*en hors texte*) aux environs de Gashovu.

Mais les amplitudes totales des anomalies sont dans les deux cas de ± 35 mgals, les pentes des gradients sont très semblables ; la faille principale, qui doit se situer sensiblement à l'aplomb de la station pour laquelle l'anomalie est la moitié de l'anomalie totale, s'écarte sensiblement de l'abrupt topographique.

Le profil gravimétrique qui passe par le Nyamuragira est dissymétrique ; par contre celui qui recoupe le Nyiragongo, de Mushumangabo à Kibati, a une allure symétrique. Le fait n'est pas étonnant : le Nyamuragira est plus proche du flanc occidental du graben, alors que le Nyiragongo occupe une position plus centrale.

Le nombre d'observations est trop réduit pour chercher une corrélation entre, d'une part, la nature du socle, schistes et quartzites sous le Nyamuragira, roches granitoïdes sous le Nyiragongo [5] et, d'autre part, l'allure des anomalies et leur importance.

A l'OUEST sur le socle, l'anomalie est de -120 mgals environ ; dans le graben elle serait de -140 mgals en moyenne, que ce soit de Mushumangabo à Kakomero ou de Kakomero à Goma dans l'axe du graben. Le déficit de la pesanteur dans le graben par rapport au socle situé à l'ouest serait donc de 20 mgals seulement.

Si le gradient est important de Mushebele au Nyamuragira, la remontée gravimétrique est lente du volcan jusque Kakomero. L'influence des deux volcans se superpose à Mushumangabo. L'anomalie à l'aplomb du Nyiragongo atteint -35 mgals ; si elle s'étale sur huit kilomètres, les gradients en sont très marqués (35 mgals sur 2 km, sur le flanc NORD). Le déficit de masse qui y correspond est considérable et doit s'expliquer par le seul contraste des densités sous le volcan, car la largeur de l'anomalie est faible et, par conséquent, la cause ne peut être très profonde : de l'ordre de quatre kilomètres au maximum.

5. Conclusion.

Si les exposés qui précèdent montrent le profit que l'on peut tirer de la méthode gravimétrique pour préciser la tectonique

du graben et ses structures profondes dans la région NORD du lac Kivu, ils montrent aussi la nécessité d'augmenter le nombre des mesures si l'on veut préciser les résultats acquis actuellement. Il est en effet indispensable de disposer d'un réseau gravimétrique serré pour pouvoir tracer les courbes d'égale anomalie, étudier par le calcul de plus nombreux profils, appliquer d'autres méthodes interprétatives (par exemple, la méthode des dérivées secondes). La précision requise en altimétrie exige en outre que les levés altimétriques des stations gravimétriques soient réalisés au théodolite et même, chaque fois que le terrain le permet, au niveau.

Peu de régions se présentent aussi favorablement que les grabens du centre africain pour y poursuivre des études géophysiques en vue de mieux comprendre les relations entre phénomènes tectoniques et volcaniques.

Il nous reste à espérer que les circonstances permettront de poursuivre les recherches qui furent entamées par le Centre National de Volcanologie dans la région des volcans actifs des Virunga. Un vaste programme avait été conçu dont la présente étude ne constitue que le début : c'est ce qui en explique le caractère forcément incomplet que nous sommes les premiers à regretter.

ANNEXE

TABLEAUX DES RÉSULTATS

COMMENTAIRES

Les résultats sont groupés par tronçon, dans l'ordre suivant :

- Route Goma-Sake ;
- Route Kakomero-Goma ;
- Piste passant par le Nyamuragira, de Mushebele à Kakomero, par Mushumangabo ;
- Piste passant par le Nyiragongo, de Kibati à Mushumangabo ;
- Route de Mushebele à Sake, à l'Ouest des volcans.

Colonne 1 : Le matricule de la station peut avoir diverses significations, par exemple :

- 19 = station du réseau de base de 1955-56 [7] ;
- V = pour toute station levée au cours de la mission 1959 ;
- V8 = station repérée par une borne munie d'un repère ;
- V8.1 = station repérée par un piquet, faisant partie d'une série entre les bornes V8 et V9.

Colonne 2 : Latitude mesurée sur la carte en hors-texte.
Toutes les latitudes sont Sud.

Colonne 3 : Altitude origine : celle de la station V15.2.
Les altitudes sont données :

- au cm près : lorsqu'il s'agit d'un nivellement géométrique ;
- au dm près : lorsqu'il s'agit d'un nivellement tachéométrique ;
- au m près : lorsqu'il s'agit d'un nivellement barométrique.

Sur la carte en hors-texte, toutes les altitudes ont été arrondies au mètre.

Colonne 4 : Pesanteur mesurée (après compensation).

Colonne 5 : Pesanteur normale, tirée des :

Geodetic Tables — International Ellipsoid — par R. Andersen, Torben Krarup et Bjarner Svejgaard — (Mém. Inst. Géod. Danemark — 3^e série — T. 24 — 1956).

Colonne 6 : Anomalie à l'air libre calculée avec le coefficient 0,3086 mgal par mètre d'altitude. Les termes en latitude et altitude ont pu être négligés.

Colonne 7 : Anomalie de BOUGUER, SANS CORRECTION DE RELIEF, calculée avec la densité 2,67.

Colonne 8 : Anomalie de Bouguer, SANS CORRECTION DE RELIEF, avec deux densités : 2,8 au-dessus de 2.000 m., 2,5 au-dessous de 2 000 m.

Colonne 9 : Anomalie de BOUGUER (colonne 8) corrigée du relief topographique en tenant compte des deux densités. Les nombres imprimés en gras se rapportent aux stations pour lesquelles la correction de relief a été calculée ; les autres concernent les stations pour lesquelles cette correction a été interpolée.

ROUTE GOMA (V16) — SAKE (18)

Station (1)	Latitude Sud (2)	Altitude m (3)	g 977... mgal (4)	‰ 978... mgal (5)	Anomalie à l'air libre mgal (6)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal (7)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal (8)	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal (9)	Remarques.
V.16	1°40'7	1507,10	604,79	053,42	16,5	-153,5	-142,1	-140,6	Goma
V.17.2	7	1505,01	605,62	,42	16,7	-153,1	-141,7	-140,2	
4	6	1505,40	606,04	,41	17,2	-152,6	-141,2	-139,7	
V.18	6	1509,55	604,48	,41	16,9	-153,4	-142,0	-140,5	
V.17	1°41'1	*1497,92	607,07	,45	15,9	-153,1	-141,8	-140,3	* valr incertaine
V.18.1	1°40'6	1509,57	604,40	,41	16,9	-153,4	-142,0	-140,5	
2	5	1506,74	604,17	,40	15,8	-154,2	-142,8	-141,3	
3	5	1504,39	603,49	,40	14,3	-155,3	-144,0	-142,6	
4	4	1500,65	601,74	,39	11,5	-157,9	-146,4	-145,0	
5	3	1501,11	600,15	,38	10,0	-159,3	-148,0	-146,6	
6	2	1505,47	598,10	,38	9,3	-160,5	-149,2	-147,8	
7	1	1510,55	596,06	,37	8,8	-161,6	-150,2	-148,8	
8	0	1510,23	595,93	,36	8,6	-161,8	-150,4	-149,1	
9	0	1510,82	595,82	,36	8,7	-161,7	-150,3	-149,0	
9	0	1510,82	595,82	,36	8,7	-161,7	-150,3	-149,0	
10	1°39'9	1513,10	595,42	,35	9,0	-161,7	-150,3	-149,0	
11	8	1515,68	594,72	,34	9,1	-161,9	-150,4	-149,1	
12	7	1514,46	594,88	,33	8,9	-162,0	-150,5	-149,2	
13	6	1515,90	594,34	,32	8,8	-162,2	-150,8	-149,5	
14	5	1514,51	594,79	,32	8,9	-162,0	-150,5	-149,3	
15	4	1512,73	594,88	,31	8,4	-162,3	-150,8	-149,6	
16	3	1512,54	594,78	,30	8,3	-162,4	-150,9	-149,7	
17	3	1516,21	595,42	,30	10,0	-161,1	-149,6	-148,4	
18	2	1518,74	592,74	,29	8,1	-163,3	-151,8	-150,6	
19	1	1515,84	593,06	,28	7,6	-163,4	-151,9	-150,7	

