

indiqué pour la monazite, il est donc possible d'évaluer approximativement la teneur en columbo-tantalite d'un concentré quelconque ne contenant pas d'autres minéraux radioactifs.

Centre belge d'Études de Prospection géophysique.

25 novembre 1949.

#### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.

1. H. FAUL, Radioactivity exploration with Geiger counters (*Mining Technology A.I.M.M.E.*, Nov. 1948).
2. J. D. BATEMAN, Prospecting with Geiger Counter (*Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, Vol. 42, Nr. 445, May 1949).
3. J. S. STEVENSON, Uranium Prospecting (*Western Miner*, March 1949; voir *Mining Magazine*, Vol. 80, Nr. 5, May 1949, p. 316).
4. G. C. RIDLAND, Use of the G.-M. counter in the search for Pitchblende bearing veins at Great Bear Lake (*Geophysics A.I.M.M.E.*, Vol. 164, pp. 117-124, 1945).
5. B. RAJEWSKY, Das Geiger-Müller Zählrohr im Dienste des Bergbaues (*Ztsch. Phys.*, 1943, 120-627).
6. J. T. WILSON, Major Structures of the Canadian Shield (*Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, Vol. 42, Nr. 450, Oct. 1949).
7. W. L. RUSSELL, Relation of Radioactivity, Organic Content and Sedimentation (*Am. Ass. Petroleum Geol. Bull.*, Vol. 29, 1945, pp. 1470-1494).
8. X., Prospecting for Uranium (*U. S. Atomic Energy Commission and U. S. Geological Survey*).
9. X., Prospector's Guide for Uranium and Thorium Minerals in Canada (*Bureau of Mines and Resources*, Ottawa, Canada).
10. S. A. KORFF, Electron and Nuclear Counters (*Theory and Use*, New York, D. Van Nostrand Co., 1946).
11. PONTECORVO, Neutron Well Logging (*Oil and Gas*, Jul.-Sept. 1941).
12. — Radioactivity Analyses of Oil-well samples (*Geophysics*, Vol. VII, No. 1, 1942, pp. 90-94).

**J. Ghilain. — Remorquage en poussée au Congo belge.**

J'ai lu, avec un vif intérêt, la communication de notre collègue M. R. Vanderlinden sur « Le matériel de remorquage en poussée de la Compagnie Générale des Transports en Afrique », parue dans le tome XX, fascicule I, 1949, du *Bulletin de l'Institut Royal Colonial Belge* (pp. 307-315).

M. Vanderlinden y déclare que « l'introduction du remorquage en poussée sur les rivières du bassin congolais a été préconisée par le Commandant Apel, inspecteur de la navigation, puis Directeur du Service de Voies Navigables en 1938 », et plus loin, que « l'Otraco avait procédé à des expériences sur les affluents secondaires, mais avec du matériel qui n'était pas parfaitement approprié ».

Ces affirmations ne cadrent pas avec la vérité historique, car le remorquage en poussée est loin d'être une innovation dans notre Colonie.

En effet, de fin 1925 à 1930 environ, les automoteurs type « Délivrance » (1), qui évacuaient Buta sur Djamba aux hautes eaux (rivière Rubi), non seulement remorquaient 2 barges de 40 T latéralement, mais aussi poussaient un ponton formé de 2 chalands de 20 T, reliés entre eux par des poutres et supportant un plancher, sur lequel on mettait le coton, protégé par des bâches.

Les personnes qui se sont occupées des transports fluviaux au Congo, depuis cette époque, n'ont pas perdu de vue les possibilités que pouvait présenter le remorquage

---

(1) *Délivrance* : Sternwheeler à vapeur ayant 20 m de longueur entre perpendiculaires, 4,65 à 5 m de largeur hors membrures, 1,10 à 1,35 m de creux de côté. Puissance indiquée : 60 à 65 CV.

en poussée, soit pour augmenter la capacité de chargement des convois, soit pour améliorer les conditions de confort des passagers. C'est pourquoi nous fûmes chargé, en 1932, d'étudier le problème sous tous ses aspects, tel qu'on l'avait résolu dans le Nil, et plus spécialement dans le Nil Blanc, entre Juba et Khartoum.

La question fut examinée, notamment aux points de vue :

1. des conditions de navigation sur les deux biefs navigables du Nil, en amont du barrage d'Assouan ;
2. du matériel fluvial employé;
3. du combustible utilisé;
4. des méthodes d'exploitation et, plus spécialement :
  - a) du système de remorquage,
  - b) des dispositions particulières des bateaux et des modes d'attelages,
5. de la navigation;
6. du personnel de bord;
7. des particularités du transport des passagers.

Résumons brièvement les conclusions essentielles que nous fûmes amené à tirer de nos observations.

« Tel que le pratiquent les Anglais au Soudan, le système de remorquage en poussée est très économique, *car il n'y a qu'un seul Européen pour tout le convoi, qui comprend parfois 11 bateaux.* Mais il convient de remarquer, notamment, que *le remorquage en poussée permet de combiner très heureusement le transport des passagers et des marchandises.* C'est une source importante d'économies : économies de matériel fluvial (partant, moindre amortissement) et de frais d'exploitation (salaires, combustibles, lubrifiants).

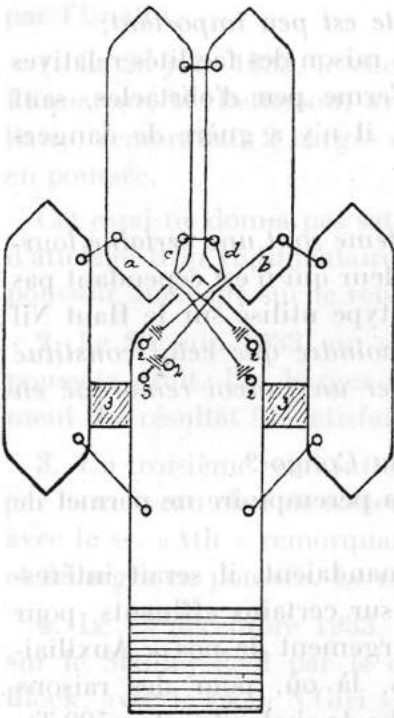


FIG. 1.

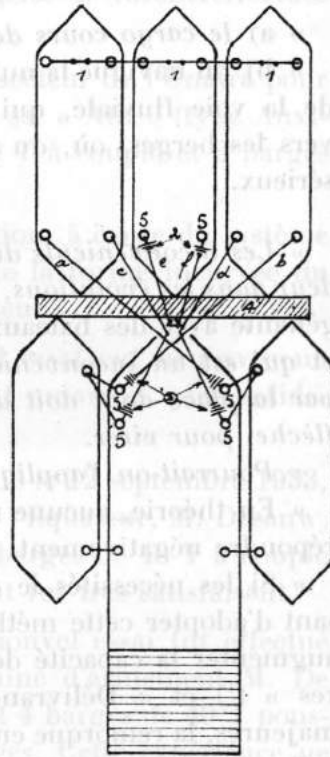


FIG. 2.

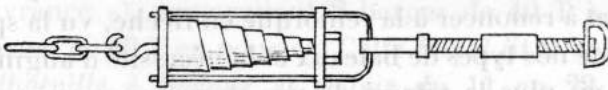


FIG. 3.



» Ce résultat peut être atteint sans ralentir et, partant, sans compromettre le service courrier, parce que :

» a) *le cargo cours de route est peu important;*

» b) on navigue la nuit, en raison des facilités relatives de la voie fluviale, qui renferme peu d'obstacles, sauf vers les berges, où, du reste, il n'y a guère de dangers sérieux.

» *Les inconvénients du système sont une certaine lourdeur dans les évolutions, lourdeur qui n'est cependant pas gênante avec des bateaux du type utilisé sur le Haut Nil et qui est un inconvénient moindre que celui constitué par la place dont doit disposer un convoi remorqué en flèche, pour virer.*

» *Pourrait-on l'appliquer au Congo ?*

» En théorie, aucune raison péremptoire ne permet de répondre négativement.

» Si les nécessités le commandaient, il serait intéressant d'adopter cette méthode sur certains affluents, pour augmenter la capacité de chargement de nos « Auxiliaires » <sup>(1)</sup> et « Délivrances », là où, pour des raisons majeures, la remorque en flèche de chalands « J » (500 T), « H » (350 T) ou « C » (150 T) ne serait pas possible.

» *Sur les grandes lignes, on ne pourrait songer à utiliser la même méthode de remorquage que si l'arrière de nos chalands était modifié ainsi que l'avant de nos remorqueurs. Il n'y aurait, évidemment, aucun intérêt pratique immédiat à renoncer à la remorque en flèche, vu la spécialisation de nos types de bateaux et la nécessité d'augmenter de plus en plus la vitesse de nos steamers courriers.*

» Rien ne permet néanmoins de conjecturer qu'un jour ne vienne où l'on ne doive réexaminer le problème. »

---

<sup>(1)</sup> *Auxiliaires* : Sternwheelers à vapeur ayant 25 m de longueur entre perpendiculaires, 5 ou 5,50 m de largeur hors membrures, 1,15 ou 1,20 m de creux de côté et 100 CV de puissance indiquée.

A la suite de ce voyage d'études, des essais pratiques d'adaptation de la remorque en poussée furent effectués par l'Unatra.

1. Le 28 juin 1933, le chef de secteur de l'Unatra pour l'Equateur, M. Petterson, avec le ss. « Ath » (type Auxiliaire, remorquait 2 barges de 40 T à couple et 3 barges en poussée.

Cet essai ne donna pas satisfaction, à cause du système d'attelage trop rudimentaire et de la forme incurvée du poussoir aménagé sur le remorqueur.

2. Le 29 juin 1933, un second essai eut lieu avec un poussoir droit. Les barges étaient amarrées plus solidement. Le résultat fut satisfaisant.

3. Un troisième essai fut effectué le 12 septembre 1933, par le nouveau chef de secteur de l'Equateur, M. Desauw, avec le ss. « Ath » remorquant 2 barges de 40 T à couple et 2 barges en poussée. Le résultat fut très satisfaisant.

4. Le 12 décembre 1933, un nouvel essai fut effectué sur le Stanley-Pool par le capitaine d'armement M. De Block, avec le sw. « N'Giri » <sup>(1)</sup> et 4 barges de 40 T poussées, en deux longueurs de 2 barges. Cette expérience ne fut pas un succès, parce que les manœuvres de virage s'effectuaient trop lentement.

5. En février 1934, le chef de secteur de l'Equateur tentait un nouvel essai avec le sw. « Dinant » (type « Délivrance »), remorquant 2 barges de 40 T à couple et 2 barges de 40 T en poussée. *Cette fois il fit le voyage de Coquilhatville à Boende et retour du 11 au 22 février inclus.* L'ensemble constitua transporta, à la descente, 136 tonnes de produits, alors que le port en lourd de l'ensemble

(1) N'Giri : Sternwheeler à vapeur ayant 25<sup>m</sup>50 de longueur entre perpendiculaires, 5 m de largeur hors membrures, 1<sup>m</sup>20 de creux de côté et 68 CV de puissance indiquée.

total constitué jusqu'alors par les « Délivrances », soit le sw. lui-même et 2 barges de 40 T donnait un tonnage global de 100 T.

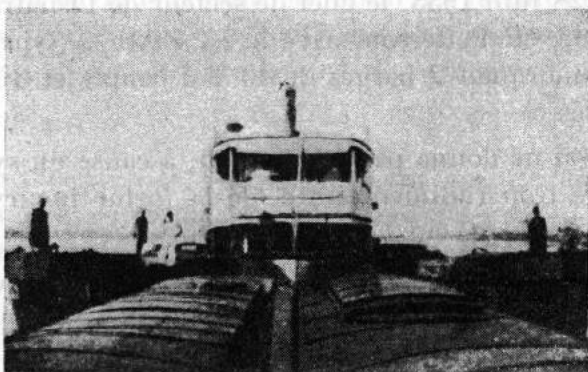


PHOTO 1.

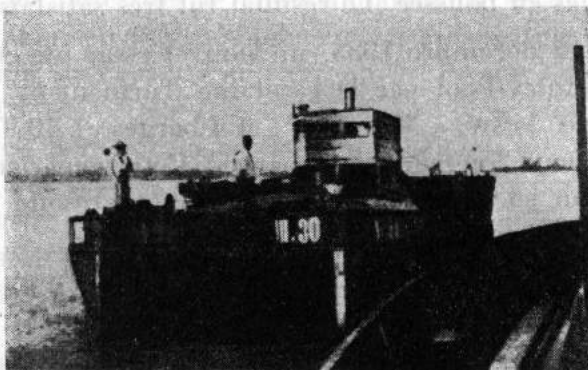


PHOTO 2.

6. Le 17 avril 1934, le chef de secteur du Kasai (M. Overloop) fit effectuer un voyage au sw. « Dottignies » (genre « Délivrance »), poussant 4 barges de 40 T couplées deux par deux, sur le parcours Port Francqui-Charlesville et retour. Le 5<sup>e</sup> jour du voyage, un buttoir se brisa.

