

NOTICE DE LA CARTE GRAVIMÉTRIQUE

PAR

L. JONES

Ingénieur A.I.A.
Géographe de l'I.G.M.
Associé de l'A.R.S.O.M.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS SUR LA GRAVIMÉTRIE

I

AVANT de présenter et commenter la carte gravimétrique du Congo, il convient de faire un rapide tour d'horizon des notions fondamentales en gravimétrie. Il nous permettra de bien préciser le sens des mots employés, de tenter de dépouiller de leur complexité apparente ou réelle les applications géodésiques des mesures de pesanteur et les hypothèses sur la physique de l'intérieur de la Terre, de situer à sa place exacte la discipline gravimétrique.

Le lecteur désireux d'approfondir ces questions générales trouvera *in fine* une Bibliographie des meilleurs ouvrages, parmi lesquels le remarquable traité du regretté R.P. LEJAY [6].

2. QUELQUES DÉFINITIONS.

En 1743, CLAIRAUT faisait apparaître, dans sa « Théorie de la figure de la Terre », la distinction qu'il y a lieu de faire entre la pesanteur et la gravité.

« J'entends par pesanteur », écrivait-il, « la force naturelle avec laquelle tout corps tombe et j'appelle gravité la force avec laquelle ce corps tomberait si la rotation de la Terre n'altérait pas son effet et sa direction ».

La pesanteur est donc une force, qui est la résultante de la gravité et de la force centrifuge. On peut l'exprimer sous la forme $P = M \times g$ où M est la masse du corps qui tombe et g son accélération.

Il existe donc un champ terrestre de pesanteur qui, du fait de l'intervention de la force centrifuge, doit varier de l'équateur aux pôles : la pesanteur est plus grande aux pôles qu'à l'équateur.

Il s'agit là d'une première approximation, car toute masse est soumise également à l'effet, variable dans le temps, de l'attraction des astres, parmi lesquels la Lune et le Soleil ont une action prépondérante. Ce phénomène de *marée* est bien connu de tous lorsqu'on envisage les masses océaniques. Il l'est moins lorsque c'est des masses continentales qu'il est question. Et pourtant, du fait de l'élasticité de l'écorce terrestre il existe, à l'instar des marées océaniques, des marées terrestres.

L'usage a conduit à utiliser des termes qui, littéralement ou étymologiquement, ne correspondent pas aux définitions ci-dessus, ou n'en découlent pas. S'ils ont l'avantage d'alléger le langage, encore convient-il d'en préciser le sens.

Pratiquement, ce qu'on mesure n'est pas la force pesanteur, mais l'accélération de pesanteur, notée

« g ». De même, l'exploitation théorique ou pratique de ces mesures concerne, non un champ de forces, mais bien un champ d'accélération. Et l'on dit « la pesanteur » alors qu'il s'agit de « l'accélération de pesanteur », « la gravimétrie » (dont la racine est gravité) au lieu de « mesure de l'accélération de pesanteur », et toutes les expressions qui en dérivent : gravimètre, anomalies gravimétriques, études gravimétriques.

Le mot gravimétrie a même été étendu à tout ce qui concerne le champ de pesanteur.

Tous ces termes ne sont pas corrects, mais ils ont l'avantage de faire court et ce serait faire montre de purisme exagéré que de ne pas les employer.

Avant de poursuivre cet exposé, il convient de définir les unités utilisées en gravimétrie.

Dans le système c.g.s., l'unité d'accélération est le cm/s^2 ou gal. Actuellement, vu la précision des mesures, on utilise couramment le milli-gal ou milligal (mgal), et même le millionième de gal, ou microgal (μgal).

L'ordre de grandeur de la pesanteur est :

Pour les régions équatoriales : 978 gal ou 978 000 mgal ;

Pour les régions polaires : 983 gal ou 983 000 mgal.

3. LES MESURES GRAVIMÉTRIQUES.

A. La plus ancienne méthode de mesure gravimétrique a été le pendule oscillant librement.

Cette méthode, dite absolue, fournit g à la station de mesure. Dans le monde entier, il y a peu de stations où g ait été mesuré de la sorte. Tout le système gravimétrique mondial est basé sur la seule station de POTSDAM dont la valeur $g = 981\,274\text{ mgal}$ est sujette à caution [10]. Depuis quelques années, on cherche à lever cette indétermination qui serait de l'ordre de $\pm 12\text{ mgal}$.

B. La méthode du pendule a été appliquée sous une forme plus rentable qui conduisit à un procédé de mesure semi-absolu, utilisé sur le terrain jusqu'il y a quelque trente ans. La précision des déterminations des différences de pesanteur est de l'ordre du milligal. Cette méthode n'est plus appliquée actuellement que

dans l'établissement des bases d'étalonnage des gravimètres d'interpolation.

C. C'est incontestablement la recherche du pétrole qui a provoqué durant ces dernières vingt années des progrès considérables dans la fabrication de gravimètres d'interpolation, instruments qui permettent de mesurer des différences de g très rapidement et avec une très grande précision. Leur principe de fonctionnement est le suivant (figure 1) : une masse M , liée à

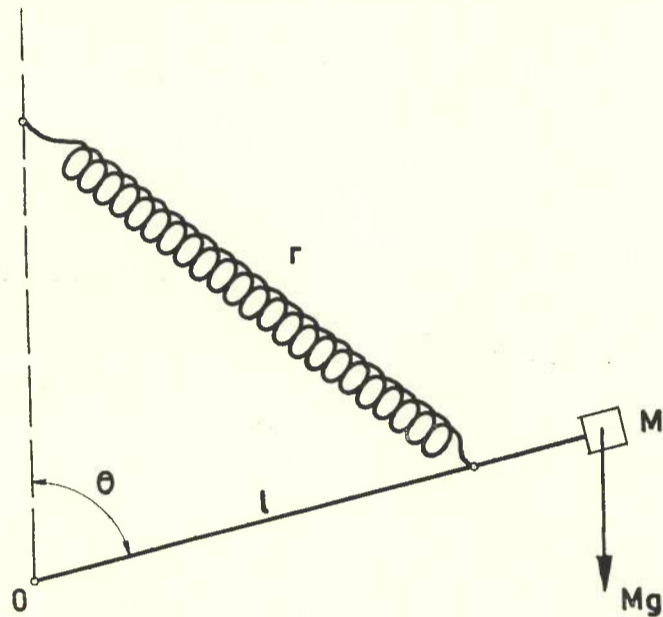


FIGURE 1. — Principe de fonctionnement du gravimètre.

un bras pouvant tourner autour de O est soumise à l'action de la pesanteur ; la force Mg crée un couple C_1 qui est équilibré par un couple antagoniste C_2 , très généralement réalisé par l'action d'un ressort r . Lorsque g varie, C_1 varie, donc aussi C_2 . Les diverses réalisations se différencient par la façon de mesurer la variation de C_2 , donc de C_1 [6].