Station	Latitude Sud	Altitude m	g 977... mgal	% 978... mgal	Anomalie à l'air libre mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Remarques.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
V.19	1°39'0	1518,47	592,05	053,27	7,4	-163,9	-152,4	-151,2	
V.19.1	1°38'9	1520,15	591,68	,26	7,5	-164,3	-152,5	-151,3	
2	8	1520,17	591,48	,25	7,4	-164,2	-152,6	-151,4	
3	7	1519,11	591,95	,24	7,5	-163,9	-152,4	-151,2	
4	6	1520,19	591,39	,23	7,3	-164,2	-152,7	-151,6	
5	5	1518,35	591,42	,23	6,8	-164,6	-153,0	-151,9	
6	5	1518,23	591,09	,23	6,4	-164,9	-153,4	-152,3	
7	4	1523,44	589,54	,22	6,5	-165,4	-153,8	-152,7	
8	3	1528,55	588,61	,20	7,1	-165,3	-153,8	-152,7	
9	2	1522,32	590,72	,20	7,3	-164,5	-152,9	-151,8	
10	1	1516,99	592,13	,19	7,1	-164,1	-152,6	-151,6	
11	0	1511,08	593,47	,18	6,6	-163,9	-152,4	-151,4	
12	1°37'9	1500,21	595,43	,17	5,2	-164,0	-152,7	-151,7	
13	8	1504,20	594,45	,16	5,5	-164,2	-152,8	-151,8	
14	7	1507,92	593,84	,16	6,0	-164,0	-152,7	-151,7	
15	7	1505,65	593,35	,16	4,8	-165,0	-153,7	-152,7	
16	5	1506,61	592,29	,14	4,1	-165,9	-154,5	-153,5	
17	4	1508,82	591,76	,13	4,3	-166,0	-154,5	-153,5	
18	4	1508,95	591,81	,13	4,3	-165,9	-154,5	-153,4	
19	3	1503,71	592,65	,12	3,6	-166,1	-154,7	-153,6	
V.20	2	1504,28	592,86	,12	4,0	-165,8	-154,3	-153,2	
V.20.1	2	1505,33	592,78	,12	4,2	-165,6	-154,2	-153,1	
2	1	1504,26	593,33	,11	4,4	-165,3	-153,9	-152,7	
3	0	1503,60	593,80	,10	4,7	-164,9	-153,6	-152,4	
4	0	1504,17	593,87	,10	5,0	-164,7	-153,3	-152,1	
5	1°36'9	1505,08	593,96	,09	5,3	-164,4	-153,1	-151,9	
6	8	1504,37	594,66	,08	5,8	-163,9	-152,5	-151,3	
7	8	1503,65	594,80	,08	5,8	-163,9	-152,5	-151,2	

8	7	1503,75	594,38	,07	5,4	— 164,3	— 152,9	— 151,6
9	6	1508,51	592,83	,06	5,3	— 164,8	— 153,5	— 152,2
10	5	1513,61	591,38	,06	5,4	— 165,4	— 153,9	— 152,6
11	4	1513,15	591,25	,05	5,2	— 165,6	— 154,1	— 152,8
12	3	1510,72	591,17	,04	4,3	— 166,2	— 154,7	— 153,4
13	3	1510,01	591,08	,04	4,0	— 166,4	— 154,9	— 153,6
14	3	1511,89	591,20	,04	4,7	— 165,8	— 154,4	— 153,2
15	2	*1515,23	591,34	,03	5,9	— 165,1	— 153,6	— 152,4
16	2	1516,46	593,34	,03	8,3	— 162,8	— 151,3	— 150,1
17	1	1513,91	595,80	,02	10,0	— 160,8	— 149,3	— 148,1
18	1	1514,06	597,21	,02	11,4	— 159,4	— 148,0	— 146,9
19	0	1511,39	599,11	,01	12,5	— 158,0	— 146,6	— 145,5
V.21	0	1511,72	600,22	,01	13,7	— 156,9	— 145,4	— 144,3
V.21.1	1°35'9	1508,79	602,17	,00	14,8	— 155,4	— 144,0	— 142,9
2	9	1508,56	603,56	,00	16,1	— 154,0	— 142,7	— 141,7
3	8	1502,78	606,59	,98	17,4	— 152,2	— 140,8	— 139,8
4	7	1504,85	607,71	,99	19,1	— 150,6	— 139,3	— 138,3
5	7	1507,08	608,66	,99	20,8	— 149,2	— 137,8	— 136,8
6	6	1509,46	609,30	,98	22,1	— 148,2	— 136,8	— 135,8
7	6	1509,79	610,91	,98	23,9	— 146,5	— 135,0	— 133,9
8	5	1514,28	611,25	,97	25,6	— 145,3	— 133,8	— 132,7
9	5	1516,16	161,42	,97	26,3	— 144,8	— 133,3	— 132,2
10	4	1515,55	611,91	,96	26,7	— 144,4	— 132,8	— 131,7
11	3	1516,25	612,32	,95	27,3	— 143,8	— 132,3	— 131,1
12	2	1504,61	614,42	,95	25,8	— 143,9	— 132,6	— 131,4
13	2	1497,66	615,02	,95	24,3	— 144,7	— 133,3	— 132,1
14	1	1496,80	614,54	,94	23,5	— 145,3	— 134,0	— 132,8
15	0	1491,61	615,20	,93	22,6	— 145,7	— 134,4	— 133,2
16	0	1486,02	615,83	,93	21,5	— 146,2	— 134,9	— 132,6
17	1°34'9	1479,18	611,93	,92	20,5	— 146,5	— 135,2	— 133,9
18	9	1486,23	615,64	,92	21,4	— 146,4	— 135,0	— 133,7
19	8	1491,97	613,74	,91	21,3	— 147,1	— 135,7	— 134,4
V.22	7	1492,85	613,13	,91	20,9	— 147,5	— 136,2	— 134,7
V.22.1	6	1495,73	612,53	,90	21,2	— 147,6	— 136,2	— 134,7
2	6	1494,51	612,74	,90	21,0	— 147,6	— 136,3	— 134,7

*Identification
incertaine

Station (1)	Latitude Sud (2)	Altitude m (3)	g 977... mgal (4)	‰ 978... mgal (5)	Anomalie de Bouguer à l'air libre mgal (6)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal (7)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal (8)	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal (9)	Remarques.
3	1°34'5	1490,47	614,07	052,89	21,1	-147,0	-135,8	-133,9	
4	4	1493,09	613,95	,88	21,8	-146,6	-135,4	-133,4	
5	4	1491,84	614,40	,88	21,9	-146,4	-135,1	-133,0	
6	3	1492,99	614,50	,87	22,4	-146,1	-134,7	-132,4	
7	3	1500,09	613,69	,87	23,8	-145,5	-134,1	-131,7	
8	3	1503,53	613,86	,87	25,0	-144,6	-133,3	-130,8	
9	2	1501,78	615,29	,87	25,9	-143,6	-132,2	-129,6	
10	2	1502,41	616,76	,87	27,5	-141,9	-130,6	-127,9	
11	2	1498,98	619,18	,87	28,9	-140,2	-128,9	-126,0	
12	2	1498,01	620,24	,87	29,7	-139,3	-128,0	-124,9	
13	1	1496,49	620,86	,86	29,8	-139,0	-127,7	-124,4	
14	1	1493,16	621,37	,86	29,3	-139,2	-127,9	-124,5	
15	1	1487,24	622,14	,86	28,2	-139,6	-128,3	-124,8	
18	1	1477,61	624,86	,86	28,0	-138,7	-127,5	-123,9	Sake

ROUTE KAKOMERO (V8-9) — GOMA (V16).