7. Du 7 au 19 octobre 1934, le même sw., remorquant 2 barges de 40 T à couple et 3 autres en poussée, réussissait pleinement le voyage.

Fin octobre 1935, la Direction générale de l'Unatra envoyait à tous ses secteurs des instructions précises pour uniformiser *les méthodes d'amarrage* et d'emploi du matériel, et pour appliquer la remorque en poussée là où il était nécessaire d'augmenter la capacité d'évacuation, sans faire appel aux grand chalands remorqués en flèche *et en utilisant, sans aménagements spéciaux*, le matériel d'affluents existant, c'est-à-dire les « Délivrances », les « Auxiliaires », éventuellement les sw. de 35 T type « Princesse Clémentine » <sup>(1)</sup> et les barges de 40 T.

*La remorque en poussée a, depuis lors, été généralisée dans la navigation sur les affluents.* La méthode d'amarrage des convois a fait l'objet d'instructions codifiées qui sont reproduites pages 101, 102, 103 et 104 de la brochure « La Navigation fluviale au Congo — Guide du Batelier », éditée en 1945 par l'Otraco.

Ces instructions prévoient :

« *Remorquage par poussée* :

» Le remorquage par poussée est devenu, depuis 1935, de pratique courante au Congo belge, sur les affluents du Fleuve peu propres au remorquage en flèche et sur lesquels il est indispensable de maintenir une capacité de transport relativement importante.

» A. — *Matériel* :

» A l'exception d'un petit nombre de chalands de 40 à 50 T de capacité, appartenant aux services fluviaux de l'Otraco, il n'existe pas de matériel spécialement aménagé

---

(1) *Princesse Clémentine* : Sternwheeler à vapeur ayant 28<sup>m</sup>40 de longueur entre perpendiculaires, 6<sup>m</sup>60 de largeur hors membrures, 1<sup>m</sup>27 de creux de côté et 65 CV de puissance indiquée.

pour ce genre de remorquage : l'Otraco, qui le pratique couramment, utilise son matériel ordinaire (automoteurs type « Délivrance » et barges de 40 à 50 T), en faisant observer par son personnel les prescriptions ci-après :

» Le matériel utilisé pour le remorquage par poussée doit comporter, dans toute la mesure du possible, des unités automotrices munies de gouvernails situés derrière le propulseur, de manière à obtenir de ceux-ci une action plus efficace. Les chalands doivent être du même type, afin de ne pas éprouver de difficultés lors de l'amarrage. Le gouvernail des barges poussées doit être démonté ; l'ancre à poste fixe du remorqueur doit également être démontée, afin d'éviter que les conducteurs indigènes ne soient tentés de s'en servir.

» L'avant du convoi est pourvu d'une ancre appropriée, montée sur câble et prête à être mouillée en cas de nécessité. Une deuxième ancre est installée à poste fixe et utilisée fréquemment au cours des manœuvres. L'avant de l'une des barges poussées est en outre muni d'un bout de chaîne suffisamment long, destiné à être mis éventuellement à l'eau pour faire office de frein.

» B. — *Amarrage* :

» Les figures 1 et 2 représentent des ensembles d'un remorqueur et soit quatre, soit cinq barges, dont deux ou trois poussées, les deux autres étant accouplées à l'automoteur. Elles donnent le détail des amarrages, qui doivent être peu compliqués pour pouvoir être facilement réalisés par des conducteurs indigènes. Lorsqu'elles ont été enroulées sur les bittes d'amarre des barges, les extrémités des câbles sont fixées à un enroulement à l'aide d'un brin de câble.

» Dans le cas de deux barges poussées, l'avant du remorqueur s'emboîte dans le creux que constitue l'arrière des barges poussées. Par contre, l'usage d'un butoir est indispensable lorsqu'il s'agit de pousser trois barges.



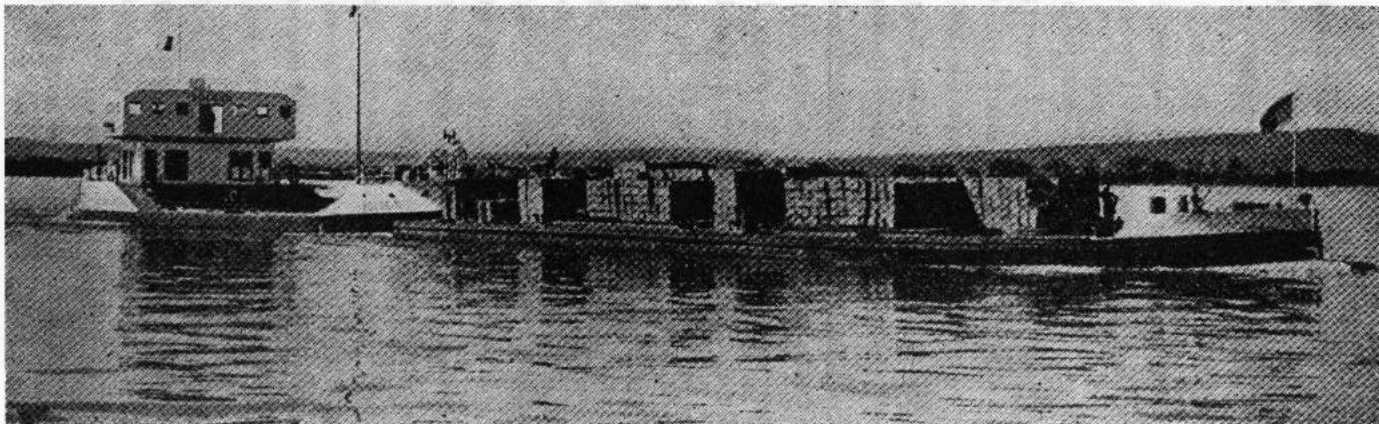


PHOTO 3.



» Des tendeurs sont employés pour obtenir le raidissement convenable des câbles, car il va de soi qu'un ensemble de ce genre ne peut manœuvrer que si une grande rigidité lui est assurée.

» D'autre part, pour absorber les chocs, ces tendeurs ont été pourvus d'un ressort (fig. 3).

» Les figures 1 et 2 sont suffisamment explicites pour nous dispenser de commenter l'amarrage prescrit par l'Otraco. Nous nous bornerons simplement à préciser que, lors de la constitution d'un convoi, les câbles sont d'abord tendus à la main. Leur raidissement au moyen des tendeurs à ressort est ensuite entrepris simultanément sur les câbles « a » et « b » et ensuite sur les câbles « c » et « d », pour terminer, lorsqu'il s'agit d'un ensemble comportant 3 barges poussées, par les deux branches du câble « e ». Cette manière de procéder permet de maintenir l'axe des barges poussées dans l'axe du bateau. (Voir photo 1.)

» Dans le cas de trois barges poussées, il est nécessaire que l'étrave des barges accouplées au remorqueur soit parfaitement maintenue contre le butoir représenté sur la figure 2. Ce butoir doit être maintenu, indépendamment de son système d'attache au bateau, constitué par deux chaînes qui se fixent à des boulons à crochet, adaptés au haut des deux premières épontilles du pont principal, par des câbles amarrés sur chacune des barges accouplées. Le butoir doit naturellement être amené à hauteur voulue par la manœuvre des câbles et des chaînes qui le tiennent.

» Chaque jour, lors de l'arrêt pour l'escale de nuit, le conducteur vérifie la tension des câbles d'amarrage. Si ceux-ci se sont légèrement détendus, ils sont raidis à nouveau au moyen des tendeurs, en veillant à ce que la tension soit à peu près la même sur tous les câbles.

» C. — *Réparation des chargements :*

» Les deux barges accouplées devant gouverner avec le remorqueur, il est important qu'elles aient un certain enfoncement, de manière que l'effet de leur gouvernail soit efficace. Aussi, lors du chargement des marchandises ou produits, le conducteur veillera à ce que le chargement soit embarqué d'abord sur les barges accouplées. C'est également dans celles-ci que doit se trouver le cargo destiné au poste terminus du voyage.

» D. — *Manœuvres :*

» Les gouvernails des remorqueurs n'étant pas conçus pour manœuvrer de tels ensembles, il est nécessaire de gouverner autant avec les barges accouplées qu'avec le remorqueur lui-même.

» a) *A la montée.*

» Là où il existe un tournant assez brusque, éviter dans toute la mesure du possible de se présenter dans le courant le plus fort, de telle manière que celui-ci frappe perpendiculairement la tête des barges poussées. Par conséquent, il faut que le tournant soit « pris » le plus large possible et que le virage soit nettement amorcé lorsque la tête s'engage dans la courbe. Ce faisant, l'effort à vaincre par les gouvernails est beaucoup moindre.

» Cette manœuvre est d'autant plus aisée à réaliser que, contrairement à un bateau seul qui pivote sur un point situé un peu en avant de son couple milieu, un ensemble remorqué par poussée vire presque sur son extrême avant.

» *A la descente.*

» 1° *Accostage :*

» Dans un pool large et suffisamment profond, le virage peut être entrepris normalement.

» Dans un chenal étroit, il y a lieu de virer en amont du lieu où l'on veut accoster. La giration étant amorcée,

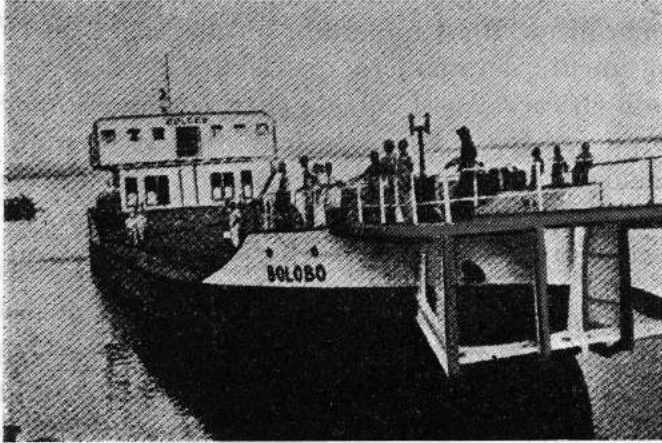


PHOTO 4.

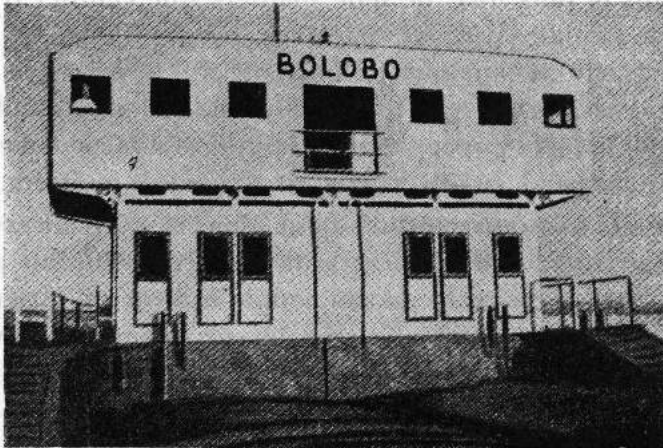


PHOTO 5.

battre en arrière pour couper l'erre du convoi et ensuite mouiller l'ancre dont le câble est tourné sur une bitte et molli jusqu'à ce qu'elle soit « crochée ». L'avant étant retenu par l'ancre, la giration s'effectue automatiquement. L'ancre est ensuite rentrée et l'accostage s'effectue normalement.

» 2° Départ d'un accostage :

» Lorsque le départ pour la descente a lieu dans un pool large et suffisamment profond, le virage s'effectue normalement.

» Dans un chenal étroit, il y a lieu de procéder comme suit :

» Le câble arrière maintenant le bateau à la rive étant amarré sur la bitte extérieure arrière de la barge extérieure accouplée au remorqueur, battre légèrement en avant, en larguant le câble avant au besoin, et aider au dégagement de la tête du convoi au moyen de perches. Dès que le convoi a le cap sensiblement vers l'aval, lâcher le câble arrière et mettre « en avant toute » à la machine. Il va de soi que le câble arrière doit être amarré à terre, de façon à pouvoir être largué rapidement.

» c) Navigation dans les passes sinueuses et étroites :

» Les passes sinueuses, étroites et dangereuses sont obligatoirement franchies cap au courant. La chaîne se trouvant sur l'une des barges poussées est mise à l'eau et la manœuvre est conduite avec prudence. »

\*  
\*\*

En fait, depuis 1935, le remorquage en poussée est d'application courante dans la Lulonga, la Lopori, la Maringa, la Busira-Tshuapa, la Lulua, le Haut-Kasai, le Sankuru, le Kwilu et l'Inzia.

Par ailleurs, le remorquage en poussée de barges « C » par les sternwheelers courriers du Kasai fut expérimenté fin 1936, pour tenter d'accélérer l'évacuation des marchandises destinées au Katanga. Ici, les résultats furent moins bons, parce que le manque de spécialisation du matériel pour ce système de remorquage fit apparaître certains inconvénients, notamment pour les évolutions des ensembles.