Toutes les marques de gravimètres ont des traits communs que nous citerons brièvement :

a) Le coefficient d'étalonnage par lequel il faut multiplier les lectures à l'échelle de mesures pour obtenir des milligals ; ce coefficient doit être déterminé expérimentalement.

b) La *dérive* (*drift*) des mesures, qui résulte, *grosso modo*, de la fatigue des ressorts (figure 2).

c) Les effets de la température et de la pression du

milieu ambiant sur les lectures qu'il convient de corriger.

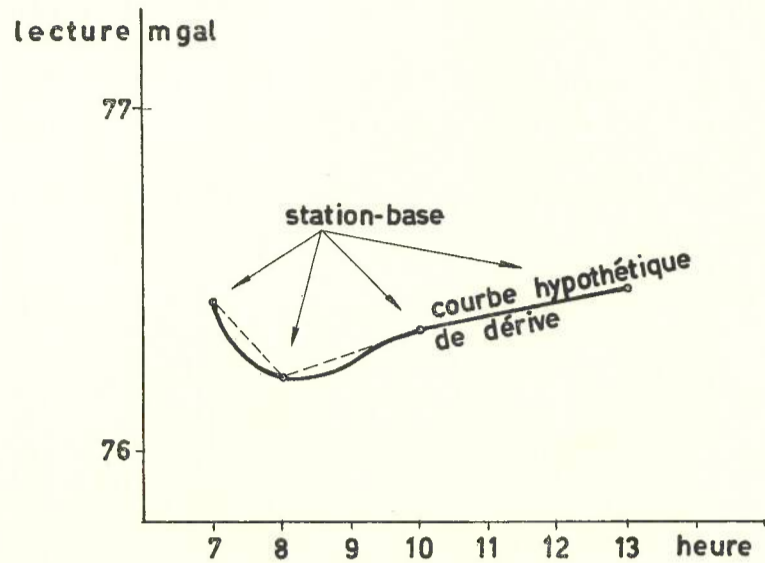


FIGURE 2. — Courbe de dérive.

Ces trois grandes caractéristiques posent de nombreux problèmes, parfois délicats à résoudre. On constate néanmoins que les gravimètres fournissent des résultats extrêmement précis.

4. LES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES.

L'étude du champ de pesanteur observé est actuellement conduite dans le sens de sa comparaison avec un champ de pesanteur théorique. Celui-ci est calculé sur un ellipsoïde de référence, se rapprochant au mieux du géoïde [13]. Il est donc possible de connaître en tout point défini par ses coordonnées géographiques la pesanteur normale (γ_0), au niveau zéro. Si, par le calcul, on réduit au niveau zéro la valeur de la pesanteur observée (g) en un point d'altitude Z , on obtiendra une valeur (g'). L'anomalie gravimétrique est la différence

$$(g') - \gamma_0$$

Il existe plusieurs sortes d'anomalies, selon la façon dont on calcule (g') [6] :

a) L'anomalie à l'air libre, pour laquelle on corrige (g) de la seule altitude (0,3086 mgal par mètre) ;

b) L'anomalie de Bouguer, pour laquelle on corrige (g), et de l'altitude, et de l'effet d'attraction de la couche de terrain située au-dessus du niveau de la mer (0,1968 mgal par mètre) (figure 3) ;

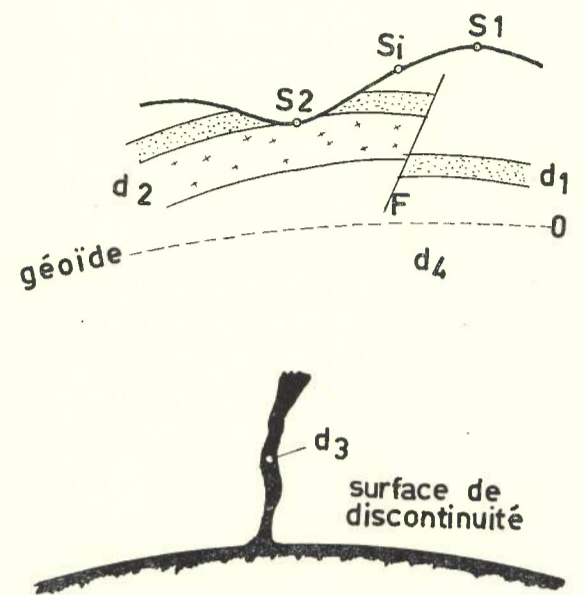


FIGURE 3. — Les anomalies gravimétriques.

c) Les anomalies isostatiques dans des hypothèses diverses, pour lesquelles on apporte aux corrections précédentes une correction supplémentaire due à l'effet d'attraction de masse compensatrices situées en profondeur à plusieurs kilomètres sous le niveau zéro (figure 4).

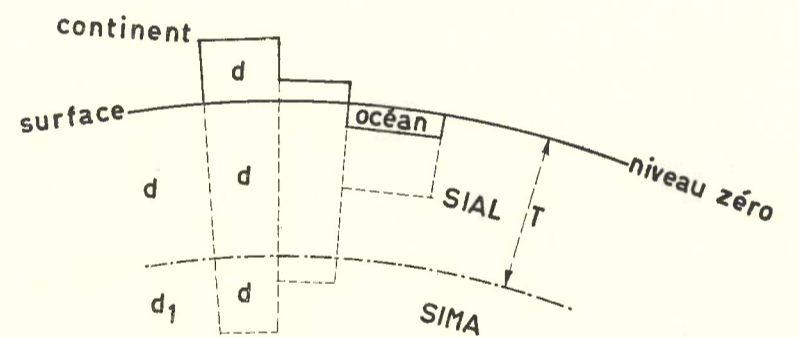


FIGURE 4. — Les anomalies isostatiques.

Cette énumération n'est pas limitative ; on pourrait imaginer d'autres types d'anomalies. Ceux qui viennent d'être cités sont, à l'heure actuelle, classiques.