Station (1)	Latitude Sud (2)	Altitude m (3)	g 977... mgal (4)	% 978... mgal (5)	Anomalie de Bouguer à l'air libre mgal (6)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal (7)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal (8)	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal (9)	Remarques
V. 8.9	1°25'6"	1762,29	552,80	052,19	44,5	— 154,3	— 141,0	— 137,4	Kakomero
10	7	1777,03	550,23	,20	46,4	— 154,0	— 140,6	— 137,0	
11	8	1785,62	547,86	,21	46,7	— 151,7	— 141,2	— 137,6	
12	9	1795,13	545,99	,21	47,8	— 154,6	— 141,1	— 137,5	
13	1°26'1"	1798,46	545,46	,23	48,2	— 154,5	— 141,1	— 137,5	
14	2	1800,98	544,59	,24	48,1	— 155,0	— 141,5	— 137,9	
15	3	1806,87	543,07	,24	48,4	— 155,3	— 141,8	— 138,2	
16	5	1807,02	541,64	,26	47,0	— 156,7	— 143,2	— 139,5	
16 ^b	6	1811,43	539,57	,27	46,3	— 157,9	— 144,4	— 140,7	
17	7	1813,49	538,92	,28	46,3	— 158,2	— 141,6	— 140,9	
18	9	1817,45	539,09	,29	47,7	— 157,1	— 143,6	— 139,9	
19	1°27'0"	1819,25	538,46	,30	47,6	— 157,4	— 143,9	— 140,2	
V. 9.	1	1825,23	537,07	,31	48,0	— 157,8	— 144,1	— 140,4	
V. 9.1	3	1846,86	533,00	,32	50,6	— 157,5	— 143,8	— 140,0	
2	4	1848,10	532,93	,33	50,9	— 157,4	— 143,6	— 139,7	
3	5	1848,81	531,63	,34	49,8	— 158,5	— 144,8	— 140,9	
4	6	1847,32	531,85	,34	49,6	— 158,6	— 144,8	— 140,8	
6	9	1861,73	527,89	,36	50,1	— 159,9	— 145,9	— 141,7	
8	1°28'2"	1898,80	520,56	,39	54,1	— 159,8	— 145,8	— 141,9	
10	4	1930,99	514,41	,40	57,9	— 159,7	— 145,3	— 141,6	
12	6	1950,15	511,14	,42	60,5	— 159,3	— 144,8	— 141,4	
13	8	1962,43	508,95	,43	62,1	— 159,0	— 144,5	— 141,3	
14	1°29'0"	1978,59	506,66	,45	64,8	— 158,2	— 143,5	— 140,6	
17	3	1988,81	505,45	,47	66,7	— 157,3	— 142,6	— 140,1	
19	5	1995,63	505,12	,49	68,5	— 156,4	— 141,5	— 139,3	

Station (1)	Latitude Sud (2)	Altitude m (3)	g 977... magal (4)	% 978... magal (5)	Anomalie à l'air libre magal (6)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) magal (7)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) magal (8)	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal (9)	Remarques
V.10	1°29'7	2018,28	501,09	052,51	71,4	-156,0	-141,3	-139,4	
V.10.2	1°30'1	2041,66	496,48	,54	74,0	-156,1	-141,4	-139,5	
V.10.3	3	2029,58	498,20	,55	73,0	-155,7	-141,0	-139,2	
5	6	2034,29	498,12	,58	73,3	-155,9	-141,2	-139,5	
7	8	2037,06	496,79	,59	72,8	-156,7	-142,1	-140,4	
9	1°31'1	2036,22	497,43	,62	73,2	-156,3	-141,6	-139,8	
10	2	2037,66	497,28	,63	73,5	-156,2	-141,4	-139,5	
12	4	2034,77	497,57	,64	72,9	-156,5	-141,7	-139,7	
14	7	2025,56	499,71	,67	72,1	-156,1	-141,4	-139,3	
16	9	2013,98	502,33	,68	71,2	-155,8	-141,0	-138,8	
18	1°32'1	2010,54	503,38	,70	71,1	-155,4	-140,6	-138,3	
V.11	2	2016,66	502,44	,71	72,1	-155,2	-140,4	-138,0	
V.11.2	4	2022,80	501,23	,72	72,8	-155,1	-140,4	-138,0	
4	6	2023,74	501,23	,74	73,0	-155,0	-140,3	-137,9	
6	8	2014,04	503,39	,75	72,2	-154,8	-140,0	-137,6	
8	1°33'1	2003,04	505,98	,78	71,3	-154,3	-139,6	-137,3	
10	3	1995,63	508,09	,79	71,2	-153,7	-138,8	-136,5	
12	5	1980,15	512,04	,81	70,3	-152,9	-138,1	-135,8	
14	7	1973,52	513,51	,83	69,7	-152,7	-138,0	-135,7	
16	8	1985,20	510,36	,83	70,2	-153,6	-138,7	-136,5	
18	1°34'1	1974,75	511,67	,86	68,2	-154,4	-139,6	-137,4	
V.12	3	1972,91	511,11	,87	67,1	-155,3	-140,6	-138,5	
V.12.2	6	1964,19	513,78	,90	67,0	-154,3	-139,7	-137,6	
4	9	1944,79	515,15	,92	62,4	-156,8	-142,3	-140,3	
6	1°35'2	1930,18	518,27	,95	61,0	-156,6	-142,2	-140,2	
V.14	3	1925,78	519,40	,95	60,7	-156,3	-142,0	-140,0	
V.14.1	4	1910,18	522,81	,96	59,3	-156,0	-141,8	-139,9	
3	1°35'7	1871,68	531,04	,99	55,7	-155,4	-141,3	-139,5	

4		1851,99	535,10	053,00	53,6	— 155,1	— 141,3	— 139,5
6	1°36'1	1813,31	542,72	,02	49,3	— 155,1	— 141,6	— 140,0
8	3	1786,87	547,83	,04	46,2	— 155,2	— 141,9	— 140,3
10	6	1774,33	550,37	,06	44,9	— 155,2	— 141,9	— 140,4
12	1°37'0	1755,36	554,16	,10	42,8	— 155,1	— 142,0	— 140,5
14	3	1732,33	557,56	,12	39,0	— 156,3	— 143,3	— 141,7
15 ^a	5	1694,47	567,78	,14	37,6	— 153,6	— 140,7	— 138,9
16	6	1675,92	571,82	,15	35,9	— 153,1	— 140,5	— 138,7
18	9	1646,15	578,40	,17	33,2	— 152,5	— 140,1	— 138,5
V.15	1°38'0	1614,28	583,94	,18	28,9	— 153,2	— 141,0	— 139,4
V.15.1 ^a	3	1597,23	587,02	,21	26,7	— 153,5	— 141,4	— 139,8
2	4	*1587,777	589,35	,22	26,1	— 153,0	— 141,0	— 139,5
3	6	1580,45	590,40	,23	24,9	— 153,3	— 141,4	— 139,9
6	9	1576,87	591,31	,26	24,7	— 153,2	— 141,3	— 139,9
8	1°39'2	1564,95	593,15	,29	22,8	— 153,7	— 141,9	— 140,5
10	4	1548,74	596,86	,31	21,5	— 153,3	— 141,5	— 140,1
19	5	*1543,93	597,81	,32	21,0	— 153,2	— 141,5	— 140,1
12	7	1540,19	598,71	,33	20,7	— 153,1	— 141,4	— 140,0
14	1°40'0	1528,59	601,19	,36	19,6	— 152,9	— 141,3	— 139,8
16	2	1530,97	600,96	,38	20,0	— 152,7	— 141,1	— 139,6
19	6	1518,52	602,90	,41	18,1	— 153,2	— 141,7	— 140,2
V.16	7	1507,10	604,79	,42	16,5	— 153,5	— 142,1	— 140,6

* Altitude origine

* Au sol

Goma

PISTE DE MUSHEBELE (V1) A KAKOMERO
(V8-9) PAR LE NYAMURAGIRA (V4-6)
ET MUSHUMANGABO (V7)

V. 1	1°16'9	2132,9	493,91	051,57	100,6	— 139,7	— 125,6	— 122,2	Mushebele
V. 1.1	1°17'1	2101,6	500,08	,59	97,0	— 139,7	— 125,5	— 122,0	
2	2	2085,3	503,32	,59	95,3	— 139,7	— 125,3	— 121,7	
3	3	2077,0	504,72	,60	94,1	— 139,9	— 125,5	— 121,8	
4*	4	2040,1	513,01	,61	91,0	— 138,9	— 124,2	— 120,7	* instable
5	6	1984,7	525,72	,62	86,6	— 137,1	— 122,3	— 118,9	
6	6	2012,2	520,07	,62	89,4	— 137,4	— 122,5	— 119,0	