L'expérience a démontré, par conséquent, que même avec du matériel non spécialement conçu pour ce genre de traction, mais ayant les caractéristiques habituelles et classiques au Congo, le remorquage en poussée pouvait être couramment pratiqué dans les rivières de notre Colonie, pour autant que les bateaux des convois fussent judicieusement attelés.

Le remorquage en poussée a du reste permis d'augmenter le rendement tractif de nombre d'automoteurs d'affluents du type « Délivrance » et du type « Princesse », en portant de 2 à 4, et parfois même à 5, le nombre de barges de 40 T remorquées.

Le remorquage en poussée a donc doté la navigation fluviale de notre Colonie d'un mode de traction supplémentaire à ceux utilisés jusqu'alors, c'est-à-dire au remorquage à couple et au remorquage en flèche. Le personnel européen et indigène s'y est accoutumé peu à peu.

Récemment, des landing crafts, type L.C.T. Mark IV, aménagés pour la navigation commerciale du Congo, furent équipés pour remorquer aussi bien en poussée qu'à couple. (Voir photos 3, 4 et 5)

M. Lederer André, ingénieur naval, écrit à ce propos, dans la *Revue Coloniale Belge* n° 92 du 1<sup>er</sup> août 1949 :

» Les caractéristiques principales des « L.C.T. Mark IV » étaient les suivantes : longueur hors tout : 185 ft



(56<sup>m</sup>40). longueur entre perpendiculaires : 169 ft (51<sup>m</sup>55), largeur hors membrures : 38 ft (11<sup>m</sup>60), creux de côté sur quille : 7 ft 6" (2<sup>m</sup>286), capacité en tonnes à 1<sup>m</sup>60 : 400 T. Propulsion assurée par deux moteurs Paxmann-Ricardo de 500 HP chacun à 1.375 t/m. tournant dans le même sens. Les hélices étaient attaquées par un réducteur de vitesse et, à plein régime, tournaient à 1.000 t/m.; leur diamètre était de 95 cm.

» Ces unités ne pouvaient servir à usage commercial sans subir de profondes transformations.

» 2° Le régime des moteurs fut jugé encore trop poussé pour une utilisation commerciale au Congo belge et il fut abaissé à 400 HP à une vitesse de rotation de 1.000 t/m. Diverses améliorations furent apportées, dans le circuit de graissage notamment, et certains engrenages et coussinets furent remplacés par des pièces d'une qualité supérieure à celle qu'on pouvait produire pendant la guerre.

» Le rendement de propulsion fut considérablement amélioré par le fait que les hélices furent placées en tuyère Kort.

» 3° Les performances obtenues avec ces unités ont été excellentes. Un landing craft seul charge 500 T au tirant d'eau de 1<sup>m</sup>70 et file à une vitesse de 8 noeuds. En lui adjoignant deux barges en poussée, de façon à former un ensemble de 1.200 tonnes de charge, il file à une vitesse de 6,5 noeuds. »

Parmi les nouveaux bateaux d'affluents commandés par l'Otraco, de petits sternwheelers à vapeur dits « Terminus » (de 15<sup>m</sup>50 de longueur entre perpendiculaires, 4<sup>m</sup>75 de largeur hors membrures, 1<sup>m</sup>10 de creux de côté, puissance 70 CV), ainsi que des courriers de 90 CV, ont été prévus pour la remorque en poussée. Il en est de même de nombreuses barges de 50 T.



D'autres applications de la technique du remorquage en poussée sont à l'étude, afin de donner aux entreprises de transports fluviaux de notre Colonie des méthodes de traction ayant le maximum d'efficacité et de souplesse souhaitable, grâce à la possibilité d'utiliser les trois grands modes de traction connus, à savoir le remorquage à couple, le remorquage en flèche et le remorquage en poussée, au mieux des moyens et des besoins.

6 octobre 1949.

## J. Van der Straeten. — Triangulation du Katanga.

### Les bases géodésiques. Mesure de la base de Gandajika.

#### SOMMAIRE.

##### AVANT-PROPOS.

- Le réseau géodésique fondamental.
- L'origine des coordonnées.
- Le point fondamental de la triangulation du Katanga.
- L'ellipsoïde de référence.

##### PREMIÈRE PARTIE. — *Les bases géodésiques du Katanga.*

- Généralités.
- La base de Tshinsenda.
- La base de la Kitanga.
- La base de la Mutene.
- La base de Kilambo.
- La base de Pweto.
- La base de Bululwe.
- La base de Nyanza (Ruanda-Urundi).

##### DEUXIÈME PARTIE. — *La mesure de la base géodésique de Gandajika.*

- Avant-propos.
- Situation de la base.
- Exécution de la mesure.
- Calcul définitif de la base.
- Longueur définitive de la base.
- Précision de la base.
- Raccord de la base au réseau.

#### AVANT-PROPOS.

En 1919, le Comité Spécial du Katanga décida d'entreprendre d'une façon systématique les levés topographique et géologique de son Domaine et il créa, dans ce but, un Service Géographique et Géologique qui depuis lors a exercé une activité régulière sur le terrain. Le programme de ce Service comporte, d'une part, l'établissement d'un canevas triangulé continu dont la précision et la densité doivent permettre le levé de la carte topographique générale à l'échelle du 200.000<sup>e</sup> ainsi que les délimitations

cadastrales et, d'autre part, le levé de cette carte ainsi que l'étude de la géologie, des terrains superficiels et de la végétation.

A l'heure actuelle le réseau triangulé fondamental s'étend sur les quatre cinquièmes de la surface du Katanga. Les planches topographiques, géologiques, des terrains superficiels et de la végétation couvrent une superficie de 150.000 km carrés et s'étendent sur 16 degrés carrés. Cette superficie représente quatre fois celle de la Belgique.

#### **Le réseau géodésique fondamental.**

La triangulation fondamentale du Katanga est constituée par des chaînes de premier ordre dans lesquelles sont incorporés des bases géodésiques et des azimuts astronomiques de contrôle <sup>(1)</sup>. L'ensemble de ces chaînes, orientées en général suivant des méridiens et des parallèles, forme un quadrillage à larges mailles qui, actuellement, recouvre à peu près tout le pays. Ce quadrillage sera complètement achevé après l'établissement prochain, entre les 8° et 11° parallèles sud, du dernier tronçon de la chaîne du 24° méridien est de Greenwich.

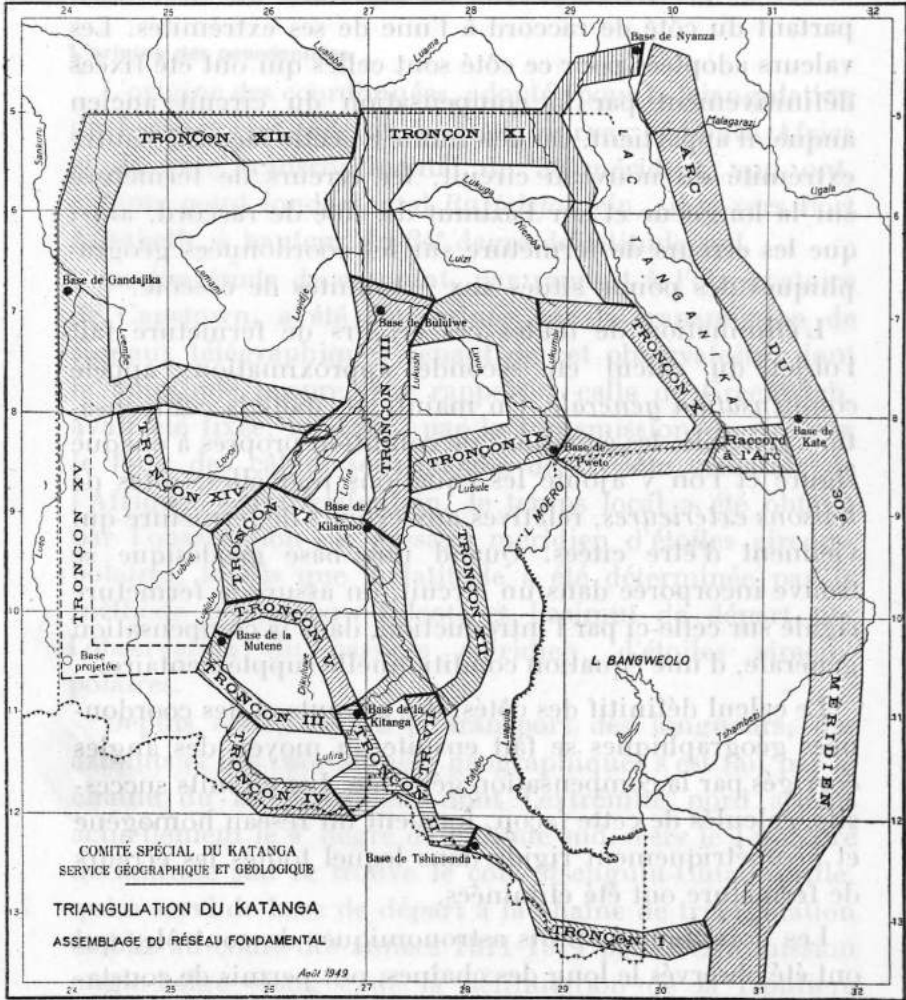
Les chaînes fondamentales existantes atteignent un développement de 5.000 km. Elles sont appuyées sur 8 bases géodésiques. La dernière, qui doit encore être établie et mesurée, le sera au cours de la prochaine campagne du Service Géographique et Géologique; son emplacement se situera sur le 24° méridien, à hauteur environ du parallèle 10°30' sud.

Pour procéder au calcul définitif de ce réseau fondamental, on l'a divisé en circuits fermés, accolés les uns aux autres. Les extrémités de chaque circuit nouveau sont toujours raccordées à des circuits existants qui ont déjà

---

(1) Les méthodes de travail sont exposées dans « Triangulation du Katanga », par J. MAURY (*Mémoires de l'Institut Royal Colonial Belge*, in-4°, t. I, fasc. 1, 1930).

fait l'objet d'une compensation définitive. A chacun de ces circuits successifs ont été attribués un numéro d'ordre et le nom de *Tronçon de la triangulation du Katanga*.



Le calcul d'un circuit se fait en deux approximations successives par la méthode classique des équations conditionnelles assujetties à la loi des moindres carrés. Chacune des figures constituant l'enchaînement du circuit est

d'abord compensée pour satisfaire aux conditions géométriques qu'elle renferme. C'est au moyen des angles ainsi compensés de chaque figure qu'on procède ensuite au calcul de proche en proche des éléments du circuit, en partant du côté de raccord à l'une de ses extrémités. Les valeurs adoptées pour ce côté sont celles qui ont été fixées définitivement par la compensation du circuit ancien auquel il appartient. On détermine de cette façon, à l'autre extrémité du nouveau circuit, les erreurs de fermeture sur la longueur et sur l'azimut du côté de raccord, ainsi que les erreurs de fermeture sur les coordonnées géographiques des points situés aux extrémités de ce côté.

L'élimination de toutes ces erreurs de fermeture fait l'objet du calcul en seconde approximation, appelé *compensation générale*. On maintient, dans la compensation générale, les équations de condition propres à chaque figure et l'on y ajoute les équations nouvelles, dites de *liaisons extérieures*, relatives aux erreurs de fermeture qui viennent d'être citées. Quand une base géodésique se trouve incorporée dans un circuit, on assure la fermeture rigide sur celle-ci par l'introduction, dans la compensation générale, d'une équation conditionnelle supplémentaire.

Le calcul définitif des côtés, des azimuts et des coordonnées géographiques se fait ensuite au moyen des angles corrigés par la compensation générale. Les circuits successifs, calculés de cette façon, forment un réseau homogène et géométriquement rigide dans lequel toutes les erreurs de fermeture ont été éliminées.

Les nombreux azimuts astronomiques de contrôle, qui ont été observés le long des chaînes, ont permis de constater que la triangulation du Katanga garde une orientation parfaite. Comme on ne disposait pas des éléments nécessaires à l'établissement des équations de Laplace, il n'a pas été tenu compte de ces azimuts astronomiques dans les compensations générales.



Le nivellement fondamental, qui comprend les points des chaînes de 1<sup>er</sup> ordre, a été déterminé trigonométriquement. Il a également été compensé par circuits fermés, accolés les uns aux autres.

**L'origine des coordonnées.**

L'origine des coordonnées, adoptée pour la triangulation du Katanga, est celle du Geodetic Survey of South Africa et de l'arc transcontinental du 30° méridien, qui ont comme point fondamental *Buffelsfontein*, situé vers Port Elisabeth, à hauteur du 34° degré de latitude sud.

La longitude de ce point, par rapport à l'observatoire de Capetown, a été déterminée par la transmission de signaux télégraphiques venant de cet observatoire, dont la longitude propre, par rapport à celle de Greenwich, avait été fixée, en 1881, par la transmission de signaux le long des câbles sous-marins de la côte orientale de l'Afrique. A *Buffelsfontein*, le temps local a été obtenu par l'observation du passage méridien d'étoiles circompolaires, tandis que la latitude a été déterminée par la méthode d'Horrebow-Talcott et l'azimut de départ par l'observation du passage méridien, d'étoiles circompolaires.