5. UTILITÉ DES ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES.

A. En géodésie, la gravimétrie intervient dans les problèmes suivants :

a) Le problème des déviations absolues de la verticale (figure 5) fait partie intégrante du problème de la détermination de la forme de la Terre [13]. Si l'on considère un ellipsoïde international (forme géométrique se rapprochant le plus de la figure de la Terre, ou géoïde), centré et axé sur le centre et l'axe de la Terre, la formule de STOKES appliquée en une station gravimétrique permet de déterminer en cette station la distance N séparant le géoïde de l'ellipsoïde et l'angle α entre la verticale et la normale à l'ellipsoïde [6 ; 9].

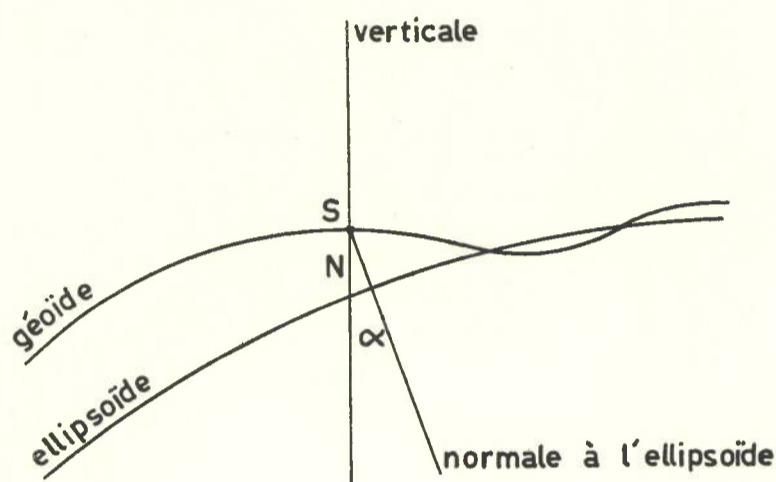


FIGURE 5. — Les déviations absolues de la verticale.

b) En nivellement de précision, la connaissance du champ de pesanteur est nécessaire si l'on veut étudier les altitudes de manière rigoureuse, ce qui est devenu possible depuis que les mesures gravimétriques, ne présentant plus le caractère laborieux de jadis, peuvent être multipliées au gré du chercheur. Le problème nivellement-gravimétrie est actuellement à l'étude dans de nombreux pays (figure 6).

c) Un autre problème géodésique est celui de la

connaissance de la valeur réelle de g à l'équateur. Celle actuellement admise (978 049 mgal) a été calculée par HEISKANEN « à partir de 841 mesures réduites isostatiquement faites sur terre, et de 137 mesures en mer » [6].

Cette valeur est sujette à caution car le nombre des déterminations gravimétriques sur la Terre entière est insuffisant [6].

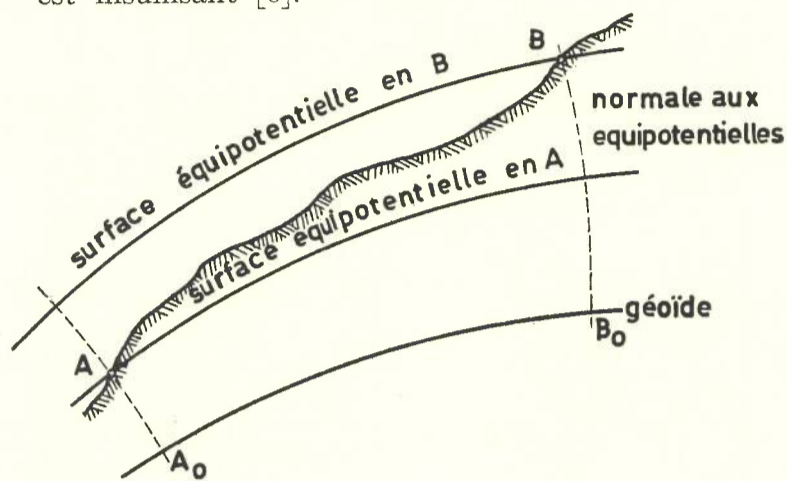


FIGURE 6. — Champ de pesanteur et étude des altitudes.

B. En géologie, le domaine d'investigation directe par les moyens classiques de cette science va, en profondeur, jusqu'à quelque 7 km (sondage). Cette limite pourrait bien, dans un avenir assez rapproché, être repoussée de façon appréciable depuis que l'on parle d'un sondage en mer, à l'aplomb d'une fosse océanique (projet MOHOLE).

La gravimétrie (avec d'autres méthodes de prospection géophysique) peut apporter au géologue une aide non négligeable en permettant, par ses observations de surface, de déceler des structures profondes.

C. En géophysique l'interprétation des anomalies gravimétriques concourt à préciser nos connaissances sur la constitution de l'écorce terrestre et à faire comprendre les effets de certains grands mouvements tectoniques.

CHAPITRE II

INVENTAIRE DES MESURES GRAVIMÉTRIQUES EFFECTUÉES AU CONGO EX-BELGE

C'est en 1951 que commencent les études gravimétriques au Congo. Nous n'avons pas connaissance de missions qui se soient attachées, avant cette date,

à poursuivre des buts bien définis comme cela allait être le cas de 1951 à 1959.

L'objet de ce chapitre est de dresser l'inventaire des travaux accomplis en signalant, dans chaque cas, les promoteurs et les participants, les buts assignés et les opérations de mesures réalisées (figure 7).

Par ailleurs, l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM, France) avait organisé une mission dont le but était l'établissement d'un réseau gravimétrique international africain. Les mesures