Station	Latitude Sud	Altitude m	g 977... mgal	% 978... mgal	Anomalie à l'air libre mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Remarques
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
V. 1.7	1°17'7	2026,4	516,64	051,63	90,4	-137,9	-123,2	-119,5	
8	9	2133,5	491,83	,64	98,6	-141,7	-127,6	-123,5	
9	1°18'0	2083,5	502,64	,65	94,0	-140,7	-126,3	-122,5	
10	0	2039,5	511,28	,65	89,0	-140,8	-126,2	-122,8	
11	0	1999,0	519,52	,65	84,8	-140,4	-125,6	-122,5	
12	0	1921,7	537,47	,65	78,9	-137,8	-123,4	-120,8	
13	1	1887,3	545,34	,66	76,1	-136,6	-122,5	-120,2	
14	1	1850,2	553,49	,66	72,8	-135,8	-121,9	-120,0	
15	2	1831,3	557,97	,66	71,5	-135,0	-121,2	-119,7	
16	2	1819,1	560,41	,66	70,1	-135,0	-121,4	-120,0	
17	3	1826,6	558,74	,67	70,8	-135,2	-121,5	-120,2	
18	4	1834,2	557,23	,68	71,6	-135,3	-121,5	-120,3	
19	5	1839,2	556,24	,69	72,1	-135,3	-121,5	-120,3	
V. 2.	5	1842,9	555,71	,69	72,7	-135,0	-121,3	-120,2	
V. 2.1	7	1848,1	554,67	,70	73,3	-135,0	-121,2	-120,2	
2	8	1853,8	553,26	,71	73,6	-135,3	-121,5	-120,6	
3	9	1858,6	551,90	,71	73,8	-135,7	-121,8	-120,8	
4	1°10'0	1865,3	549,92	,72	73,8	-136,4	-122,5	-121,5	
5	1	1873,4	547,82	,73	74,2	-136,9	-123,0	-122,0	
6	2	1878,5	546,59	,73	74,6	-137,1	-123,1	-122,0	
7	3	1885,1	544,84	,74	74,8	-137,7	-123,6	-122,4	
8	4	1897,5	542,15	,75	76,0	-137,9	-123,7	-122,5	
9	5	1914,5	538,23	,76	77,3	-138,5	-124,2	-123,0	
10	7	1943,2	532,17	,77	80,1	-138,9	-124,4	-123,1	
11	8	1969,4	526,83	,78	82,8	-139,2	-124,5	-123,1	
12	1°20'0	1993,5	522,27	,79	85,7	-138,9	-124,1	-122,6	
13	0	2015,3	517,79	,79	87,9	-139,1	-124,4	-122,8	
14	2	2029,2	514,85	,80	89,3	-139,4	-124,6	-123,0	

15	3	2041,6	512,09	,81	90,3	-139,7	-125,1	-123,4
16	4	2055,3	509,20	,82	91,7	-139,8	-125,3	-123,5
17	6	2072,4	505,61	,83	93,3	-140,1	-125,7	-123,8
18	7	2081,8	503,40	,84	94,0	-140,4	-126,1	-124,1
19	7	2097,8	499,33	,84	94,9	-141,4	-127,1	-124,9
20	9	2121,2	493,48	,85	96,2	-142,8	-128,6	-126,0
V. 3	1°21'0	2142,9	487,87	,86	97,3	-144,0	-130,1	-127,4
V. 3.1	1	2156,6	484,22	,87	97,9	-145,1	-131,1	-128,4
2*	1	2151,5	485,01	,87	97,1	-145,3	-131,3	-128,6
3	1	2154,7	483,23	,87	96,3	-146,4	-132,4	-129,7
4	2	2144,5	484,11	,87	94,0	-147,5	-133,5	-130,7
5	2	2149,4	481,36	,87	92,8	-149,3	-135,3	-132,4
6	3	2164,4	477,16	,88	93,2	-150,5	-136,7	-133,8
7	5	2200,5	467,65	,90	94,8	-153,0	-139,3	-136,3
8	6	2218,3	463,15	,90	95,8	-154,0	-140,4	-137,3
9	7	2239,7	459,02	,91	98,3	-153,9	-140,5	-137,2
10	8	2266,6	452,72	,92	100,3	-154,9	-141,6	-138,2
11*	1°22'0	2308,2	442,49	,93	102,9	-157,0	-143,9	-140,4
12*	2	2329,6	436,70	,94	103,7	-158,5	-145,7	-142,0
13*	4	2344,9	431,98	,96	103,7	-160,3	-147,5	-143,6
14	5	2348,6	429,33	,97	102,1	-162,2	-149,5	-145,2
V. 4	6	2359,6	425,68	,97	101,9	-163,7	-151,0	-146,6
V. 4.1	8	2411,1	414,24	,99	106,3	-165,1	-152,7	-147,5
2	9	2475,6	399,81	,99	111,8	-166,8	-154,8	-148,6
3	1°23'0	2533,8	386,95	052,00	116,9	-168,2	-156,5	-149,2
4	2	2603,1	371,01	,01	122,3	-170,5	-159,3	-150,2
5	4	2705,3	346,89	,03	129,7	-174,5	-163,9	-153,4
6	5	2730,2	340,32	,04	130,8	-176,1	-165,78	-154,0
7	6	2731,6	338,76	,04	129,7	-177,4	-167,0	-155,3
8	6	2706,6	343,81	,04	127,0	-177,3	-166,8	-155,2
V. 5	7	2708,1	343,61	,05	127,3	-177,2	-166,7	-155,1
V. 5.1	8	2707,1	343,05	,06	126,4	-178,0	-167,5	-156,1
2	1°24'0	2686,0	347,84	,07	124,7	-177,3	-166,7	-155,7
3	1	2675,6	350,00	,08	123,6	-177,3	-166,5	-155,9
4	3	2657,7	354,01	,09	122,1	-176,8	-165,9	-155,8

*peu stable

*oscillations
régulières du
fléauDépart d'anten-
ne vers le cratère
du Nyamuragira

Station	Latitude Sud	Altitude m	g 977... mgal	% 978... mgal	Anomalie à l'air libre mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Remarques
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
V. 5.5	1°24'4	2591,0	369,79	052,10	117,3	-174,1	-162,9	-154,4	
6	4	2528,5	384,01	,10	112,2	-172,2	-160,6	-153,2	
7	4	2492,6	392,10	,10	109,2	-171,2	-159,4	-152,7	
8	4	2436,2	404,90	,10	104,6	-169,6	-157,3	-152,0	
9	4	2376,3	418,04	,10	99,3	-168,2	-155,6	-151,0	
10	5	2333,1	427,82	,11	95,7	-166,9	-154,1	-150,2	
10 ^d	6	2302,5	434,64	,12	93,1	-166,1	-153,1	-149,7	
11	6	2295,1	436,17	,12	92,3	-166,1	-153,0	-149,9	
12	6	2247,2	446,72	,12	88,1	-165,0	-151,5	-149,2	
V. 6	7	2204,8	456,14	,13	84,4	-163,8	-150,2	-148,0	
V. 6.1	8	2180,1	461,69	,13	82,3	-163,2	-149,4	-147,2	
2	8	2160,9	465,84	,13	80,6	-162,8	-148,9	-146,8	
3	1°25'0	2139,1	471,23	,15	79,2	-161,7	-147,7	-145,7	
4	1	2153,7	468,49	,16	81,0	-161,7	-147,6	-145,7	
5	2	2153,2	468,98	,16	81,3	-161,3	-147,3	-145,5	
6	1	2116,5	476,52	,16	77,5	-160,9	-146,7	-144,9	
7	2	2106,5	478,28	,16	76,2	-161,1	-146,9	-145,2	
8	3	2099,5	480,81	,17	76,5	-160,0	-145,7	-144,1	
9	4	2081,4	484,95	,18	75,1	-158,3	-145,0	-143,4	
10	4	2075,6	486,25	,18	74,6	-159,2	-144,8	-143,2	
11	4	2064,4	488,35	,18	73,2	-159,3	-144,9	-143,3	
12	4	2048,9	491,59	,18	71,7	-159,1	-144,6	-143,0	
13	4	2041,1	493,34	,18	71,0	-158,9	-144,3	-142,7	
14	5	2028,5	496,13	,19	69,9	-158,6	-144,0	-142,4	
15	7	2023,8	497,60	,20	69,9	-158,0	-143,4	-141,8	
V. 7	8	2032,3	495,85	,21	70,8	-158,1	-143,5	-141,9	Mushumangabo
V. 7.1	9	2022,3	498,27	,21	70,1	-157,6	-143,0	-141,5	
2	1°26'0	2034,9	495,01	,22	70,8	-158,5	-143,8	-142,4	