Depuis cette origine le transport des longueurs, des azimuts et des coordonnées géographiques s'est fait par la chaîne du 30° méridien, dont l'extrémité nord atteint actuellement le 4° degré de latitude sud. Vers le 13° degré de latitude sud se trouve le côté *Msengulu-Chiantuntile*, qui a servi de base de départ à la chaîne de triangulation établie au cours des années 1911-1914 par la Commission anglo-belge chargée de la délimitation de la frontière Katanga-Rhodésie. La position du Katanga se trouvait ainsi exactement fixée par rapport à la Rhodésie et à l'Afrique du Sud.

Cette dernière chaîne, établie le long de la crête Congo-Zambèze, vient se fermer vers le 28° méridien sur la base



de Tshinsenda. Elle a été compensée pour réaliser à la fois la fermeture rigide sur la longueur mesurée de cette base ainsi que sur son azimut déterminé astronomiquement.

La fermeture sur cet azimut astronomique était justifiée parce qu'il existait des doutes au sujet de la précision des azimuts géodésiques du segment rhodésien de l'arc du 30° méridien. Aux deux stations de contrôle, citées ci-après, on avait constaté entre les azimuts géodésiques et les azimuts astronomiques des divergences sensibles qu'on croyait pouvoir attribuer à l'incertitude de l'identification du repère, en un sommet dans la région du Limpopo, où, après une interruption, on avait repris l'établissement de la chaîne du 30° méridien.

Voici les différences constatées <sup>(1)</sup> :

Msambansovu .....	latitude	-15°54'	+14"33
Lavusi .....	latitude	-12°24'	+15"22
(signe de astronomique-géodésique)			

Le côté Msengulu-Chiantuntile, vers la latitude — 13°08', se trouve dans le segment compris entre ces deux stations de contrôle et son azimut est susceptible d'être entaché d'une différence du même ordre de grandeur.

#### **Le point fondamental de la triangulation du Katanga.**

Le terme A de la base de Tshinsenda est le point fondamental de la Triangulation du Katanga. La latitude et la longitude adoptées pour ce point proviennent de l'arc du 30° méridien et ont été transportées par la chaîne compensée, établie en 1911-1914, qui joint cet arc à la base de Tshinsenda. Le calcul de cette chaîne a été effectué en partant de la longueur et de l'azimut du côté Msengulu-Chiantuntile de cet arc, ainsi que des coordonnées géographiques de ces deux points.

(1) Geodetic Survey of South Africa. Vol. VI : *Report on the Measurement of the Arc of the 30th Meridian*, p. 70.

L'azimut fondamental est l'azimut astronomique de la base de Tshinsenda observé au terme A.

L'altitude du terme A, déterminé par le nivellement trigonométrique des sommets de la même chaîne, provient également des cotes du nivellement trigonométrique de la chaîne du 30° méridien.

#### **L'ellipsoïde de référence.**

L'ellipsoïde de référence adopté pour le calcul des coordonnées géographiques des points de la triangulation du Katanga est l'ellipsoïde de Clarke, figure de 1866, tel qu'il est employé par le Coast and Geodetic Survey des Etats-Unis d'Amérique.

Cet ellipsoïde avait été choisi, en 1911, pour les travaux de la Commission de Délimitation Katanga-Rhodésie, parce qu'on croyait, à cette époque, qu'il avait été utilisé aussi pour le calcul de l'arc du 30° méridien. Il fut cependant constaté plus tard que les calculs définitifs de l'arc avaient été effectués sur l'ellipsoïde de Clarke, figure de 1880. Pour établir sa triangulation, le Service Géographique et Géologique s'est appuyé, en 1919, sur des éléments fournis par les travaux de la Commission et il a conservé l'ellipsoïde sur lequel ces éléments avaient été calculés.

### **PREMIERE PARTIE.**

#### **LES BASES GÉODÉSIQUES DU KATANGA.**

Les bases géodésiques du Katanga ont été toutes mesurées au moyen d'un appareil à fils d'invar, du type Jäderin, construit par la maison Carpentier de Paris. Il comprend les 4 fils de 24 m numérotés 381, 382, 383 et 384, le fil de 8 m numéroté 377, deux rubans de 4 m en invar ainsi que l'équipement habituel consistant en 9 repères mobiles, 3 trépieds-tenseurs, 2 lunettes d'alignement, une lunette de nivellement et divers autres accessoires.

Les fils d'invar ont été périodiquement étalonnés au Bureau International des Poids et Mesures à Sèvres, afin d'encadrer chaque mesure de base entre deux étalonnages. Les longueurs des fils déterminées par ces étalonnages sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Date des étalonnages	Longueur des fils (en mm)					Observations
	N° 381	N° 382	N° 383	N° 384	N° 377	
	24 m	24 m	24 m	24 m	8 m	
2 août 1911 ....	+1,03	+2,24	+1,32	+0,86	+0,85	
20 juin 1913 ...	+1,01	+2,24	+1,34	+0,86	+0,86	
26 avril 1924 ..	+1,16	+2,42	+1,48	+0,83		
Idem .....	+1,23	+2,47	+1,53	+0,87		Après rectification des ré-glettes.
8 août 1930 ....	+1,26	+2,55	+1,53	+0,98		
20 février 1933	+1,23	+2,50	+1,48	+0,83		
Idem .....				+1,09		Idem.
10 février 1946	+1,41	+2,65	+1,61	+1,22	+0,97	
Idem .....	+1,41	+2,67	+1,60	+1,23		Nouveau coef-ficient de dila-tation.
Mars 1948 .....	+1,44	+2,69	+1,64	+1,24	+0,96	
Idem .....	+1,41	+2,71	+1,65	+1,37		Après rectifi-cation des ré-glettes.

Les renseignements principaux relatifs aux bases mesurées au Katanga sont donnés ci-après. On trouvera plus loin, dans le chapitre qui traite de la mesure de la base de Gandajika, l'exposé détaillé des opérations sur le terrain et des procédés de calcul.

La précision de la longueur mesurée de chaque base est donnée, en fonction des erreurs accidentelles de ses sections successives, par la formule habituelle

$$E_{(\text{section})} = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}}$$

dans laquelle

$v$  est la différence entre la moyenne des mesures d'une section et chaque mesure isolée;

$n$  est le nombre de mesures effectuées.

L'erreur moyenne quadratique pour la base entière est égale à la racine carrée de la somme des carrés des erreurs  $E$  de chaque section.

**Base de Tshinsenda** (1).

La base de Tshinsenda est située sur la crête Congo-Zambèze, à l'ouest de la vallée de la rivière Tshinsenda du bassin du Luapula. Le site choisi présente l'aspect d'un plateau boisé donnant des vues sur les massifs montagneux occupés par les signaux de la triangulation. Sur une longueur d'environ deux kilomètres, la base suit le chemin de fer Sakania-Élisabethville et se prolonge ensuite, à travers une savane boisée, sur un terrain régulièrement incliné et parsemé de hautes termitières.

Les positions géographiques des termes sont :

Terme A  $\varphi = -12^{\circ}20'31''508$   $\lambda = -28^{\circ}01'02''465$   $H = 1335,1$  m  
Terme B  $\varphi = -12^{\circ}21'07''337$   $\lambda = -28^{\circ}03'15''011$   $H = 1317,5$  m

Cette base a été mesurée, du 17 au 24 octobre 1912, par la section belge de la Commission de Délimitation Katanga-Rhodésie, sous la direction du capitaine-commandant Weber, qui avait comme adjoints, pour ce travail, les lieutenants Gendarme, Ermens et Chantreine. Les mesures ont été effectuées de terme en terme, dans les sens aller et retour, au moyen des fils 381 et 382.

Moyenne des 4 mesures ... ..	4 153.855 762 m
Réduction au niveau de la mer ... ..	— .861 3 m
Variation de l'intensité de la pesanteur ... ..	— .003 3 m
Longueur définitive de la base ... ..	4 152.991 2 m

(1) Base de Tshinsenda, 1912. Rapport de J. MAURY (*Travaux de l'Association de Géodésie*, t. IX, pp. 37 et suiv.).

La correction de température moyenne a été introduite dans l'équation des fils.

Précision :  $\pm 3 \text{ mm } 3$  ou  $1/1 \text{ 258 } 500$ .

Cette dernière valeur tient compte des erreurs moyennes sur les mesures, l'étalonnage, le prototype et la base murale de Sèvres. Il est à noter que cette base n'a pas été divisée en sections.

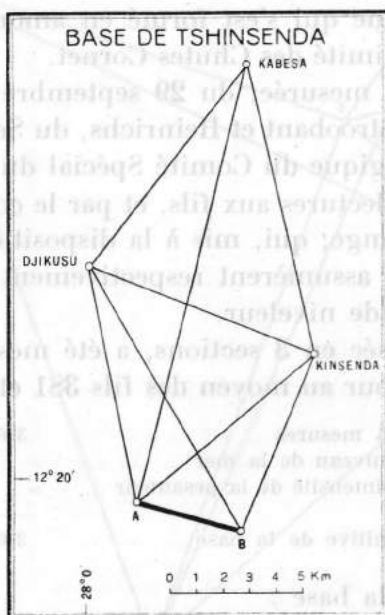
Il a été exposé précédemment, dans le paragraphe relatif au point fondamental de la triangulation du Katanga, que la base de Tshinsenda est raccordée à l'arc du  $30^\circ$  méridien par une chaîne d'environ 300 kilomètres de longueur, qui fut établie en 1911-1912 par la Commission de Délimitation de la frontière Katanga-Rhodésie, en partant du côté Msengulu-Chiantuntile de cet arc. Avec ce côté comme base de départ, le calcul en première approximation de cette chaîne a donné une erreur de fermeture de 0.81 m sur la base de Tshinsenda, soit une erreur relative de  $1/5127$ .

Lorsqu'en 1927, une nouvelle Commission mixte anglo-belge procéda à la délimitation cadastrale de la frontière et à sa matérialisation sur le terrain, elle constata qu'un grand nombre de repères de la triangulation établie en 1911-1914 n'existaient plus. Elle en plaça alors de nouveaux, la plupart du temps aux anciens sommets, et procéda à la mesure complète de la chaîne définie par ces nouveaux repères.

Le Service Géographique et Géologique du Comité Spécial du Katanga entreprit en 1931 le levé de la région S.-E. du Katanga au sud du  $12^\circ$  parallèle. Comme la triangulation nouvelle que venait de mesurer la Commission comportait assez bien de triangles dont les erreurs de fermeture dépassaient la tolérance admise pour la triangulation du Katanga, ce Service remesura pour son compte 200 kilomètres de cette nouvelle chaîne entre la base de Tshinsenda et le côté Mumpo-Kampongo. A la même époque la section anglaise mesura le tronçon de 100 kilo-



mètres qui joint ce côté à l'arc du 30° méridien. La nouvelle chaîne fut calculée, pour les besoins du Katanga, au moyen de ces mesures, en partant du terme A de la base de Tshinsenda, point fondamental de la triangulation du Katanga. Le raccord à l'arc du 30° méridien, au côté Msengulu-Chiantuntile, dont la longueur est de 22.560 m, a donné une erreur de fermeture de — 2.03 m (signe de calculé-fixé), soit une erreur de 1/11 000.



La chaîne joignant la base de Tshinsenda à l'arc du 30° méridien, mesurée en 1931, constitue le tronçon I de la triangulation du Katanga. Elle a été compensée pour réaliser la fermeture rigide sur longueur déterminée par l'arc pour le côté Msengulu-Chiantuntile.

**Base de la Kitanga.**

Cette base, établie dans la vaste plaine alluviale de la Lufira, en amont du bourrelet des monts Koni, se situe à 6 km au sud de la Lufira et à 26 km au S.-W. des Chutes



Cornet, dans une zone, saisonnièrement marécageuse, drainée par le ruisseau Kitanga, que la base recoupe à 2 km environ de son terme A. Les positions géographiques des termes sont :

Terme A  $\varphi = -10^{\circ}55'24''223$   $\lambda = -27^{\circ}05'00''415$  H = 1106.0 m

Terme B  $\varphi = -10^{\circ}53'54''849$   $\lambda = -27^{\circ}03'39''110$  H = 1105.6 m

Depuis 1930, époque de la mise en service de la centrale hydroélectrique Francqui, ces termes se trouvent au fond du lac de retenue qui s'est formé en amont du barrage construit à proximité des Chutes Cornet.

La base a été mesurée, du 29 septembre au 6 octobre 1922, par MM. Stroobant et Heinrichs, du Service Géographique et Géologique du Comité Spécial du Katanga, qui effectuèrent les lectures aux fils, et par le colonel Ermens et l'adjutant Lange, qui, mis à la disposition du Service pour ce travail, assumèrent respectivement les fonctions de secrétaire et de niveleur.