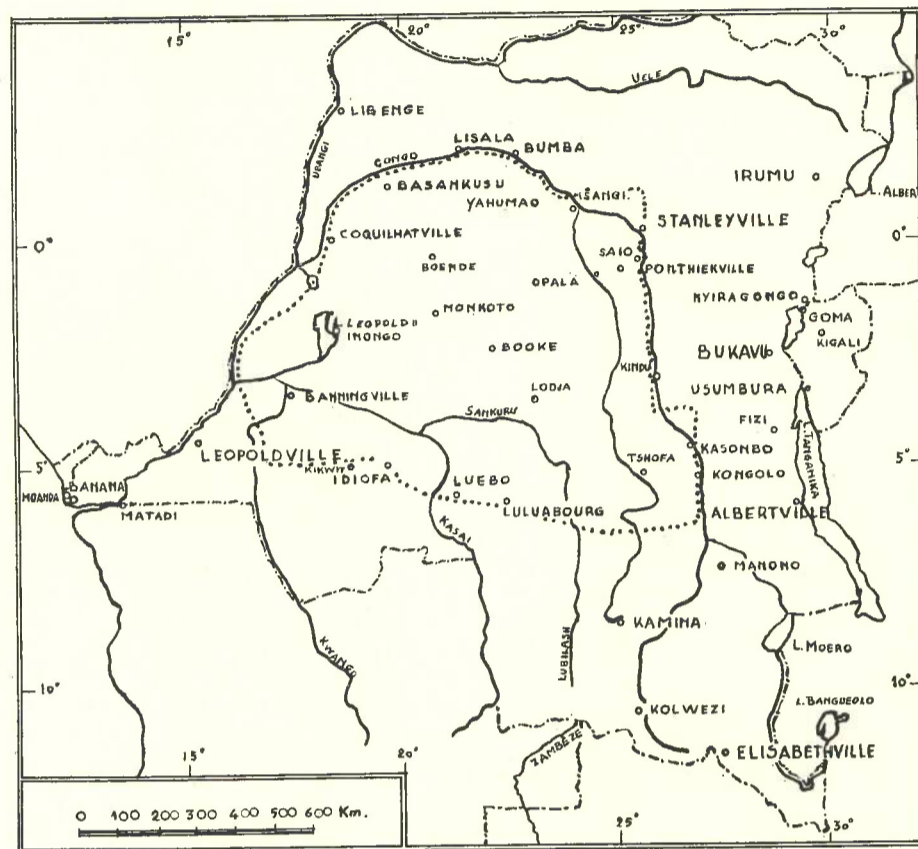


FIG. 7. — Carte schématique donnant les emplacements des localités citées dans le texte.

1. En 1951, deux missions, quasi simultanées, eurent lieu. Sous l'égide de l'Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale (IRSAC), P. SANDERS, de l'Observatoire Royal de Belgique, détermina la pesanteur en trois stations : Léopoldville (Binza), Bukavu et Elisabethville. Les mesures furent faites à l'aide d'un équipement de pendules VON STERNECK ; il s'agissait de mesures relatives par rapport à la station gravimétrique de l'Observatoire, à Uccle, où la pesanteur, dans le système de Potsdam, est relativement bien connue.

Le résultat de cette mission [25] fut la connaissance de la pesanteur en trois points bien répartis du Congo et cela par un moyen de mesures semi-absolues (chap. I § 3 B).

au gravimètre furent faites par Madame DUCLAUX et M. MARTIN en sept aérodromes (déplacements par avion) : Léopoldville, Luluabourg, Elisabethville, Usumbura, Bukavu, Irumu, et Stanleyville. Les stations pendulaires SANDERS furent rattachées, ainsi que quelques stations entre Bukavu et les rives du Lac Tanganyika (déplacements par la route).

Ainsi donc, fin 1951, l'ossature du réseau gravimétrique congolais existait.

Dans le domaine des levés de détail, il y a lieu de mentionner une mission du Geological Survey of Uganda (M. BROWNE) qui, à l'occasion d'une entreprise plus étendue en Uganda, leva un profil au gravimètre de quelque 25 km à l'Ouest du lac Albert (Kasenyi-Bogoro).

2. *En 1952*, le Service Météorologique du Congo belge établit un réseau de base au gravimètre. P. HERRINCK, attaché à ce Service, leva 27 stations aux aéroports suivants : Libenge, Lisala, Bumba, Irumu, Basankusu, Coquilhatville, Stanleyville, Goma, Inongo, Kigali, Nioki, Banningville, Kindu, Bukavu, Usumbura, Léopoldville, Kikwit, Kongolo, Moanda, Matadi, Kasongo, Luluabourg, Albertville, Manono, Kamina, Kolwezi, Elisabethville [16].

L'existence d'un tel réseau assurait pour l'avenir l'homogénéité de l'ensemble des réseaux de détail qui seraient levés.

Ceux-ci commencèrent la même année par une mission de reconnaissance du Syndicat pour l'étude géologique et minière de la Cuvette Congolaise [14] dont le titre renferme tout le programme. La Société REMINA fut chargée de la conduite des travaux de recherches géophysiques et la direction effective fut assurée par P. EVRARD. Durant le 2^{me} semestre de 1952, une équipe gravimétrique (L. JONES et H. STRENGER) leva 700 stations dans la zone limitée par Boende, Basankusu, Stanleyville, Ponhierville, Kindu, Lodja, Boende. Ce réseau fut relié par deux transversales (Kindu-Bukavu et Stanleyville-Irumu) à la zone du Graben entre Bukavu et Irumu pour laquelle l'I.R.S.A.C. avait demandé un levé rapide de reconnaissance : L. JONES et BONNET y firent des mesures gravimétriques en 62 stations [17].

3. *De 1953 à 1955*, le Syndicat de la Cuvette Congolaise fit poursuivre le travail entrepris en 1952.

L'équipe gravimétrique (H. STRENGER, puis P.L. MATHIEU et H. STRENGER) portait finalement à 6 550 le nombre des stations levées dans la boucle du fleuve Congo limitée au Sud par Kasongo, Tshofa, Luluabourg, Luebo, Idiofa, Banningville. L. JONES assura, à Bruxelles, la direction de ces travaux et fit une mission de contrôle en 1954. Les résultats de ces mesures gravimétriques — auxquelles il convient d'ajouter un important levé magnétique qui double le levé gravimétrique — ont fait l'objet des publications [18 à 24].

Par ailleurs, le Service Météorologique du Congo s'attachait à des levés analogues dans le N-E. du Congo, dans le Bas-Congo, et dans le Rwanda. Nous

ne disposons malheureusement pas de documentation pour préciser ces travaux.

4. *De 1955 à 1956*, l'I.R.S.A.C. organisa, conjointement avec le Comité Spécial du Katanga (CSK), une mission ayant pour but d'établir un réseau gravimétrique de base couvrant toute la zone du Graben, depuis le Lac Albert jusqu'à l'Upemba en passant par le Lac Moero (Projet dû à P. EVRARD et L. JONES). P.L. MATHIEU leva 224 stations, formant un réseau à liaisons doubles entre stations successives [15a]. Les résultats de cette mission permirent d'établir un programme pour l'étude systématique du Graben qu'il y aurait lieu d'entreprendre.

Durant la même période, et sous l'égide de l'IRSAC, M.G. SUTTON (Lamont Geological Observatory of Columbia) exécuta des mesures gravimétriques en 392 stations réparties dans le Graben : au Congo, au Rwanda-Burundi, en Uganda et au Tanganyika Territory [26].