3	0	1995,4	504,82	,22	68,4	--156,4	--141,6	--140,2
4	0	1995,5	505,12	,22	68,7	--156,1	--141,3	--139,9
5	0	2000,4	503,51	,22	68,6	--156,7	--142,0	--140,7
6	1	1995,1	505,25	,23	68,7	--156,1	--141,3	--140,0
7	1	1983,4	508,08	,23	67,9	--155,6	--140,9	--139,6
8	0	1970,7	510,87	,22	66,8	--155,4	--140,6	--139,3
9	0	1951,7	515,12	,22	65,2	--154,8	--140,2	--138,9
10	0	1943,5	516,69	,22	64,2	--154,7	--140,4	--139,0
11	1025'8	1927,1	520,12	,21	62,6	--154,6	--140,2	--138,8
12	8	1916,6	522,16	,21	61,4	--154,7	--140,3	--138,9
13	8	1909,6	523,52	,21	60,6	--154,6	--140,4	--139,0
14	8	1899,7	525,82	,21	59,9	--154,2	--140,0	--138,6
15	8	1887,8	528,27	,21	58,6	--154,1	--140,1	--138,6
16	8	1883,4	528,99	,21	58,0	--154,2	--140,2	--138,7
17	7	1878,2	530,07	,20	57,5	--154,2	--140,2	--138,6
18	7	1867,8	532,17	,20	56,4	--154,1	--140,2	--138,6
19	7	1858,2	534,51	,20	55,8	--153,7	--139,8	--138,2
20	8	1855,0	535,20	,21	55,4	--153,6	--139,8	--138,0
21	8	1855,7	535,07	,21	55,3	--153,6	--140,0	--138,1
22	8	1845,9	537,26	,21	54,7	--153,4	--139,6	--137,7
23	8	1843,7	538,03	,21	54,8	--153,1	--139,3	--137,4
24	9	1843,1	538,16	,21	54,7	--153,1	--139,3	--137,2
V. 8	9	1832,7	540,44	,21	53,8	--152,9	--139,1	--136,8
V. 8.1	8	1824,14	542,45	,21	53,2	--152,5	--138,8	--136,5
2	7	1819,06	543,12	,20	52,3	--152,7	--139,2	--136,8
3	6	1805,65	545,96	,19	51,0	--152,6	--139,0	--136,5
4	6	1803,18	546,34	,19	50,6	--152,8	--139,2	--136,6
5	6	1797,49	547,45	,19	50,0	--152,6	--139,2	--136,5
6	6	1779,81	550,74	,19	47,8	--152,9	--139,5	--136,5
7	6	1777,55	550,99	,19	47,4	--153,1	--139,7	--136,6
8	6	1777,63	550,65	,19	47,0	--153,4	--140,1	--136,8
9	6	1762,29	552,80	,19	44,5	--154,3	--141,0	--137,4

Kakomero

Station	Latitude Sud	Altitude m	g 977... mgal	% 978... mgal	Anomalie à l'air libre mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Remarques
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
<i>Antenne vers le cratère du Nyamuragira.</i>									
V. 4.6	1°23'5	2730,2	340,32	052,04	130,8	-176,1	-165,8	-154,0	
9	6	2823	320,10	,04	139,2	-178,0	-168,3	-156,1	
10	6	2898	302,95	,04	145,2	-180,4	-171,2	-157,3	
11	8	2959	289,25	,06	150,3	-182,1	-173,3	-158,3	
12	8	2972	286,05	,06	151,2	-182,7	-173,9	-158,1	
13	9	2967	288,95	,06	152,5	-180,8	-172,0	-156,7	
14	9	2952	294,10	,06	153,0	-178,7	-169,7	-154,6	
15	1°24'0	2958	295,10	,07	155,9	-176,5	-167,5	-152,8	
16	2	2953	295,69	,09	154,9	-176,9	-167,9	-154,0	
17	5	2964	292,59	,11	155,2	-177,8	-168,9	-155,7	
18	4	2961	290,34	,10	152,0	-180,7	-171,8	-158,6	
19	4	2957	293,68	,10	154,1	-178,1	-169,2	-155,8*	*Correction de
20	2	2954	294,72	,09	154,2	-177,7	-168,8	-154,7*	relief incer-
21	1°24'0	2948	294,72	,07	152,4	-178,9	-169,9	-154,9*	taine.
V.14*	1°35'3	1925,78	519,40	052,95	60,7	-156,3	-142,0	-140,0	*Kibati
V.14.1	1	1942,5	515,67	,94	62,2	-156,8	-142,3	-140,2	
2	1°34'9	1973,7	508,77	,92	64,9	-157,6	-142,8	-140,3	
3	6	2025,0	497,27	,90	69,3	-158,8	-144,2	-141,4	
4	5	2044,1	492,60	,89	70,5	-159,8	-145,2	-142,2	
5	4	2055,1	491,17	,88	72,5	-159,0	-144,5	-141,0	
6	2	2050,6	492,26	,87	72,2	-158,8	-144,3	-140,2	

PISTE KIBATI (V14)
NYIRAGONGO — MUSHUMANGABO (V7)

Station	Latitude Sud	Altitude m	g 977... mgal	% 978... mgal	Anomalie à l'air libre mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Remarques
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
Station Wisser dans le cratère	1°31'4	3267	212,46*	052,64	168	— 198,6	— 191,9	***	* Sous réserve *** Pourrait être calculé avec la carte photogravimétrique du Prof. Wisser.
<i>Fin de l'antenne</i>									
V.16.10	1°31'9	2940,0	289,23	052,68	143,8	— 186,5	— 177,5	— 158,2	
11	9	2967,9	281,93	,68	145,1	— 188,3	— 179,5	— 159,4	
12	7	2986,6	277,76	,67	146,8	— 188,8	— 180,0	— 159,7	
13	6	3020,9	268,24	,66	147,8	— 191,4	— 183,0	— 162,3	
14	5	3010,1	270,65	,65	146,9	— 191,2	— 182,7	— 161,9	
15	4	3011,7	269,60	,64	146,4	— 191,9	— 183,4	— 162,3	
16	2	2982,8	277,64	,63	145,5	— 189,5	— 180,9	— 159,5	
17	1	3005,2	273,62	,62	148,4	— 189,2	— 180,6	— 159,8	
18	1°30'9	3008,8	273,85	,60	149,8	— 188,2	— 179,6	— 157,6	
19	7	3042,6	266,16	,59	152,5	— 189,2	— 180,9	— 159,4	
20	6	3076,6	257,94	,58	154,8	— 190,7	— 182,6	— 161,5	
21	5	3098,3	252,95	,57	156,5	— 191,3	— 183,5	— 162,8	
22	4	3084,8	256,66	,56	156,1	— 190,3	— 182,3	— 161,8	
23	3	3063,4	261,25	,55	154,1	— 189,9	— 181,8	— 161,7	
V.17	2	3122,0	242,53	,55	153,4	— 197,1	— 189,4	— 167,1	
V.17.1	1	3148,0	231,24	,54	150,2	— 203,3	— 195,6	— 169,9	
2	1°29'9	3137,8	230,68	,52	146,5	— 205,7	— 198,1	— 174,1	
3	8	3084,4	245,01	,51	144,3	— 202,0	— 194,0	— 171,5	
4	6	3032,6	257,59	,50	141,0	— 199,7	— 191,2	— 169,8	
5	6	2956,7	277,26	,50	137,2	— 195,0	— 186,1	— 166,1	
6	5	2885,7	296,14	,49	134,2	— 190,2	— 180,7	— 161,8	
7	4	2779,3	326,45	,48	131,7	— 180,7	— 170,7	— 153,9	
8	3	2690,5	346,28	,47	124,1	— 178,4	— 167,8	— 152,1	

9	2	2578,5	373,87	,47	117,1	— 172,9	— 161,6	— 147,4
10	1	2522,3	386,86	,46	112,8	— 170,9	— 159,3	— 146,8
11	0	2425,3	409,87	,45	105,9	— 167,1	— 154,7	— 144,1
12	1 ⁰²⁸ 9	2360,8	424,92	,44	101,0	— 164,6	— 152,0	— 142,7
13	7	2286,7	441,09	,43	94,3	— 163,1	— 150,0	— 143,3
14	6	2239,9	451,60	,42	90,4	— 161,8	— 148,4	— 143,5
15	5	2242,5	451,27	,41	90,9	— 161,6	— 148,2	— 143,9
16	4	2235,1	453,38	,40	90,7	— 160,9	— 147,5	— 143,7
17	3	2224,9	455,55	,39	89,8	— 160,7	— 147,2	— 144,1
18	1	2222,1	457,65	,38	91,0	— 159,2	— 146,7	— 143,3
19	1 ⁰²⁷ 9	2233,3	455,19	,36	92,0	— 159,4	— 146,0	— 143,8
20	7	2228,8	454,57	,35	90,0	— 160,9	— 147,5	— 145,4
V.17.20 ^d	4	2230,5	456,15	,33	92,2	— 159,0	— 145,5	— 143,6
V.18	1	2230,0	455,67	,31	91,5	— 159,5	— 146,1	— 144,4
V.18.C	0	2209,9	460,71	,30	90,4	— 158,5	— 144,8	— 143,1
V.18.1	1 ⁰²⁶ 9	2198,6	462,70	,29	88,9	— 158,7	— 145,0	— 143,3
2	9	2184,8	464,63	,29	86,6	— 158,5	— 145,7	— 144,0
3	7	2146,9	472,77	,28	83,0	— 158,7	— 144,8	— 143,1
4	6	2127,3	477,19	,27	81,4	— 158,2	— 144,1	— 142,4
5	5	2114,1	479,76	,26	79,9	— 158,2	— 144,1	— 142,4
6	4	2105,0	481,83	,25	79,2	— 157,9	— 143,7	— 142,0
7	3	2096,3	483,45	,24	78,1	— 158,0	— 143,8	— 142,2
8	3	2078,1	487,32	,24	76,4	— 157,7	— 143,3	— 141,7
9	1	2068,9	489,27	,23	75,5	— 157,6	— 143,1	— 141,5
10	1	2061,7	490,66	,23	74,7	— 157,7	— 143,1	— 141,5
11	0	2052,5	492,40	,22	73,6	— 157,6	— 143,1	— 141,5
V.18.12	1 ⁰²⁵ 9	2043,3	493,72	,21	72,1	— 158,1	— 143,5	— 141,9
V. 7 *	8	2032,3	495,85	,21	70,8	— 158,1	— 143,5	— 141,9