La base, divisée en 3 sections, a été mesurée dans les sens aller et retour au moyen des fils 381 et 382.

Moyenne des 4 mesures ... ..	3 695.667	m
Réduction au niveau de la mer ... ..	- .638 98	m
Variation de l'intensité de la pesanteur ... ..	- .003 01	m
<hr/>		
Longueur définitive de la base ... ..	3 695.025	m

Précision de la base :

Erreur accidentelle des mesures ... ..	± 0,989	mm
Erreur d'étalonnage ... ..	± 0,770	mm
Erreur du prototype ... ..	± 0,554	mm
Erreur de la base murale de Sèvres ... ..	± 2,797	mm

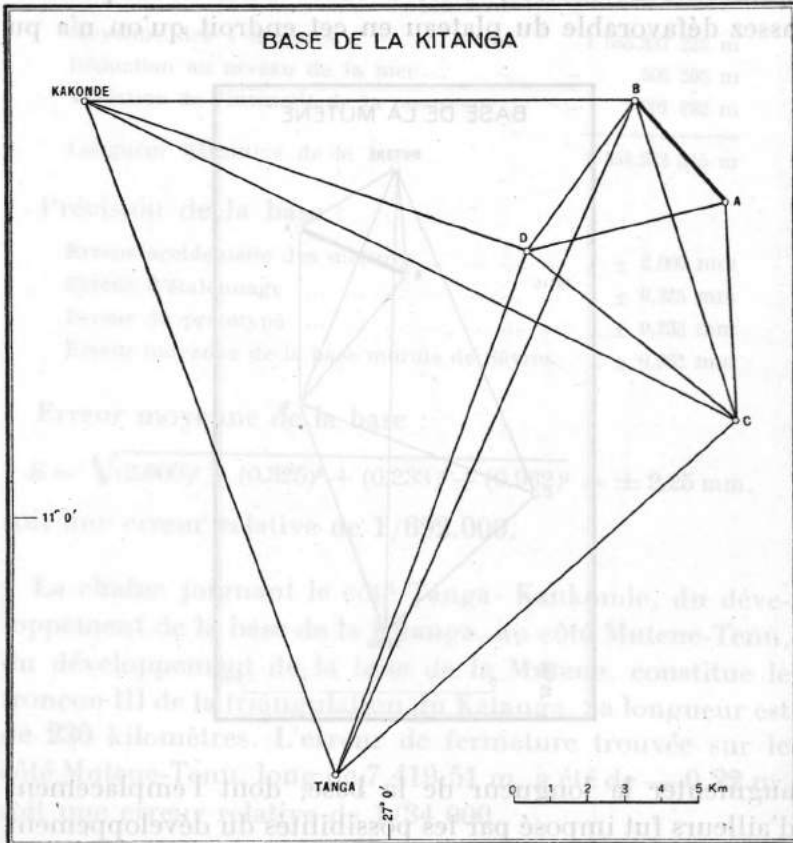
Erreur moyenne de la base

$$E = \sqrt{(0.989)^2 + (0.770)^2 + (0.554)^2 + (2.797)^2} = \pm 3.115 \text{ mm.}$$

soit une erreur relative de 1/1.186.000.

Le tronçon II de la triangulation du Katanga est compris entre la base de Tshinsenda et le côté Tanga-Kan-

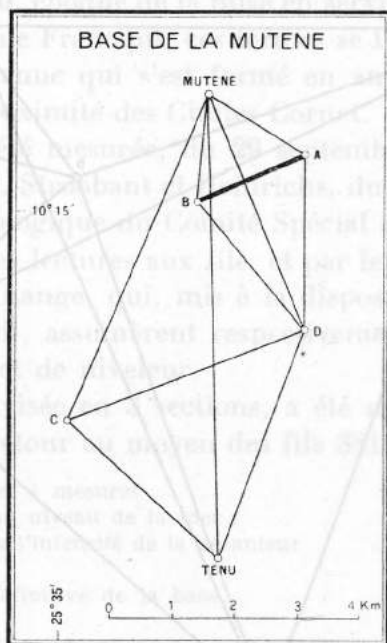
konde, long de 19.505,73 m, sur lequel se développe la base de la Kitanga. Le calcul en première approximation de ce tronçon a donné une erreur de fermeture de — 1.76 m sur ce côté, soit une erreur relative de 1/11.000.



**Base de la Mutene.**

L'emplacement choisi pour cette base se localise vers l'extrémité nord du haut plateau herbeux situé à l'ouest des sources et du cours supérieur de la Mutene, affluent du Lualaba. La base se trouve à l'altitude moyenne de 1.650 m. Dans cette région, la bordure du plateau, forte-

ment échancrée par de profondes vallées, n'est qu'à peu de distance du terme B. A l'est de la base et à quelques mètres du terme Aaffleure un alignement quartzitique très allongé et assez étroit qui domine le plateau d'une quinzaine de mètres. C'est à cause de cette disposition assez défavorable du plateau en cet endroit qu'on n'a pu



augmenter la longueur de la base, dont l'emplacement d'ailleurs fut imposé par les possibilités du développement et du raccord au réseau. Le terme A se trouve à

$$\varphi = -10^{\circ}14'27''471 \quad \lambda = -25^{\circ}37'16''423.$$

La base de la Mutene a été mesurée du 28 octobre au 2 novembre 1922. Les lectures aux fils et le travail du secrétaire furent effectués alternativement par MM. Stroobant, Heinrichs et van der Straeten, tandis que M. Piota procédait à la mise en place des trépieds mobiles. Le

nivellement fut effectué par le lieutenant Brasseur, qui avait été mis à la disposition du Service Géographique pour la mesure de cette base. Cette dernière a été mesurée de terme en terme, dans les sens aller et retour, au moyen des fils 381 et 382.

Moyenne des 4 mesures ... ..	1 555.337 222 m
Réduction au niveau de la mer ... ..	— .402 595 m
Variation de l'intensité de la pesanteur ... ..	— .001 282 m
<hr/>	
Longueur définitive de la base ... ..	1 554.933 345 m

**Précision de la base :**

Erreur accidentelle des mesures ... ..	± 2,000 mm
Erreur d'étalonnage ... ..	± 0,325 mm
Erreur du prototype ... ..	± 0,233 mm
Erreur moyenne de la base murale de Sèvres. ... ..	± 0,962 mm

**Erreur moyenne de la base :**

$$E = \sqrt{(2.000)^2 + (0.325)^2 + (0.233)^2 + (0.962)^2} = \pm 2.25 \text{ mm.}$$

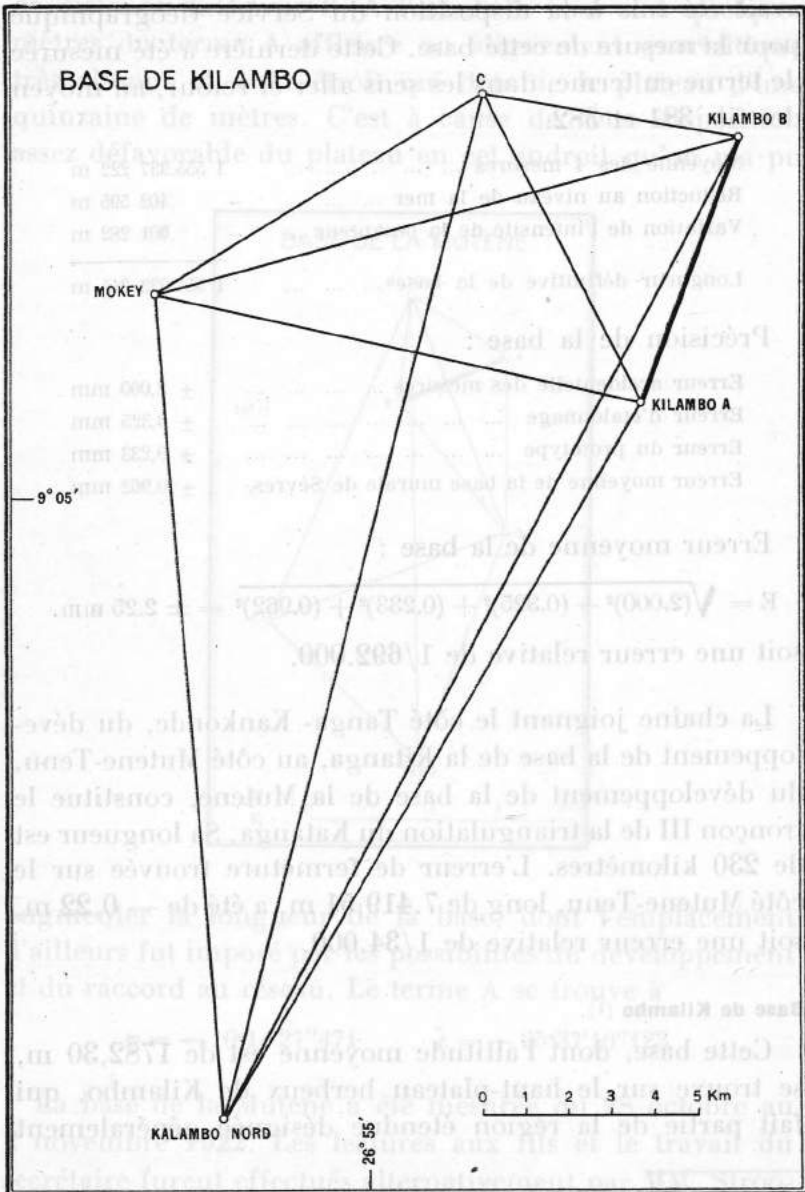
soit une erreur relative de 1/692.000.

La chaîne joignant le côté Tanga-Kankonde, du développement de la base de la Kitanga, au côté Mutene-Tenu, du développement de la base de la Mutene, constitue le tronçon III de la triangulation du Katanga. Sa longueur est de 230 kilomètres. L'erreur de fermeture trouvée sur le côté Mutene-Tenu, long de 7.419,51 m, a été de — 0,22 m, soit une erreur relative de 1/34.000.

**Base de Kilambo <sup>(1)</sup>.**

Cette base, dont l'altitude moyenne est de 1782,30 m, se trouve sur le haut-plateau herbeux de Kilambo, qui fait partie de la région étendue désignée généralement

(1) J. VAN DER STRAETEN, Triangulation du Katanga. Mesure des bases géodésiques de Kilambo et de Pweto (*Bulletin de l'Institut Royal Colonial Belge*, I, 1930, 3).





sous le nom de plateau des Kibara. Le plateau de Kilambo est situé à l'ouest de la vallée de la Lubanga et à l'est de la vallée de la Lupokwe. Ces deux cours d'eau sont des affluents nord de la rivière Sense, dont la profonde vallée borde le sud de ce plateau.

Le site choisi pour la base se présente d'une façon très favorable. Entre les deux termes le terrain a une pente régulière d'environ 1 %. Le développement a été fait dans de très bonnes conditions. Par l'intermédiaire d'un seul point auxiliaire il aboutit au triangle Kilambo B (terme de la base) -Kalambo Nord - Mokey, qui fait partie de la triangulation. Les positions géographiques des deux termes sont :

Terme A  $\varphi = -9^{\circ}03'39''594$   $\lambda = -26^{\circ}58'25''051$  H = 1756.4 m.  
 Terme B  $\varphi = -9^{\circ}00'17''531$   $\lambda = -26^{\circ}59'38''581$  H = 1811.4 m.

Les opérations de mesures, qui ont duré sept jours, ont été exécutées au cours du mois de septembre 1929 par le personnel cité ci-après :

lectures aux fils : MM. van der Straeten, van Alen et Piota;

secrétaires : alternativement MM. Piota et van Alen;

alignement et nivellement : MM. Friess et Leclerc.

La base a été divisée en six sections. Les cinq premières ont chacune 45 portées, tandis que la dernière, qui aboutit au terme B, en comprend 50 moins un appoint mesuré avec le ruban de 4 m. Les mesures ont été faites par section, dans les sens aller et retour, au moyen des fils 381 et 383.

Moyenne des 4 mesures ... ..	6 603.152 512 m
Réduction au niveau de la mer ... ..	- 1.855 801 m
Variation de l'intensité de la pesanteur ... ..	- .005 477 m
Correction de température moyenne ... ..	- .010 175 m
<hr/>	
Longueur définitive de la base ... ..	6 601.281 1 m

Précision de la base :

Erreur accidentelle des mesures	± 1,162 mm
Erreur d'étalonnage	± 1,375 mm
Erreur moyenne du prototype	± 0,990 mm
Erreur moyenne de la base murale de Sèvres	± 4,070 mm

Erreur moyenne de la base de Kilambo :

$$E = \sqrt{(1.162)^2 + (1.375)^2 + (0.990)^2 + (4.070)^2} = \pm 4.599 \text{ mm,}$$

soit une erreur relative de 1/1 148 000.