5. *L'année 1959* clôture cet inventaire par une mission au volcan Nyiragongo, organisée par le Centre National de Volcanologie (CNV), en collaboration avec l'I.R.S.A.C. Parmi les nombreuses techniques mises en œuvre, la gravimétrie fut appliquée suivant un projet présenté par P. EVRARD et L. JONES. Alors que tous les levés précédents, couvrant de vastes régions, avaient réalisé des itinéraires jalonnés par des stations équidistantes de quelque 5 km, la mission du CNV exécuta, dans une zone de quelque 30 km², un levé de semi-détail. Le nombre total de stations s'élève à 476 ; l'intervalle moyen entre stations successives est de 250 m. Un levé topographique classique fixa la planimétrie et l'altimétrie des stations.

MM. P.L. MATHIEU, P. EVRARD et L. HANNESSE collaborèrent à l'exécution des mesures gravimétriques ; MM. HANNESSE et DELISSE furent chargés des opérations topographiques.

6. Les événements de 1960 devaient interrompre la poursuite de toutes les recherches gravimétriques au Congo. Celles-ci avaient fait l'objet de projets dont la réalisation devait se situer dans le cadre des activités des divers organismes que nous avons cités. Les levés dans la Cuvette devaient être étendus

vers le Nord ; la mission du CNV au Nyiragongo était le premier pas dans la voie d'une étude systématique du Graben ; un projet concernait le Katanga où les travaux géodésiques et l'existence d'une bonne cartographie récente fournissaient des conditions particulièrement intéressantes pour un levé gravimétrique ; le Service Météorologique devait continuer ses levés systématiques de chaque territoire, là où rien n'aurait encore été fait.

Malgré les événements politiques, les résultats des travaux scientifiques que nous venons d'énumérer restent acquis. On ne peut que s'en réjouir ; espérons toutefois que ceux qui prendront la relève retrouvent le plus grand nombre possible de stations gravimétriques *repérées* pour lesquelles la valeur de la pesanteur est connue, de telle sorte qu'ils puissent y rattacher leurs propres levés, assurant ainsi l'homogénéité de l'ensemble du réseau gravimétrique congolais.

CHAPITRE III

ETABLISSEMENT DE LA PREMIÈRE CARTE GRAVIMÉTRIQUE DU CONGO

1. *Les données* qui ont servi à établir la carte gravimétrique du Congo, telle qu'elle est présentée ici, sont appuyées sur les levés

- du réseau de base du Service Météorologique (Chap. II, § 1) ;
- du Syndicat pour l'étude géologique et minière de la Cuvette Congolaise (Chap. II, §§ 2 et 3) ;
- de reconnaissance et du réseau de base de l'I.R.S.A.C. et du CSK (Chap. III, §§ 2 et 4).

Nous sommes les premiers à regretter que les autres levés mentionnés au Chapitre II n'aient pas pu être intégrés à la carte, et cela pour deux raisons ; la première est qu'ils n'ont pas encore fait l'objet, à ce jour et à notre connaissance, de publication avec carte ; la seconde est que les éléments de ces levés permettant de dresser une carte (valeurs de g et coordonnées des stations) n'ont pas pu nous être communiqués, malgré notre demande.

Les levés gravimétriques fournissent, pour chaque station, la valeur de la pesanteur, l'altitude et les coordonnées de position (en l'occurrence la latitude et la longitude). Nous allons examiner brièvement chacun de ces éléments.

Les mesures de la pesanteur mentionnées ci-dessus furent faites, dans leur quasi totalité, avec le gravimètre North-American AGI - n° 134.

L'étalonnage (Chap. I, § 3 C) de cet instrument fut contrôlé sur l'ensemble suivant des stations du réseau de base du Service Météorologique : Irumu, Kigali,

Bukavu, Usumbura, Kasongo, Kindu, Stanleyville [24].

Le complexe des circuits levés constitue un vaste réseau à mailles fermées, s'appuyant sur 20 stations du Service Météorologique dont on adopta les valeurs de g comme étant fixées définitivement.

Pour les 242 « côtés » du réseau, ses 166 « sommets », et compte tenu des 20 sommets de pesanteur connue, le nombre des conditions entrant dans la compensation fut 96 : 77 conditions de fermetures de mailles et 19 conditions de fermetures sur sommets fixés.

Les mesures altimétriques des près de 7 000 stations gravimétriques furent réalisées par la méthode du nivellement barométrique [19] [21]. Comme pour la gravimétrie, le réseau altimétrique est à mailles fermées mais s'en différencie par le fait qu'il ne peut s'appuyer que sur un seul point d'altitude connue, étant donné l'absence d'un canevas de nivellement de précision. Il en résulte que la compensation du réseau altimétrique dut mettre en œuvre 110 équations de conditions de fermetures. Le point fondamental, origine des altitudes, fut choisi à Luluabourg, en un sommet de la triangulation du Kasai.

Les coordonnées de position des stations, latitude et longitude, ont été lues sur les cartes existantes : cartes de Territoire au 200 000^e, ou cartes au 200 000^e du CSK [15 a ; 24].

2. *Le calcul des anomalies gravimétriques* [15 a ; 24].

A. Nous avons choisi de présenter la première carte gravimétrique du Congo sous la forme d'une carte des anomalies de BOUGUER, calculées avec la densité classique 2,67, adoptant de la sorte une habitude communément suivie à l'étranger (on admet généralement que les anomalies de BOUGUER sont significatives des grands traits de la constitution du sous-sol). Remarquons que les échantillons de roches provenant du sondage de Samba, dans la Cuvette, sont caractérisés par une densité moyenne de 2,67. Au demeurant, du fait que le Congo n'est pas encore couvert entièrement d'un réseau gravimétrique, que sa cartographie est embryonnaire et sans aucune représentation altimétrique (à part le Katanga), il n'était guère indiqué de s'engager dans le calcul de divers types d'anomalies, car cela aurait conduit à des impasses.

Il existe toutefois les documents suivants :

a) Pour les levés dans la Cuvette Congolaise : outre les anomalies à l'air libre et de BOUGUER, qui sont publiées [23], les anomalies isostatiques ont été également calculées dans l'hypothèse d'AIRY pour $T = 30$ km. Les minutes des cartes de ces trois types d'anomalies, à l'échelle du 1 000 000^e, sont déposées dans les archives des travaux du Syndicat de la Cuvette.

b) Pour les levés dans le Graben, les anomalies à l'air libre ont été calculées, et publiées [15a].

Dans ce qui suit, nous n'envisagerons que les seules anomalies de BOUGUER.