* Repère remplacé 3 fois — Mushu-mangabo.

ROUTE MUSHEBELE (V1)
BISHUHA (A-20) — GANDJO (23) — SAKE (18)

Station	Latitude Sud	Altitude m	g 977... mgal	% 978... mgal	Anomalie à l'air libre mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal	Remarques
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
V. 1	1°16'9	2132,94	493,91	051,57	100,6	-139,7	-125,6	-122,2	Dans ce tronçon, un défaut de liai- son entre les opé- rateurs en gravi- métrie et en topo- graphie a entraî- né une numérotation disconti- nue dans les stations. Bishusha
V.19.15	7	2162,14	487,63	,56	103,3	-140,2	-126,3	-123,2	
12	3	2138,88	493,10	,54	101,6	-139,2	-125,3	-122,6	
8	2	2100,82	500,15	,53	96,9	-139,7	-125,5	-123,2	
0	4	2034,62	514,70	,54	91,0	-138,2	-123,6	-121,6	
4	1	2023,26	515,90	,53	88,8	-139,2	-124,4	-122,7	
V.19	1°15'8	1976,28	524,62	,51	83,0	-139,8	-125,0	-123,8	
A.20	4	1987,80	520,90	,47	82,9	-141,1	-126,3	-125,1	
V.19.4'	6	1906,31	539,98	,49	76,8	-138,1	-123,8	-122,7	
8'	6	1856,62	551,70	,49	73,2	-136,1	-122,2	-121,2	
12'	1°16'1	1860,56	551,09	,53	73,7	-136,0	-122,1	-121,2	
16'	6	1926,08	537,80	,56	80,6	-136,5	-122,1	-121,3	
V.20	6	1876,37	549,54	,56	77,0	-134,4	-120,5	-119,9	
V.20.4	7	1857,67	553,02	,56	74,7	-134,6	-120,8	-120,2	
8	1°17'3	1830,97	558,81	,60	72,3	-134,2	-120,4	-119,7	
16	8	1832,12	557,83	,64	71,6	-135,0	-121,2	-120,4	
V.21	1°18'1	1839,78	557,37	,66	73,5	-134,0	-120,1	-119,2	
V.21.5	5	1830,24	562,30	,69	75,4	-131,0	-117,2	-116,3	
9	9	1844,57	558,60	,71	76,1	-131,8	-118,0	-117,1	
12	1°19'3	1811,75	567,30	,74	74,7	-129,6	-116,0	-115,0	

16	4	1812,95	567,45	,75	75,2	-- 129,2	-- 115,6	-- 114,6
V.22	2	1814,82	567,30	,74	75,6	-- 128,8	-- 115,4	-- 114,3
V.22.4	0	1806,17	568,05	,72	73,7	-- 130,0	-- 116,4	-- 115,3
8	4	1854,62	556,58	,75	77,2	-- 131,9	-- 118,0	-- 116,9
12	7	1852,25	556,82	,77	76,7	-- 132,2	-- 118,3	-- 117,2
15	9	1840,87	559,16	,78	75,5	-- 132,0	-- 118,3	-- 117,2
V.23	1°20'3	1844,33	561,01	,81	78,4	-- 129,5	-- 115,7	-- 114,5
V.23.3	7	1881,83	562,47	,84	81,4	-- 130,7	-- 116,7	-- 115,5
7	1°21'0	1926,93	543,22	,86	86,0	-- 131,1	-- 116,8	-- 115,6
10	3	1942,13	538,04	,88	85,5	-- 133,3	-- 118,9	-- 117,7
14	5	1985,08	529,25	,90	89,9	-- 133,8	-- 119,0	-- 117,8
17	7	2009,81	524,85	,91	93,2	-- 133,3	-- 118,5	-- 117,2
V.24	1°22'0	2025,88	518,10	,93	91,4	-- 136,8	-- 122,2	-- 120,8
V.24.4	5	2012,02	521,74	,97	90,7	-- 136,0	-- 121,2	-- 119,7
23	6	2015,33	521,40	,97	91,4	-- 135,7	-- 120,9	-- 119,3
V.30.4	8	2000,97	524,86	,99	90,4	-- 135,0	-- 120,2	-- 118,6
V.30	1°23'0	2041,89	516,22	0,82	94,4	-- 135,7	-- 121,0	-- 119,2
V.29.16	4	2092,67	507,27	,03	101,0	-- 134,8	-- 120,4	-- 118,3
12	7	2136,27	498,03	,05	105,2	-- 135,4	-- 121,4	-- 119,0
8	8	2178,27	488,54	,06	108,7	-- 136,6	-- 122,8	-- 120,2
4	1°24'2	2225,11	478,60	,09	113,2	-- 137,4	-- 123,8	-- 120,9
V.29	4	2249,01	473,35	,10	115,3	-- 138,0	-- 124,6	-- 121,5
V.28.16	9	2273,51	465,89	,14	115,4	-- 140,7	-- 127,3	-- 124,2
12	1°25'2	2260,16	467,06	,16	112,4	-- 142,1	-- 128,8	-- 125,7
8	7	2250,84	468,85	,20	111,3	-- 142,2	-- 128,8	-- 125,7
4	1°26'0	2261,99	466,15	,22	112,0	-- 142,7	-- 129,4	-- 126,3
V.28	3	2265,57	463,80	,24	110,7	-- 144,3	-- 131,1	-- 128,0
V.27.16	5	2266,36	462,95	,26	110,1	-- 145,0	-- 131,8	-- 128,7
12	9	2258,66	463,15	,29	107,9	-- 146,4	-- 133,1	-- 130,0
8	1°27'3	2205,46	474,19	,32	102,5	-- 145,8	-- 132,2	-- 129,0
4	3	2144,97	483,75	,32	93,4	-- 148,2	-- 134,2	-- 130,9
V.27	6	2100,41	492,04	,34	87,9	-- 148,7	-- 134,4	-- 131,1
V.26.16	8	2053,66	499,88	,36	81,3	-- 150,1	-- 135,5	-- 132,1
12	1°28'2	2003,38	510,01	,39	75,9	-- 149,8	-- 135,0	-- 131,6
8	3	2014,91	508,51	,39	77,9	-- 149,1	-- 134,4	-- 130,9