Le tronçon VI de la triangulation du Katanga est constitué par une chaîne d'environ 500 km de longueur, vers le milieu de laquelle vient s'incorporer la base de Kilambo. Le segment à l'ouest de la base est compris entre le côté Mandjila-Mulunga, du tronçon V, et le côté Kalambo N.-Mokey, du développement de la base. L'erreur de fermeture sur ce côté, donnée par le calcul en première approximation de ce segment de chaîne, était de + 7 unités de la 7<sup>e</sup> décimale logarithmique, donc presque nulle. Le segment à l'est, calculé en première approximation en partant du côté Kalambo N.-Kilambo B, du développement de la base, jusqu'au côté Tanga-Kankonde, où il se raccorde au tronçon II, a donné comme erreur de fermeture sur ce côté + 1.24 m, soit le 1/15.730 de ce côté long de 19.505,73 m.

**Base de Pweto.**

La base de Pweto, à l'altitude moyenne de 931.95 m, se trouve dans la plaine située immédiatement au nord du lac Moero. Le terme A est à environ 2 km à l'est du Poste territorial de Pweto et à 1 km au nord de la frontière Katanga-Rhodésie; le terme B est à 2 km au nord de cette dernière. Sur environ 2 km la base traverse une plaine à très hautes herbes, marécageuse en saison des pluies;

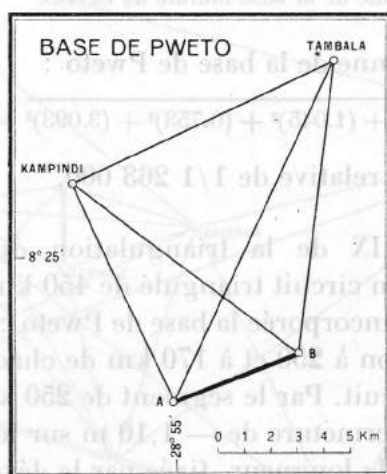
ailleurs elle se trouve en forêt. Le site est assez plat. A la IV<sup>e</sup> section, où le terrain monte légèrement, la pente n'atteint pas 3 %.

Le développement se fait par un quadrilatère qui aboutit directement au côté Kampindi-Tambala, incorporé dans la triangulation.

Les positions géographiques des deux termes sont :

Terme A  $\varphi = -8^{\circ}27'57''191$ ;  $\lambda = 28^{\circ}54'54''594$ ; H = 918.3 m.

Terme B  $\varphi = -8^{\circ}26'57''298$ ;  $\lambda = 28^{\circ}57'27''220$ ; H = 967.1 m.



Les mesures ont été effectuées au cours de six journées consécutives, pendant le mois d'octobre 1929. La base a été divisée en cinq sections, les quatre premières de 40 portées chacune et la dernière, aboutissant au terme B, de 49 portées. Les mesures furent faites par section, dans les sens aller et retour, au moyen des fils 381 et 383. Le personnel cité ci-après a exécuté ce travail :

lectures aux fils : MM. van der Straeten et Piota;

secrétaires : MM. Van Hemelryck (2 sections) et Lizen (3 sections);

alignement et nivellement : MM. Friess et Leclerc.

Moyenne des 4 mesures ... ..	5 018.802 982 m
Réduction au niveau de la mer ... ..	— .734 026 m
Variation de l'intensité de la pesanteur. —	.004 180 m
Correction de température moyenne ... ..	— .009 823 m
<hr/>	
Longueur définitive de la base ... ..	5 018.055 0 m

**Précision de la base :**

Erreur accidentelle des mesures ... ..	± 2,137 mm
Erreur d'étalonnage ... ..	± 1,045 mm
Erreur moyenne du prototype ... ..	± 0,753 mm
Erreur moyenne de la base murale de Sèvres.	± 3,093 mm

**Erreur moyenne de la base de Pweto :**

$$E = \sqrt{(2.137)^2 + (1.045)^2 + (0.753)^2 + (3.093)^2} = \pm 3.974 \text{ mm,}$$

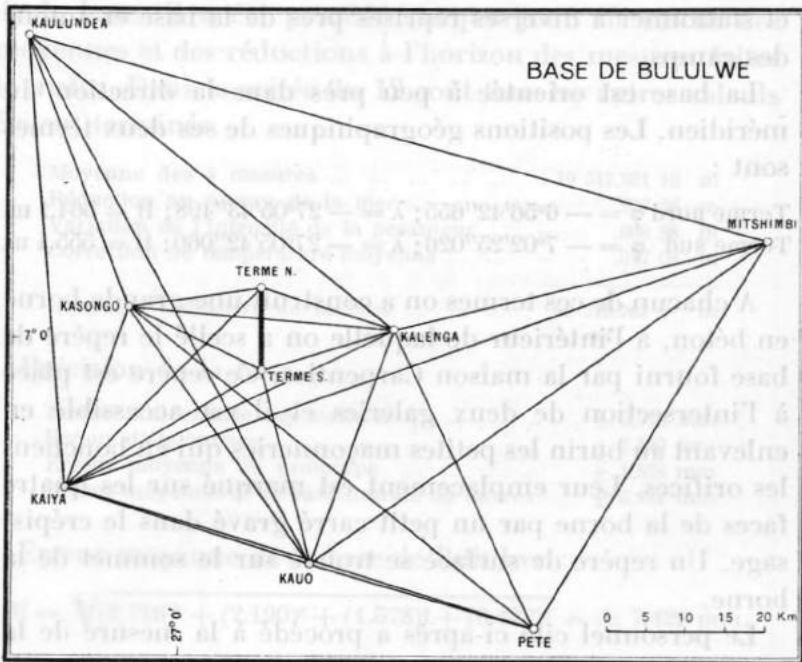
soit une erreur relative de 1/1 263 000.

Le tronçon IX de la triangulation du Katanga est constitué par un circuit triangulé de 450 km de longueur, dans lequel est incorporée la base de Pweto : Cette dernière se trouve environ à 250 et à 170 km de chacune des extrémités de ce circuit. Par le segment de 250 km on a trouvé une erreur de fermeture de — 1,10 m sur le côté Kampindi-Sande, dont la longueur, fixée par le développement de la base, est de 32.844,01 m, soit une erreur de 1/30.000. Par l'autre segment une erreur de +3,59 m, soit une erreur relative de 1/15.000.

**Base de Bululwe.**

La base de Bululwe, à l'altitude moyenne de 557,80 m, est située dans la grande plaine boisée qui s'étend à l'est du Lualaba et au sud de la Luvua. Cette région, entourée de quelques massifs montagneux heureusement distribués, offrait à l'établissement d'une base des conditions exceptionnellement favorables. C'est grâce à ces dernières qu'il a été possible de lui donner une longueur supérieure à 10 km et de la raccorder au réseau par une excellente

figure de développement. Les travaux de reconnaissance, d'aménagement et de préparation du terrain furent importants. Pour mettre en état le site de la base il a fallu percer et nettoyer une avenue de 11 km à travers une forêt assez dense peuplée de grands arbres. La réalisation des intervisibilités indispensables au développement a exigé,



d'une part, la construction en chacun des termes de signaux et de stations élevés et, d'autre part, des déboisements considérables dans les directions joignant ces termes aux sommets de la triangulation.

A mi-distance à peu près entre le terme sud et la montagne du signal Kalenga se trouve un relief surbaissé, couvert d'une très haute forêt, qui cachait ces deux points l'un à l'autre. Un calcul préalable avait montré qu'en abaissant d'une quinzaine de mètres la visée tangente au



sommet des arbres de ce relief les deux points en question devaient se voir mutuellement. Des travaux auxiliaires situèrent ensuite l'emplacement et la direction exacts du couloir, qui dut être déboisé sur 4 km de longueur pour obtenir l'intervisibilité recherchée.

Dans toute cette région vivent des troupeaux de buffles et d'éléphants qui, au cours des travaux, vinrent circuler et stationner à diverses reprises près de la base et autour des camps.

La base est orientée à peu près dans la direction du méridien. Les positions géographiques de ses deux termes sont :

Terme nord  $\varphi = -6^{\circ}56'42''655$ ;  $\lambda = -27^{\circ}05'43''498$ ; H = 564.1 m.

Terme sud  $\varphi = -7^{\circ}02'25''026$ ;  $\lambda = -27^{\circ}05'42''060$ ; H = 555.1 m.

A chacun de ces termes on a construit une grande borne en béton, à l'intérieur de laquelle on a scellé le repère de base fourni par la maison Carpentier. Ce repère est placé à l'intersection de deux galeries et il est accessible en enlevant au burin les petites maçonneries qui en bouchent les orifices. Leur emplacement est marqué sur les quatre faces de la borne par un petit carré gravé dans le crépisage. Un repère de surface se trouve sur le sommet de la borne.

Le personnel cité ci-après a procédé à la mesure de la base :

lectures aux fils : MM. van der Straeten et van Alen;

secrétaire : M. Nimal;

nivellement géométrique : M. Friess;

gabariage, alignement et nivellement en millièmes : MM. Friess, de Wouters d'Oplinter et Poncelet.

La base a été divisée en 10 sections; les 9 premières de 44 portées chacune et la dernière, aboutissant au terme nord, de 42 portées. Les opérations de mesure ont été effectuées, du 1<sup>er</sup> au 10 août 1932, au moyen des fils 381

et 383. Chaque jour il a été mesuré, entre 6 et 13 heures, un peu plus de 2 km, soit en mesurant une section dans les deux sens, soit en mesurant deux sections successives dans un même sens. Le programme de travail avait été établi ainsi afin de réduire au minimum les parcours vers les camps, qui, au cours des mesures, furent installés successivement au terme sud, au milieu et au terme nord de la base. Il a été procédé chaque jour au calcul des moyennes et des réductions à l'horizon des mesures faites le matin. Dans la soirée du 12 août tous les autres calculs étaient terminés.

Moyenne des 4 mesures ... ..	10 517.921 10 m
Réduction au niveau de la mer ... ..	— .927 26 m
Variation de l'intensité de la pesanteur ... ..	— .008 88 m
Correction de température moyenne ... ..	— .017 08 m
<hr/>	
Longueur définitive de la base ... ..	10 516.967 9 m

**Précision de la base :**

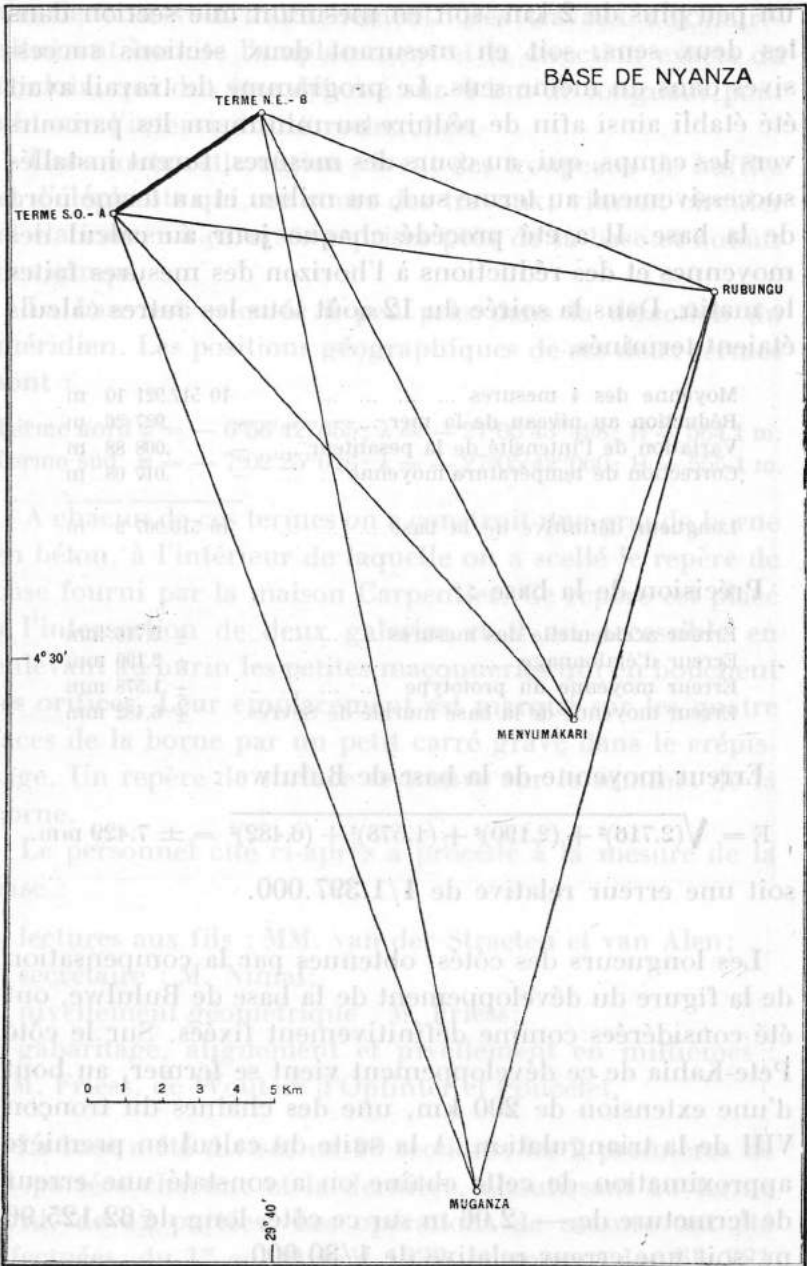
Erreur accidentelle des mesures ... ..	± 2,716 mm
Erreur d'étalonnage ... ..	± 2,190 mm
Erreur moyenne du prototype ... ..	± 1,578 mm
Erreur moyenne de la base murale de Sèvres.	± 6,482 mm

**Erreur moyenne de la base de Bululwe :**

$$E = \sqrt{(2.716)^2 + (2.190)^2 + (1.578)^2 + (6.482)^2} = \pm 7.429 \text{ mm.}$$

soit une erreur relative de 1/1.397.000.