B. Les anomalies de BOUGUER n'ont pas été corrigées du relief topographique, étant donné l'inexistence de renseignements altimétriques sur les cartes au N du 5^e parallèle S. Cette correction de relief doit être négligeable pour la Cuvette vu l'orographie peu accusée de cette région. Tel n'est certainement pas le cas pour les levés dans l'Est du Congo, où l'absence d'altimétrie sur les cartes pour la moitié Nord a empêché de calculer les corrections topographiques.

3. La première carte gravimétrique du Congo de

l'Atlas est une réduction de la carte originale dressée à l'échelle du 1 000 000^e.

L'établissement de celle-ci a été semé de difficultés inhérentes aux importantes déficiences de la cartographie congolaise. Il est utile de dresser un tableau de ces difficultés afin de connaître la valeur réelle du document que nous présentons ici.

Le report des stations a été fait, sur le terrain, sur les cartes au 200 000^e. Malheureusement, le fond de la carte au 1 000 000^e destiné au tracé des isanomales n'est pas toujours identique, et de loin, à celui du 200 000^e. Des discordances analogues existent entre le 1 000 000^e et le 5 000 000^e, échelle des cartes de l'Atlas. Il a donc fallu, par deux fois, adapter le tracé des isanomales afin de conserver les situations relatives de celles-ci et du fond des cartes. Le tracé initial des isanomales de BOUGUER au 1 000 000^{me} a été conduit en tenant compte du fait que les anomalies de BOUGUER sont connues à ± 3 mgal [24] ; dès lors, dans certains cas, un « lissage » de l'isanomale a été réalisé lors du tracé par interpolation. Toutes ces causes d'imprécision doivent faire considérer la première carte gravimétrique de l'Atlas comme une assez bonne image de la réalité.

Enfin, pour la région de l'Est du Congo, le tracé des isanomales n'est, vu la faible densité des stations et leur répartition dans une bande relativement étroite, qu'une approximation, une représentation de l'emplacement possible de ces isanomales. Dans la région du Ruwenzori - Lac Albert, à l'est de ce dernier, les isanomales proviennent des travaux du Geological Survey of Uganda.

Les résultats de la mission au Nyiragongo du Centre National de Volcanologie n'ont pas été repris dans la carte, vu leur caractère essentiellement local.

Quant à l'équidistance des isanomales, elle a dû être augmentée (10 mgal) vu la petite échelle de la carte de l'Atlas qui ne permettait pas de maintenir l'équidistance (5 mgal) du dessin original au 1 000 000^e. De façon analogue, il a fallu se limiter dans l'échelle des teintes pour une raison d'économie. Il y a lieu d'attirer ici l'attention sur les équidistances variables dans l'échelle des teintes.

CHAPITRE IV

COMMENTAIRES SUR LA PREMIÈRE CARTE GRAVIMÉTRIQUE DU CONGO

1. La dualité des buts poursuivis dans chacun des deux levés qui constituent la première carte gravimétrique du Congo nous conduit à commenter séparément les anomalies de BOUGUER dans le Graben d'une part, dans la Cuvette de l'autre.

Toutefois, un rapide examen d'ensemble de la carte s'impose au préalable.

Que la zone du Graben présente un aspect fortement négatif ne doit pas nous étonner, puisqu'il s'agit d'une zone d'effondrement ; ce qui, par contre, doit frapper l'attention est la sorte d'interruption qui existe à hauteur du Lac Tanganika où l'on trouve des anomalies du même ordre de grandeur que celui existant dans la Cuvette Congolaise. Plus au Sud, vers le Lac Moero, et en remontant vers le N-W par Kamina, Kabinda, on retrouve les ordres de grandeur d'anomalies qui existent en bordure de la partie Nord du Graben.

Quant à la zone de la Cuvette, le champ d'anomalies de BOUGUER suggère quelques impressions simultanées : pour une vaste région d'altitude peu élevée (300/400 m) et de relief peu différencié, les anomalies sont fortement négatives, oscillant autour de -80 mgal ; le champ d'anomalies a un caractère tourmenté et présente trois sommets relativement positifs dont deux (Dekese et Sud de Coquilhatville) atteignent -25 mgal ; ces points hauts semblent faire partie d'un ensemble d'anomalies relativement positives qui enserme comme en un étau une zone centrale relativement négative dont le point bas se situe par 2° de latitude Sud et $21^{\circ} 30'$ de longitude Est.

Dans l'ensemble, il apparaît nettement que la première carte gravimétrique du Congo recèle de nombreux problèmes à résoudre.

2. Quoique le but que s'étaient assigné l'I.R.S.A.C. et le CSK était essentiellement la constitution d'un réseau de base devant servir d'appui à des réseaux de détail ultérieurs, il est apparu que des conclusions

pouvaient en être tirées qui permettaient de fixer les axes d'un programme de recherches locales.

Le caractère non homogène des anomalies de BOUGUER dans le Graben conduit à y distinguer trois grandes zones [15a] : du Lac Albert à la pointe Nord du Lac Tanganika, de celle-ci au parallèle 8° Sud, et la région au Sud du parallèle 8° Sud en lui adjoignant la zone de l'Upemba. Par ailleurs, pour la première de ces zones, des traits particuliers apparaissent, caractérisés par l'orientation variable des isanomales et les gradients d'anomalies. Des recherches de détail devraient s'adresser en premier lieu, à la région des Virunga et à celle du Lac Kivu, et au Sud, jusqu'au parallèle 4° S. Ces recherches ayant précisé nos connaissances sur la partie N du Graben, il y aurait lieu ensuite de porter ses efforts sur la zone centrale chevauchant le Lac Tanganika.

Des conclusions tirées de cet ensemble de recherches de détail découlerait le programme de recherches ultérieures.

On se réjouira d'avoir pu commencer ce vaste programme d'investigations de détail par la mission gravimétrique au Nyiragongo, en 1959, organisée par le Centre National de Volcanologie. Les résultats de cette mission doivent être publiés très bientôt, sous les auspices de l'A.R.S.O.M.

Du point de vue du géodésien, le réseau de base dans le Graben a été étudié dans le sens d'une application de la formule de STOKES en vue de connaître les déviations absolues de la verticale. Le seul cas de la station gravimétrique de Manono a pu être traité, mais avec un nombre de données gravimétriques entourant Manono que l'on sait insuffisant ; on a trouvé des valeurs, à considérer comme des approximations, de $0'' 9$ (vers le Nord) et $0'' 6$ (vers l'Ouest). L'application rigoureuse de la formule de STOKES ne pourra être envisagée que lorsque tout le Congo, et les pays voisins, seront couverts de réseaux gravimétriques

dont la densité de stations serait uniforme et de caractère géodésique.