Gandjo

Station (1)	Latitude Sud (2)	Altitude m (3)	g 977... mgal (4)	% 978... mgal (5)	Anomalie de Bouguer à l'air libre mgal (6)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,67$) mgal (7)	Anomalie de Bouguer ($d = 2,8$ et 2,5) mgal (8)	Anomalie de Bouguer modifiée ($d = 2,8$ et 2,5) mgal (9)	Remarques
4	1°28'4	2025,54	505,04	052,40	77,7	-150,5	-135,8	-132,2	
V.26	7	2024,61	505,26	,43	77,6	-150,5	-135,8	-132,0	
V.25.16	7	2008,10	508,68	,43	76,0	-150,4	-135,5	-131,7	
12	8	1964,27	517,78	,43	71,5	-149,9	-135,2	-131,4	
10	1°29'0	*1924,13	525,45	,45	66,8	-150,1	-135,7	-131,9	
8	0	1915,45	527,85	,45	66,5	-149,4	-135,1	-131,3	
4	3	1861,56	538,69	,47	60,7	-149,2	-135,2	-131,4	
V.25	6	1810,38	548,53	,50	54,7	-149,4	-135,8	-133,0	
V.24.16	8	1756,04	560,19	,51	49,6	-148,4	-135,2	-131,3	
12	1°30'0	1712,28	566,68	,53	42,0	-151,2	-138,2	-134,3	
8	4	1678,33	571,24	,56	36,6	-152,6	-140,0	-136,1	
4	8	1656,67	578,59	,59	37,3	-149,6	-137,1	-133,2	
V.24	1°31'3	1648,54	580,18	,63	36,3	-149,7	-137,2	-133,3	
V.23.16	7	1624,64	584,99	,67	33,7	-149,6	-137,3	-133,4	
12	1°32'2	1603,48	590,71	,71	32,8	-148,0	-136,0	-132,1	
8	7	1575,06	598,02	,95	31,3	-146,3	-134,5	-130,6	
4	1°33'2	1545,65	606,69	,79	30,9	-143,5	-131,8	-128,2	
V.23	7	1518,64	614,79	,83	30,6	-140,7	-129,2	-125,5	
18	1°34'1	1477,61	624,86	,86	28,0	-138,7	-127,5	-123,9	Sake

*Identification
incertaine.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BONNET, G. : Levé magnétique du volcan Nyiragongo (23 août-13 septembre 1959) (ARSOM, *Bull. des Séances*, 1960, 489-504).
- [2] CAPART, A. : Le lac Kivu (*Bull. des Naturalistes belges*, 1960, 397-417).
- [3] DENAEYER, M. : Lignes structurales et éruptions récentes des Virunga (*Séances de la Sté Géol. de France*, 1955, 61).
- [4] — : Résultats préliminaires d'une mission volcanologique au Congo Belge (1956) (A.R.S.C., *Bull. Séances*, 1957, 659-684).
- [5] — , VAN WALLENDael, M. : Les enclaves enalloènes du Nyiragongo et du Nyamuragira (Kivu). Note préliminaire (ARSOM, *Bull. des Séances*, 1961, 460-467).
- [6] EVRARD, P. : La mission géophysique du Centre National de Volcanologie au volcan Nyiragongo (1959) (ARSOM, *Bull. des Séances*, 1960).
- [7] — , JONES, L., MATHIEU, P. L. : Étude gravimétrique préliminaire du Graben de l'Afrique Centrale. Établissement d'un réseau de base (ARSOM, *Mém. in-8°, N. S.*, 1960).
- [8] INSTITUT GÉOGRAPHIQUE DU CONGO BELGE : Canevas général triangulé dans l'Est du Congo belge, 2^e partie (déc. 1956).
- [9] KARL JUNG : Some remarks on the interpretation of gravitational and magnetic anomalies (Geophysical prospecting, March 1953, 34-35).
- [10] KING Hubbert, M. : A line-integral method of computing the gravimetric effects of two-dimensional masses (*Geophysics*, April 1948).
- [11] LEJAY, P. : Développements modernes de la gravimétrie (Gauthier-Villars, Paris 1947).
- [12] MANIK Talwani, J. LAMAR Worzel and MARK Landisman : Rapid gravity computation for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone (*Journal of Geophysical Research*, Jan. 1959).
- [13] MEYER, A. : Le volcan Nyamuragira et son éruption de 1951-52 (Inst. Roy. Col. belge, *Bull. des Séances*, 1953, 242-244).
- [14] SERVICE HYDROGRAPHIQUE DE LA MARINE AND COMPAGNIE GÉNÉRALE DE GÉOPHYSIQUE : Tidal Gravity Corrections for 1959 (Geophysical Prospecting, déc. 1958).
- [15] WISER, P. : Levé photogrammétrique du cratère du Nyiragongo (ARSOM, *Bull. des Séances*, 1961, 950-955).

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	3
SAMENVATTING	4
SUMMARY	5
INTRODUCTION	7
CHAPITRE I. — <i>Les opérations topographiques et cartographiques</i> ..	11
1. Les opérations topographiques au profit de la gravimétrie ..	11
2. Les opérations topographiques au profit des travaux dans le cratère	16
3. Quelques commentaires sur les opérations topographiques ..	18
4. Les opérations cartographiques	20
CHAPITRE II. — <i>Les opérations gravimétriques</i>	22
1. Généralités	22
2. Les mesures d'étalonnage des gravimètres	22
3. Observations en station fixe	23
4. Le levé gravimétrique	26
CHAPITRE III. — <i>Interprétation des résultats gravimétriques</i>	30
1. Synthèse de la méthode de travail adoptée	30
2. Le problème de la densité des roches	34
3. Interprétation du profil gravimétrique Sake-Goma	41

ÉTUDE GRAVIMÉTRIQUE DU GRABEN DE L'AFRIQUE CENTRALE	71
4. Interprétation qualitative des anomalies gravimétriques sur les volcans Nyiragongo et Nyamuragira	46
5. Conclusion	47

ANNEXE

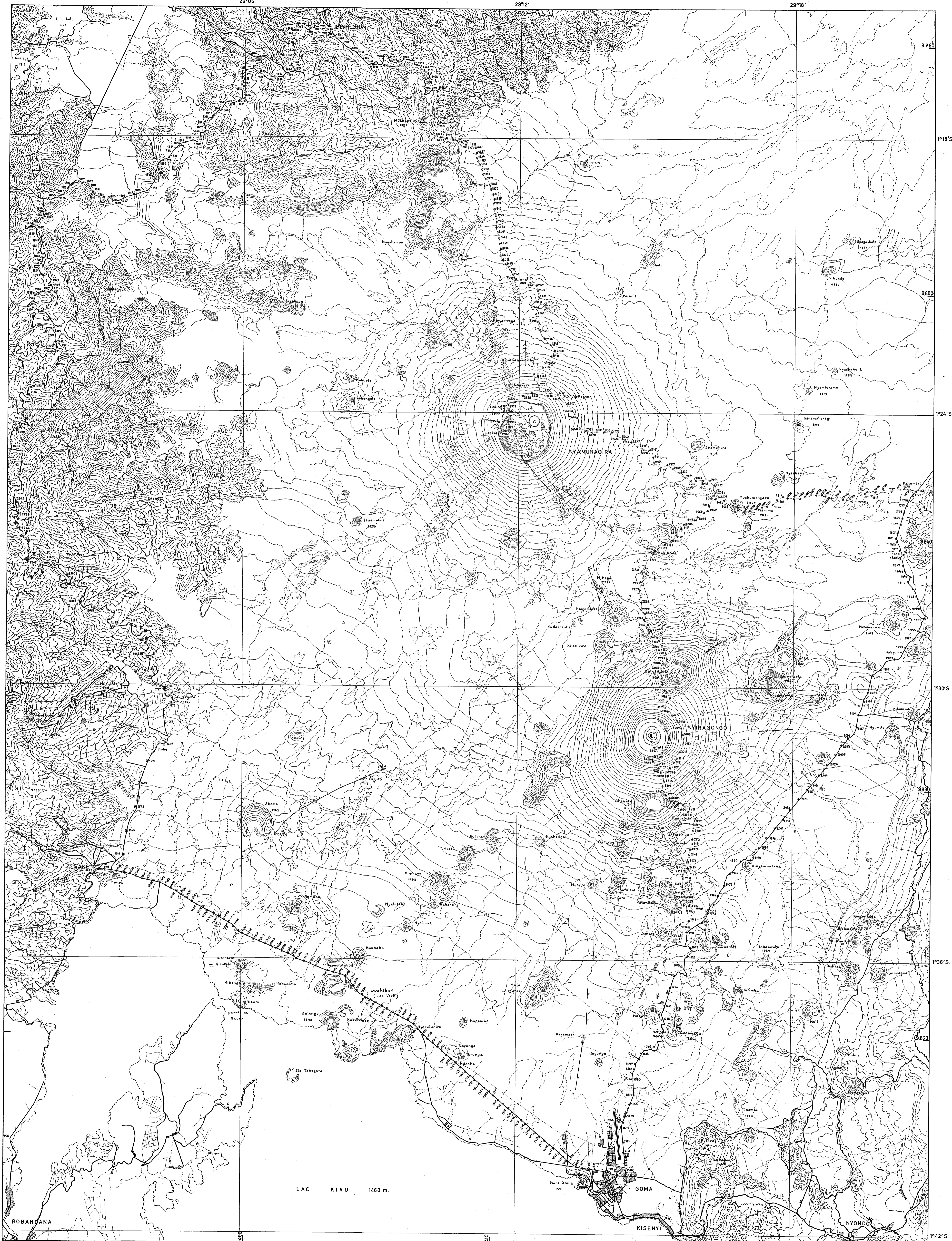
Tableaux des résultats	49
BIBLIOGRAPHIE	69
TABLE DES MATIÈRES	70

HORS-TEXTE

Carte photo-géologique surchargée du levé topographique

Calque 1 : Profil gravimétrique Sake-Goma

Calque 2 : Profils gravimétriques Mushebele-Kakomero, Mushu-
mangabo-Kibati.