Les longueurs des côtés, obtenues par la compensation de la figure du développement de la base de Bululwe, ont été considérées comme définitivement fixées. Sur le côté Pete-Kahia de ce développement vient se fermer, au bout d'une extension de 200 km, une des chaînes du tronçon VIII de la triangulation. A la suite du calcul en première approximation de cette chaîne on a constaté une erreur de fermeture de — 2,06 m sur ce côté, long de 62.125,96 m, soit une erreur relative de 1/30.000.



**Base de Nyanza** <sup>(1)</sup>.

La base de Nyanza s'étend dans la plaine située à proximité du lac Tanganika. Elle est comprise entre deux piliers en béton, dont l'un, dénommé A, se trouve dans le poste territorial de Nyanza. En voici la position :

Nyanza S.W. (A)  $\varphi = -4^{\circ}20'34''.708$ ;  $\lambda = -29^{\circ}35'51''.746$ ;  $H = 807.2$ .

La Commission anglo-belge de délimitation des territoires du Ruanda-Urundi a mesuré cette base au moyen des fils d'invar de 24 mètres portant les numéros 404 et 407. Ce travail fut exécuté, pendant le mois de novembre 1923, par le major Gendarme, commissaire belge; M. H. P. Rowe, commissaire-adjoint de la section anglaise, ainsi que par leurs adjoints qui étaient le commandant Pieren de la section belge et MM. Goode et Horsefield de la section anglaise.

La base, non divisée en sections, a été mesurée de terme en terme dans les sens aller et retour. En voici la longueur :

Moyenne des 4 mesures ... ..	4 882.519 55 m
Réduction au niveau de la mer ... ..	- .625 12 m
Variation de l'intensité de la pesanteur . . . . .	- .004 51 m
	<hr/>
Longueur de la base de Nyanza ... ..	4 881.889 92 m

La correction résiduelle de température a été introduite dans les équations des fils.

Erreur accidentelle des mesures :  $\pm 1$  mm 61 ou  $1/3.033.000$ .

Afin de faire intervenir dans la compensation générale du tronçon XI la fermeture rigide sur la base de Nyanza, on a raccordé ce tronçon au côté Nyanza S.W.-Rubungu

<sup>(1)</sup> J. MAURY, Triangulation du Congo Oriental (*Mémoires de l'Institut Royal Colonial Belge*, in-4°, t. I, 1934).

du développement de cette base. Ce raccord, de 125 km de longueur, s'effectue successivement par :

- le triangle Kananga-Kazimu-Tumbie,
- le triangle Kakukulwe-Kazimu-Kananga,
- le triangle Karaka-Kakulwe-Kananga,
- le triangle Karaka-Lusilo-Kakulwe,
- le quadrilatère Kiala-Kasaka-Karaka-Lusilo,
- le quadrilatère Rubungu-Muganza II-Lusilo-Kiala,
- le triangle Nyanza S.W.-Rubungu-Muganza II.

Les angles des trois premiers triangles furent mesurés en 1936 par le Service Géographique et Géologique du C.S.K., tandis que les angles des autres figures le furent par des Missions du Service Cartographique de la Colonie.

Par le calcul en première approximation on a trouvé les erreurs de fermeture citées ci-après sur la longueur fixée du côté Nyanza S.W.-Rubungu :

par le segment ouest du tronçon XI, au bout d'un enchaînement de 450 km de longueur

+ 1,44 m sur ce côté long de 16.464,56 m., soit une erreur relative de 1/11.428;

par le segment sud, au bout d'un enchaînement de 350 km de longueur

+ 2.04 m sur ce même côté, soit une erreur relative de 1/8071.

## DEUXIÈME PARTIE.

### LA MESURE DE LA BASE GÉODÉSIQUE DE GANDAJIKA.

La mesure de la base de Gandajika faisait partie du programme de la campagne 1940-1941 du Service Géographique et Géologique du Comité Spécial du Katanga. A cet effet les fils d'invar, en dépôt à Bruxelles, avaient été envoyés au Bureau International des Poids et Mesures à Sèvres (France), pour y être étalonnés. Ce travail ne put être exécuté avant l'invasion de la Belgique, en mai 1940,



et comme à partir de ce moment toutes les communications avec la Colonie furent interrompues, il devint impossible d'y expédier les fils.

Ne disposant pas de notre matériel nous sommes mis en rapport, pendant la guerre, avec le Trigonometric Survey de l'Union Sud-Africaine et avec le Survey Department du Tanganyika Territory, en vue d'avoir en prêt leur matériel de mesure de base. Ce dernier organisme seul en possédait un et l'avait prêté aux Indes Britanniques. Il avait été décidé qu'il resterait là jusqu'à la fin des hostilités, afin de ne pas l'exposer aux risques d'un transport maritime.

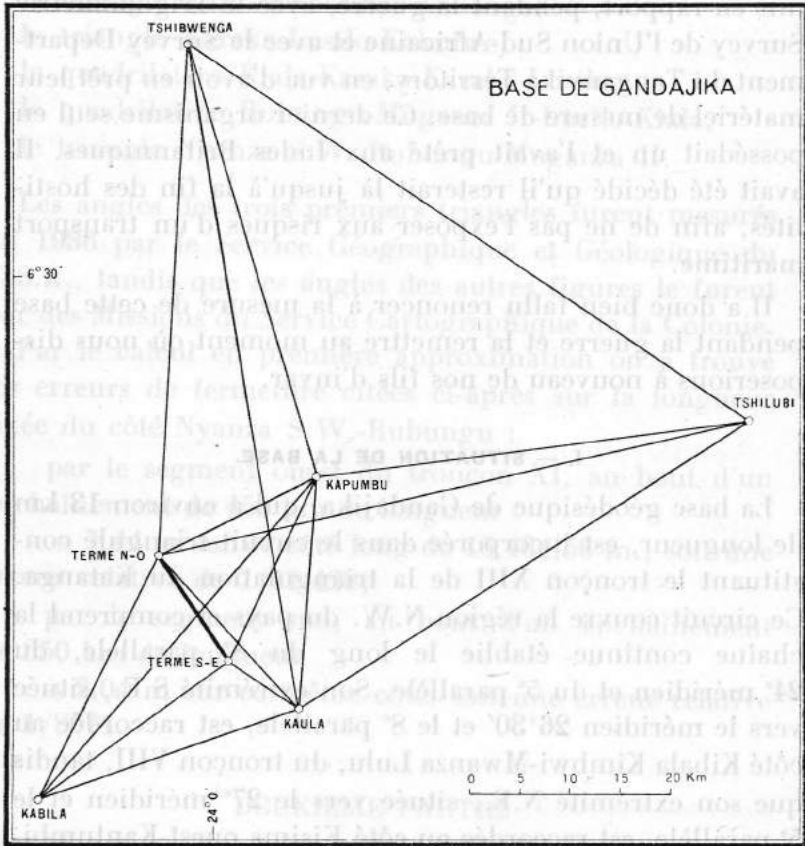
Il a donc bien fallu renoncer à la mesure de cette base pendant la guerre et la remettre au moment où nous disposerions à nouveau de nos fils d'invar.

#### I. — SITUATION DE LA BASE.

La base géodésique de Gandajika, qui a environ 13 km de longueur, est incorporée dans le circuit triangulé constituant le tronçon XIII de la triangulation du Katanga. Ce circuit couvre la région N.W. du pays et comprend la chaîne continue établie le long du 8° parallèle, du 24° méridien et du 5° parallèle. Son extrémité S.E., située vers le méridien 26°30' et le 8° parallèle, est raccordée au côté Kibala Kimbwi-Mwanza Lulu, du tronçon VIII, tandis que son extrémité N.E., située vers le 27° méridien et le 5° parallèle, est raccordée au côté Kisima ouest-Kantumbi, du tronçon XI. Le développement de ce circuit atteint 800 km et la base de Gandajika se trouve à peu près à mi-distance de ses extrémités.

L'emplacement de cette base avait déjà été identifié en 1941, lors de l'établissement de la triangulation, mais ce n'est que pendant le mois de juin 1947 que furent effectuées, par M. Friess, les reconnaissances et les travaux méthodiques qui localisèrent son tracé définitif. Ce der-

nier se développe dans une vaste plaine à ondulations fort aplaties. Les deux termes se trouvent sur de larges croupes qui se raccordent à la plaine par des pentes faibles.



Cette plaine, à sol sableux légèrement argileux, est recouverte à peu près partout de très hautes herbes et est occupée par de nombreux champs indigènes. Seules les deux sections aboutissant au terme S.E. traversent une zone recouverte d'une végétation arbustive clairsemée.

Divers obstacles ont été évités grâce au choix judicieux de l'emplacement des termes sur ces croupes. En partant

du terme N.E. l'alignement passe à 200 m à l'ouest d'un étang situé à hauteur du km 1,6. Un peu plus loin, vers le km 2,2, on est parvenu à le faire passer entre les huttes d'un village indigène. Enfin, vers le km 5, il traverse une vallée en un endroit où son fond marécageux est peu large et la rivière qui y coule est franchie en une seule portée de 24 m. Immédiatement en amont de cet endroit la vallée est trop encaissée, tandis qu'en aval le fond marécageux s'élargit notablement et la rivière y décrit des méandres nombreux.

Le terme N.W. de la base se trouve à la lisière nord d'une agglomération de quelques huttes indigènes entourées de palmiers. Il est situé à 1.500 m au sud du poste et de l'usine d'égrenage de la Compagnie Cotonnière Congolaise (Cotonco) et à 350 m à l'ouest de la route Luputa-Kabinda, au bord de laquelle s'étend la limite ouest du grand village de Gandajika.

La base franchit cette route à la 10<sup>e</sup> portée de la II<sup>e</sup> section. A la 39<sup>e</sup> portée de la IV<sup>e</sup> section elle franchit la route de la Pastorale, qui, s'embranchant sur la première, conduit aux postes d'élevage de cette société situés à l'est du Lubilash. La route de la Pastorale s'incurve vers le sud, à 1.500 m environ à l'est du passage de la base et, à partir de ce coude, elle suit, sur plus de 6 km, une direction à peu près parallèle à celle de la base. Une petite rivière, qui s'écoule vers le S.W., est traversée à la 36<sup>e</sup> portée de la V<sup>e</sup> section.

Le terme S.E. se trouve sur une croupe peu boisée, à 2 km environ à l'ouest du village de Mulembo, situé le long de la route de la Pastorale. Pour faciliter les transports nous avons établi trois petites pistes carrossables entre cette route et différents endroits de la base.

Voici les positions géographiques des deux termes :

Terme N.W.  $\varphi = -6^{\circ}45'01''057$ ;  $\lambda = -23^{\circ}57'03''038$ ; H = 785.78 m

Terme S.E.  $\varphi = -6^{\circ}50'53''926$ ;  $\lambda = -24^{\circ}00'54''425$ ; H = 764.68 m

## II. — EXÉCUTION DE LA MESURE.

### Travaux d'aménagement et de préparation.

Les travaux d'aménagement et de préparation du site de la base ont été exécutés sous la direction de M. Friess, avec la collaboration de MM. Tonglet et Poncelet. Une centaine de travailleurs indigènes, répartis en équipes, ont été employés à ces travaux.

Dès que les alignements sommaires effectués au cours des reconnaissances eurent permis de fixer l'emplacement des termes, il fut procédé au jalonnement de l'alignement provisoire joignant ceux-ci. Ces divers travaux ont été exécutés pendant la saison sèche, caractérisée comme on le sait, par des brumes persistantes qui limitent souvent la visibilité à quelques kilomètres. Les alignements furent menés à bonne fin grâce à l'usage constant des héliographes.

L'enlèvement des hautes herbes, le débroussaillage, le nettoyage et le nivellement du sol, le long de cet alignement provisoire, furent exécutés par une machine routière, du type Bull-dozer niveleuse (Power 99 M Grader-Austin Western Cy-Aurora Illinois), mise obligeamment à notre disposition, avec son conducteur, par la Compagnie Cotonnière Congolaise. Après cinq journées de travail de cet engin le site de la base était carrossable sur toute sa longueur.