Par ailleurs, la mission au Nyiragongo de 1959 nous a conduit à appliquer les valeurs de la pesanteur au problème du nivellement dont nous avons parlé au Chapitre I § 5, A b. Il est intéressant de noter que des circuits de nivellement passant par des sommets aussi élevés que ceux du Nyiragongo et du Nyamuragira ne sont pas affectés par les valeurs de la pesanteur. Il semble bien que le cas doive être inverse lorsqu'un circuit de nivellement traverse une zone d'anomalie gravimétrique importante n'ayant pas un caractère de symétrie. Un tel cas n'a pu être étudié faute de données ; mais il pourra l'être lorsque des levés gravimétriques auront été étendus à l'Est et à l'Ouest, en débordant largement la zone d'effondrement de l'Afrique centrale.

De tout ce qui précède, il ressort clairement quelle quantité considérable de travail il reste à faire dans le domaine des mesures gravimétriques au Congo. La première tâche à laquelle devrait s'attacher l'organisme compétent de la République du Congo est sans conteste la poursuite des levés gravimétriques sur l'ensemble du pays, en adoptant la forme appliquée dans la Cuvette congolaise.

Sans l'existence d'un tel réseau, on se trouvera toujours arrêté dans la solution complète de plusieurs problèmes, tant géodésiques que géophysiques. Cette première tâche pourrait parfaitement être poursuivie sans désespérer, tout en facilitant des recherches scientifiques de caractère local, entreprises par des institutions nationales ou supra-nationales. Comme ce fut le cas avant 1960, l'étendue du pays et le nombre de problèmes à étudier sont tellement grands que seule une collaboration d'efforts peut être rentable.

3. Quant au champ d'anomalies gravimétriques dans la Cuvette congolaise, l'interprétation tant géodésique que géophysique des résultats obtenus par les missions du Syndicat de la Cuvette est toujours, à l'heure actuelle, sur le métier. Les événements qui ont précédé la naissance de la République du Congo en ont freiné l'achèvement et la publication.

La zone couverte par les levés gravimétriques dans la Cuvette congolaise (délimitée sur la *figure 7* par un

pointillé) se présente, dans son plus large ensemble, comme un grand bassin situé entre 300 et 400 m d'altitude ; ses bordures Est et Sud ont la forme d'un vaste versant qui, partant de l'isohypse 400 m, s'élève jusqu'à 600 m pour atteindre, au S-E, 800 à 900 m [21].

Un examen des anomalies à l'air libre et des anomalies de BOUGUER en fonction de l'altitude, pour diverses bandes d'un degré de largeur qui traversent la Cuvette dans des directions caractérisées par un relief différencié, conduit à supposer que des causes d'anomalies pourraient exister sous le niveau du géoïde, que l'équilibre isostatique ne serait pas parfaitement réalisé et qu'il existerait une discordance entre la région basse de la Cuvette et sa bordure plus élevée. Ces hypothèses semblent être confirmées par l'examen d'ensemble des anomalies isostatiques. Dans l'hypothèse d'AIRY, pour $T = 30$ km, le Bureau gravimétrique international (Paris) a calculé les corrections isostatiques. Au Nord du parallèle 4° S, les corrections isostatiques vont de $+40$ à $+60$ mgal, ces valeurs se situant grosso-modo du centre de la Cuvette vers l'extérieur, et de façon concentrique. Elles augmentent au Sud jusqu'à $+80$ mgal, et au S-E jusqu'à $+100$ mgal. Il en résulte que les anomalies isostatiques, dans l'hypothèse envisagée, perdent le caractère fortement négatif qui était celui des anomalies de BOUGUER ; mais elles restent néanmoins, dans l'ensemble, négatives autour d'une valeur moyenne de -30 mgal tout en s'amenuisant vers $-5/-10$ mgal en bordure Est de la Cuvette. Toutefois, les points hauts et les points bas qui apparaissaient dans le champ des anomalies de BOUGUER, n'ont pas disparu ; si parfois ils se dédoublent, les deux centres caractéristiques du Sud de Coquilhatville et de Dekese restent en place, accusant des maxima dépassant respectivement $+15$ et $+25$ mgal. Les causes d'anomalies locales dont nous parlions plus haut devront être recherchées, d'abord, entre le géoïde et la surface de compensation à 30 km de profondeur. Dans cette recherche des modèles possibles, les résultats des mesures de sismique [14] constitueront un guide précieux, ainsi que les méthodes imaginées par S. CORON dans son étude sur le champ de la pesanteur en France [3]. Enfin, dans l'interprétation géophysique des ano-

malies gravimétriques de la Cuvette, il sera intéressant d'examiner les corrélations entre les possibilités de subsidence et de surrection d'une part, et la configuration assez caractéristique du réseau hydrographique d'autre part, sans oublier toutefois le cadre d'ensemble de l'Afrique Centrale (nous songeons au Graben) dans lequel se situe la zone étudiée.

Quittant ici les considérations géophysiques pour celles géodésiques, on est en droit de se demander, en regard du caractère négatif généralisé des anomalies dans la Cuvette, si une cause principale fort simple ne pourrait pas l'expliquer, du moins partiellement. Si la pesanteur normale γ_0 (978 049 mgal), qui intervient avec le signe négatif dans le calcul des anomalies, avait une valeur plus petite, les anomalies en seraient toutes augmentées. On sait que cette valeur est sujette à caution [6]. A partir des anomalies isostatiques situées dans une bande de $\pm 0^\circ 10'$ chevauchant l'équateur dans la zone de la Cuvette, on a trouvé une valeur normale « observée » qui serait de quelque 30 mgal plus petite que la valeur admise (978 049). Ce résultat ne doit être considéré que qualitativement : les anomalies isostatiques issues du levé gravimétrique dans la Cuvette devraient être intégrées dans un nouveau calcul tel que le fit HEISKANEN, et qui utiliserait les anomalies isostatiques disponibles sur tout l'équateur.