LEGENDE:

- ▲ Sommet de triangulation I.G.C.B.
- Station gravimétrique ayant fait l'objet d'un levé planimétrique.
- Station gravimétrique n'ayant pas fait l'objet d'un levé planimétrique. Simple report sur carte.
- Station du cheminement planimétrique.
- alt. Altitude provenant du nivellement géométrique.

ECHELLE
 0 1km 2km 3km 4km 5km

Restitution simplifiée - 1:50.000 - par Thomard - Minuta définitive: juillet 1960.

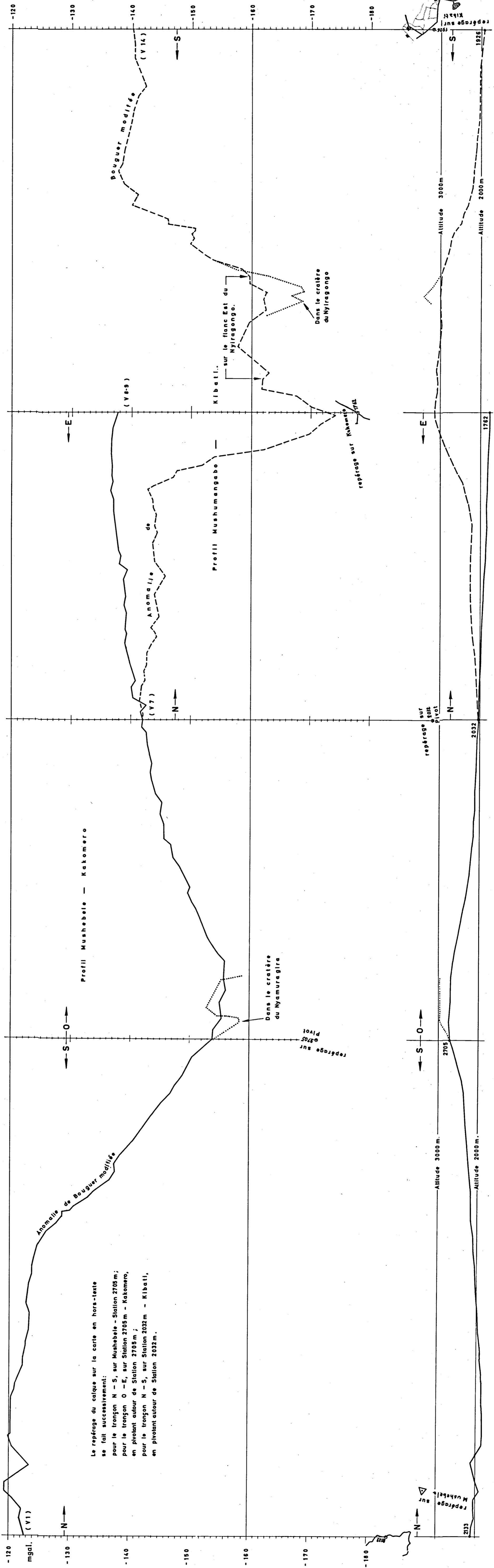
COLLABORATEURS: Chef de mission: P. EVRARD.

Mesures sur le terrain: P. EVRARD, P. MATHIEU, L. HANNESE, R. DELISSE.

Cartographie: R.L.G. THONNARD.

Organisation, contrôle: L. JONES.

Carte photo-géologique surchargée du levé topographique.



Le repérage du calque sur la carte en hors-texte se fait successivement:
 pour le tronçon N - S, sur Mushebele - Station 2705 m ;
 pour le tronçon O - E, sur Station 2705 m - Kakomero, en pivotant autour de Station 2705 m ;
 pour le tronçon N - S, sur Station 2032 m - Kibati, en pivotant autour de Station 2032 m.

-120 mgal. (V1)

-130 N

-140

-150

-160

-170

-180

Représentation sur la carte
 Mushebele

S O

Altitude 3000 m.

Altitude 2000 m.

2705

reperage sur pivot

2032

N

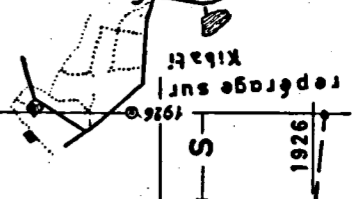
1762

Altitude 3000 m

Altitude 2000 m

S

1926



Profil Mushebele - Kakomero

Anomalie de Bouguer modifiée

Anomalie de

Profil Mushumangebo

Kibati.

sur le flanc Est du Nyiragongo.

Dans le cratère du Nyiragongo

reperage sur Kakomero

Dans le cratère du Nyamuragira

reperage sur pivot

Bouguer corrigé (V14)

(V8-9)

(V7)

N

S

-120

-130

-140

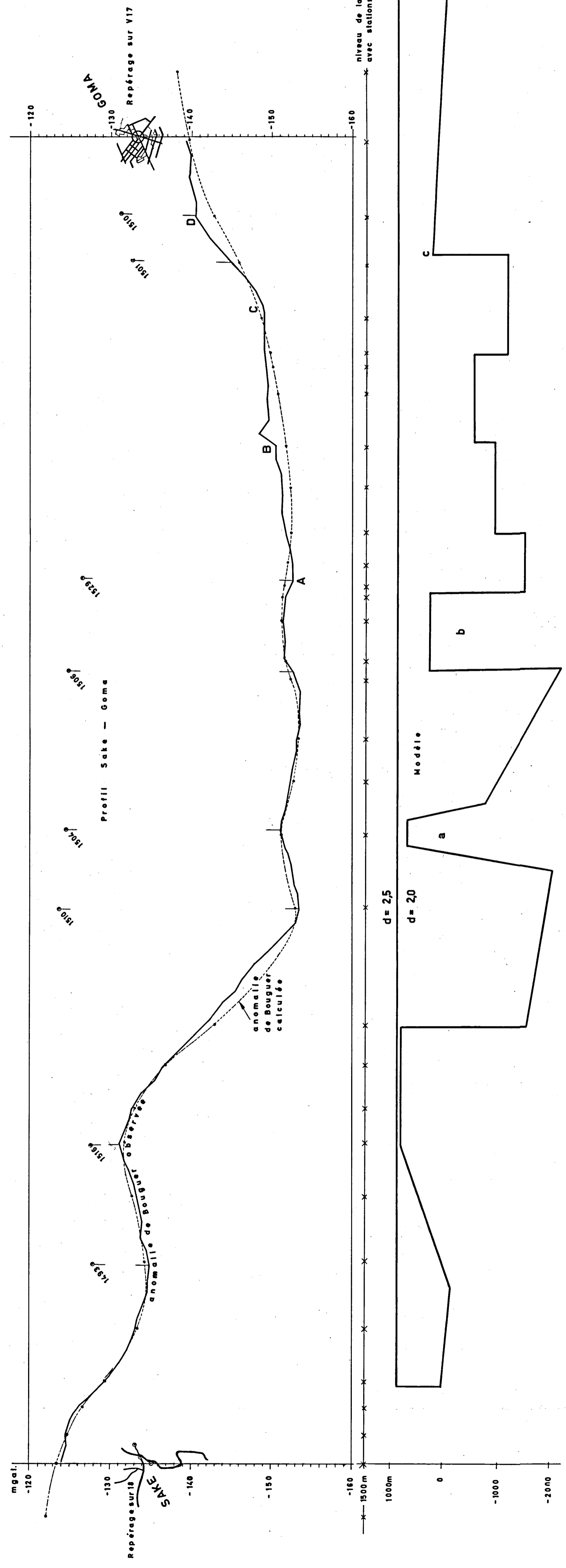
-150

-160

-170

-180

Le repérage du calque sur la carte en hors-texte peut être complété par les stations figurées par:
 e avec inscription de l'altitude.





Achévé d'imprimer le 26 avril 1963.
par les Editions J. DUCULOT, S. A., Gembloux (Belgique).