La répartition des stations, leur nombre et l'étendue qu'elles couvrent ont permis d'appliquer la formule de STOKES à huit stations réparties dans l'intérieur de la cuvette. Pour chacune d'elles, le cercle dans lequel se situent les anomalies isostatiques entrant dans le calcul, s'étend jusqu'à 2° de la station (ca 220 km). Les résultats obtenus pour les déviations de la verticale montrent que les verticales auraient tendance

à s'incliner extérieurement vers la périphérie N et S de la Cuvette. Cela serait-il l'indice d'un bombement du géoïde vers le Centre de la Cuvette, sous-entendant une tendance vers une surrection, au demeurant concevable par un déficit de masse? Pour vider cette question, il faudra attendre d'avoir pu terminer l'étude complète des interprétations géodésique et géophysique, ce que nous espérons pour un avenir peu éloigné.

Une dernière recherche qui doit être achevée a trait au problème nivellement de précision - pesant. Elle a été entamée avec la précieuse collaboration de M. FILOT, de l'Institut Géographique du Congo. Celui-ci a procédé à un premier calcul d'un vaste polygone de nivellement situé dans la partie S-E du levé gravimétrique : il faudrait s'attendre ici à une influence non négligeable du champ de la pesanteur sur les mesures de nivellement, qui expliquerait une fermeture brute du polygone qui avait paru aberrante.

Arrivé au terme de ces commentaires, nous espérons que le lecteur non initié à la gravimétrie aura acquis une vue assez claire de ce que cette science peut apporter comme enseignements dans le domaine d'une meilleure connaissance de la constitution de l'écorce terrestre et de la forme de la terre. Nous espérons aussi être parvenu à montrer combien, au Congo, il reste de problèmes géodésiques et géophysiques à résoudre, dont les solutions peuvent être trouvées grâce à l'emploi de l'outil gravimétrique, entre autres moyens géophysiques. Il nous reste à exprimer le vœu que l'œuvre entamée du temps du Congo belge soit poursuivie par les cadres scientifique et technique de la jeune République du Congo.

Bruxelles, le 26 décembre 1961.

BIBLIOGRAPHIE

A. OUVRAGES ET PUBLICATIONS TRAITANT DU CHAMP DE LA PESANTEUR
(Théorie et applications).

- [1] ANDERSEN, TORBEN KRARUP et BJORNER SVEJGAARD: Geodetic Tables. International Ellipsoïd (Mémoires Inst. Géod. Danemark, Copenhague, 1956).
- [2] BARTELS, J. : Handbuch der Physik, Band XLVII, Geophysik I (Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1956).
- [3] CORON, S. : Contribution à l'étude du Champ de la pesanteur en France (*Sciences de la Terre*, Tome II. 1954, Numéro 4, *Annales de l'École Nationale Supérieure de Géologie appliquée et de prospection minière de l'Université de Nancy*).
- [4] CAGNIARD, L. : La prospection géophysique (*La Science vivante*, Presses universitaires de France, Paris, 1950).
- [5] HEILAND, C. A. : Geophysical exploration (Prentice-Hall, New-York, 1946).
- [6] LEJAY, P. : Développements modernes de la Gravimétrie (Gauthier-Villars, Paris, 1947).
- [7] NEUMANN, R. : Rôle joué par la correction luni-solaire en prospection gravimétrique (*Geophys. Prospecting*, déc. 1954).
- [8] POLDERVAART, A. (Editor) : Crust of the Earth (A Symposium) (Geological Soc. of Amer., New-York, 1955).
- [9] RICE, D. : Deflections of the vertical from gravity anomalies (*Bull. géod.*, 1952).
- [10] RIECKMANN, E. et GERMAN, S. : Das Potsdamer Schwere-system, seine vollständige Definition und seine richtige Übertragung (Deutsche Geodätische Kommiss., München, 1957).
- [11] SOLLINS, A. : Tables for the computation of deflections of the vertical from gravity anomalies (*Bull. géod.*, 1947).
- [12] TARDI, P. : Traité de Géodésie (Gauthier-Villars, Paris, 1934).
- [13] DEHALU, M. : La gravimétrie et les anomalies de la pesanteur en Afrique Orientale (*Mém. I.R.C.B.*, Bruxelles, 1943).
- [14] ÉVRARD, P. : Les recherches géophysiques dans la Cuve congolaise (*Bull. I.R.C.B.*, Bruxelles, 1954).
- : Les recherches géophysiques et géologiques et les travaux de sondage dans la Cuvette congolaise (*Mém. A.R.S.O.M.*, Bruxelles, 1957).
- : Sismique (Annales du Musée Royal du Congo belge. Résultats scientif. des missions du Syndicat de la Cuvette congolaise, Bruxelles).
- [15a] ÉVRARD, P., JONES, L., MATHIEU, P. L. : Étude gravimétrique préliminaire du Graben de l'Afrique centrale. Établissement d'un réseau de base (*A.R.S.O.M.*, Bruxelles, 1960).
- [15a] —, —, — : Activités de l'I.R.S.A.C. dans le domaine de la gravimétrie (*Folia Scientifica Africae Centralis*, Bukavu, 1959).
- [16] HERRINCK, P. : Gravity Survey in the Congo (*Nature*, London, 1953).
- [17] JONES, L. : Une mission de reconnaissance gravimétrique au Kivu (*Bull. I.R.C.B.*, Bruxelles, 1953).
- [18] — : Note introductive sur les levés gravimétriques au Congo belge et au Ruanda-Urundi (*Bull. A.R.C.B.*, Bruxelles, 1956).
- [19] — : Instructions techniques sur le nivellement barométrique au Congo belge (*Mém. A.R.S.C.*, Bruxelles, 1958).
- [20] —, NIEUWELD, W., STRENGER, H., ABBOTT, D. R. : Déterminations astronomiques et planimétriques (*Ann. Musée royal du C. b.*, Bruxelles, 1957).
- [21] —, MATHIEU, P. L., STRENGER, H. : Déterminations altimétriques (*Ann. du Musée royal du C. b.*, Bruxelles, 1959).
- [22] —, —, — : Magnétisme (*Ann. Musée royal du C. b.*, Bruxelles, 1959).
- [23] —, —, — : Catalogues des stations gravimétriques et magnétiques : définitions et résultats numériques (*Ann. du Musée royal du C. b.*, Bruxelles).
- [24] —, —, — : Gravimétrie (*Ann. du Musée royal du C. b.*, Bruxelles, 1960).
- [25] SANDERS, P. : Liaison gravimétrique Belgique-Congo belge (*Bull. I.R.C.B.*, Bruxelles, 1952).
- [26] SUTTON : Gravity bases in Central Africa (*Nature*, 1956).

B. OUVRAGES ET PUBLICATIONS

SE RAPPORTANT PLUS SPÉCIALEMENT A LA CARTE GRAVIMÉTRIQUE
DU CONGO.