Afin de diminuer les pentes de certaines portées, il a fallu faire des travaux de terrassement. De plus, des buttes bien damées, en blocs de latérite, latérite grenue et terre de dimensions appropriées à l'installation du trépied portant le repère mobile et du trépied tenseur, ont dû être édifiées en différents endroits. C'est ainsi que, vers le km 1,6, l'excavation d'une briqueterie fut franchie sur quatre buttes successives, que la vallée marécageuse et la

rivière, vers le km 5,1, le furent sur cinq buttes et qu'une dépression, vers le km 6,4, fut également franchie sur cinq buttes.

Il a déjà été dit que les termes de la base se trouvent sur des croupes surélevées donnant des vues étendues et lointaines. Au terme N.W. il a fallu cependant construire un signal élevé (hauteur du col 12,27 m) et un support indépendant pour l'instrument (H.I. 10,07 m), afin de pouvoir mesurer les angles du développement.

A cause de la forme ondulée du terrain il a été nécessaire de prendre certaines précautions pour réaliser un alignement définitif parfait. C'est dans ce but que des repères de contrôle ont été placés préalablement sur l'alignement en des points visibles de l'un ou de l'autre terme. Ensuite, au moyen d'un théodolite, on a matérialisé cet alignement d'une façon continue et en même temps, à l'aide d'un ruban d'acier, on y a placé, tous les 24 mètres, des piquets dans lesquels ont été enfoncés à fond des clous marquant l'emplacement futur des repères mobiles. Ce procédé a été employé pour la mesure de toutes nos bases et il doit être préféré à l'emploi du câble gabarit au moment même de la pose des trépieds mobiles. Il permet en effet, lors des mesures, une progression plus rapide de l'équipe chargée de la pose et du nivellement des repères mobiles, et, comme l'emplacement de ceux-ci est fixé d'avance, on assure ainsi avec certitude la mesure de la dernière portée d'une section. Si l'on ne procédait pas de cette manière il se pourrait que l'accumulation d'appoints d'un même signe dépassât la longueur de la réglette terminale des fils et, à cause de cela, qu'on n'atteignît pas bien ou qu'on dépassât, avec la dernière portée, le repère fin de section.

#### **Repères de base et de sections.**

Les repères de base, en bronze, sont d'un type similaire à ceux que fournissait la maison Carpentier. Ils ont été tournés à l'atelier de Kamina du chemin de fer B.C.K.



Sur la surface supérieure sont gravés deux traits perpendiculaires dont l'intersection marque l'extrémité de la base. Un couvercle de bronze, vissé sur le repère, protège ces traits. Les repères, dont l'un est marqué N.W. et l'autre S.E., ont été scellés dans le sommet de grandes bornes en béton. Après les mesures ils ont été enfermés dans un petit logement, en briques maçonnées, édifié sur la borne. Si l'on devait accéder au repère il suffirait de démolir au burin la partie supérieure de cette maçonnerie. Un repère de surface se trouve sur ce petit logement.

Les termes des sections sont marqués par des croix gravées sur des disques épais en bronze, numérotés de I à XI, scellés à la surface de grosses carottes en béton coulés dans des trous cylindriques creusés dans le sol.

#### **Division en sections.**

La base a été divisée en 12 sections comprenant chacune 45 portées. Les sections, qui ont à peu près 1080 m de longueur, ont été numérotées de I à XII en partant du terme N.W.

#### **Matériel de mesure de base.**

Le Service Géographique et Géologique du C.S.K. dispose d'un appareil à fils d'invar, du type Jäderin, construit par la maison Carpentier de Paris. Toutes les bases du Katanga ont été mesurées avec cet appareil, mis à notre disposition, depuis 1922, par le Service Cartographique et Géodésique du Ministère des Colonies.

Le matériel complet comprend :

a) Un tambour portant les fils de 24 mètres numérotés 381, 382, 383 et 384, ainsi que le fil de 8 m numéroté 377. Ces fils ont uniquement servi à la mesure des bases du Katanga. La caisse spéciale, dans laquelle est fixé le tambour sur lequel ils sont enroulés, est renfermée dans une caisse capitonnée. Dans cet emballage les fils sont en dépôt

au Ministère des Colonies à Bruxelles. Ils ne sont envoyés au Katanga qu'à l'époque de la mesure d'une base. Leur double emballage est alors renfermé dans une troisième caisse conditionnée pour les transports maritimes et ferroviaires.

b) Le restant du matériel, en dépôt au C.S.K. à Elisabethville, comprend deux rubans de 4 m en invar, 9 repères mobiles, 3 trépieds-tenseurs, 2 lunettes d'alignement, 1 lunette de nivellement ainsi que tous les accessoires habituels de l'équipement Carpentier. Pour la lunette de nivellement nous avons établi une table de corrections d'étalonnage.

#### **Nivellement.**

Avant la mesure de la base on a déterminé l'altitude de toutes les têtes des piquets par un nivellement géométrique effectué au moyen d'un niveau Wild. Au moment de la mesure on a déterminé, à l'aide d'une potence sur laquelle coulissait une équerre, la hauteur de la tête du goujon du repère mobile par rapport à la tête du piquet. Un second nivellement a été effectué au moyen de la lunette de nivellement de l'équipement Carpentier.

#### **Alignement des repères mobiles.**

Cet alignement se fait au moyen de la lunette spéciale, dépourvue de réticule, faisant partie de l'équipement Carpentier. Pour pouvoir utiliser cet instrument il est nécessaire de placer préalablement, dans l'alignement de la base, des jalons distants d'environ 150 m. C'est par ce travail que débutaient les opérations de mesure d'une section. Au moyen d'un théodolite mis en station à l'aplomb du repère de section, on visait le jalon centré sur l'autre terme et l'on plaçait ensuite tous les jalons intermédiaires. La mise en place des trépieds - repères mobiles se faisait immédiatement après. Ceux-ci étaient

d'abord centrés à peu près sur les clous des piquets et alignés ensuite exactement à l'aide de la lunette d'alignement.

Les repères mobiles des trépieds ont été centrés sur les repères de base et de section par les visées simultanées de deux théodolites placés à angle droit par rapport à ces derniers repères.

C'est le personnel chargé des lectures aux fils qui procédait à l'alignement des jalons et au centrage des repères mobiles sur les repères de section.

#### **Distribution du personnel.**

Les opérations de mesure ont été effectuées sous la direction de M. van der Straeten, par le personnel cité ci-après :

équipe de mesure :

lectures aux fils : MM. van der Straeten et Friess;

secrétaire : M<sup>me</sup> Galitzine;

équipe des repères mobiles :

pose des trépieds : M. Poncelet, aidé parfois par M. Galitzine;

alignement et nivellement : M. Tonglet;

nivellement géométrique : M. Galitzine.

Une quarantaine d'auxiliaires indigènes ont participé à ces travaux.

#### **Programme des opérations.**

Les différentes sections ont été mesurées aux dates indiquées ci-dessous :

samedi	27 septembre 1947	section I	sens aller
lundi	29 septembre	sections II et I	sens retour
mardi	30 septembre	sections II et III	sens aller
jeudi	2 octobre	sections IV et III	sens retour
vendredi	3 octobre	sections IV et V	sens aller
lundi	6 octobre	section VI	sens retour
mardi	7 octobre	section V	sens retour

mercredi	8 octobre	sections VI et VII	sens aller
jeudi	9 octobre	sections VIII et VII	sens retour
lundi	13 octobre	sections VIII et IX	sens aller
mardi	14 octobre	sections X et IX	sens retour
mercredi	15 octobre	sections X et XI	sens aller
jeudi	16 octobre	sections XII et XI	sens retour
vendredi	17 octobre	section XII	sens aller

Les pluies ont empêché les mesures le 28 septembre et les 1, 4, 10 et 11 octobre. La mesure complète de la base s'est faite en 14 journées de travail effectif.

Pendant l'exécution des reconnaissances et de tous les travaux préparatoires, le personnel était installé dans un camp, à proximité du terme N.W., en un endroit fort exposé aux vents. A différentes reprises d'ailleurs les tentes furent abattues par des tornades. Au moment des mesures il vint s'installer au poste de la Cotonco, où des logements furent mis obligeamment à sa disposition par M. Budinger, chef de poste.

Le transport du personnel européen et indigène ainsi que du matériel, entre ce poste et les différentes sections de la base, fut effectué par camionnette.

Les fils 381 et 382 ont été employés pour la mesure de la base, tandis que le fil 383 a servi de fil de comparaison. Les comparaisons ont été effectuées, aussi bien dans le sens aller que dans le sens retour, aux deux premières et aux deux dernières portées de chaque section. Aussitôt après ces comparaisons le fil 383 était enroulé à nouveau sur le tambour. L'examen des différences entre les deux fils de mesures et des différences entre ces deux fils et le fil de comparaison a montré, d'une part, que les fils n'ont subi aucune déformation décelable au cours de la mesure de la base et, d'autre part, comme on le verra plus loin, que leur coefficient de dilatation, admis jusqu'alors, devait être vérifié. Le fil 384 a été gardé comme fil de réserve. Il n'a pas été déroulé du tambour entre les deux étalonnages successifs effectués à Sèvres.

Pour la mesure des portées il a été effectué avec chacun des fils cinq lectures en des endroits différents des réglottes. A cet effet, après chaque lecture le fil était légèrement déplacé par l'observateur avant. Afin d'éliminer d'éventuelles erreurs dues au frottement du roulement à billes des poulies des trépieds-tenseurs, on opérait ce déplacement alternativement vers la droite et vers la gauche. Pendant la mesure de 10 portées on tirait donc légèrement le fil, tandis que pendant la mesure des 10 portées suivantes on le poussait. L'écart admis pour un même fil entre les différentes mesures aux réglottes était de 0,3 mm. S'il était dépassé, ce qui est arrivé exceptionnellement, on faisait une lecture supplémentaire.

Les mesures ont été inscrites, par section, dans des carnets duplicata dont les pages sont imprimées suivant le modèle donné en annexe.

Les deux opérateurs aux fils alternaient leurs positions toutes les 10 portées. C'était l'observateur arrière qui prenait le commandement de toutes les opérations nécessitées par la mesure d'une portée et par le transport à la portée suivante. L'observateur avant contrôlait la stabilité des trépieds et réglait le contact entre le pan coupé des goujons et le biseau de la réglotte.

Après avoir été déroulés de leur tambour, les fils étaient accrochés aux crampons fixés sur deux jalons tenus verticalement par des auxiliaires indigènes. Ces crampons, dans le sens vertical, étaient distants d'environ 0,50 m. Les deux opérateurs, pendant le transport d'une portée à la suivante, soutenaient les fils au tiers avant et au tiers arrière de leur longueur, afin d'empêcher qu'ils ballotent, se touchent ou entrent en contact avec le sol ou tout autre obstacle.

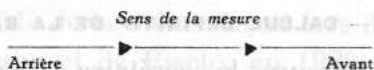
Au cours des mesures, les observations de température ont été faites à l'aide de thermomètres fronde et elles ont été inscrites dans les carnets de mesures.



SECTION : ..... DIRECTION : ..... PORTEE No : .....

Secrétaire : ..... Date : .....

Observateurs : { Av. : ..... Heure : .....  
 Ar. : ..... Température : .....



FIL No.....							
	1	2	3	4	5	*	Moy.
Av.							
Ar.							
Av.-Ar.							
FIL No.....							
	1	2	3	4	5	*	Moy.
Av.							
Ar.							
Av.-Ar.							
FIL No.....							
	1	2	3	4	5	*	Moy.
Av.							
Ar.							
Av.-Ar.							
PENTE (en millièmes)				Avant	Arrière	Moyenne	
Lunette Carpentier :							
Nivellement géométrique :							
Moyenne adoptée :							

NOTES : .....

.....

.....

Direction signifie « mesure aller » ou « mesure retour ».



Toutes les opérations nécessitées par la mesure de la base ont été généralement effectuées en appliquant les méthodes prescrites par MM. Benoît et Guillaume dans leur ouvrage : « La mesure rapide des bases géodésiques. »

### III. — CALCUL DÉFINITIF DE LA BASE.

Au cours des mesures le secrétaire calculait immédiatement les différences entre les lectures avant et arrière des fils. Par après ces différences et leurs moyennes ont été vérifiées deux fois par des calculateurs différents.

Le calcul du nivellement géométrique a été vérifié également et les pentes des portées, qu'on en déduit, ont été transformées en millièmes. Les pentes exprimées de cette manière et celles obtenues par la lunette de nivellement Carpentier ont été ensuite inscrites dans les carnets de mesures. On a adopté comme pente de chaque portée la moyenne pondérée de ces deux nivellements, après leur avoir attribué respectivement les poids 2 et 1.

Tous les éléments des carnets de mesures ont été reportés sur des tableaux récapitulatifs établis par section. A l'aide des tables de Benoît et Guillaume <sup>(1)</sup> on a calculé les corrections de réduction à l'horizon et les corrections de déformation de la chaînette. Ces deux corrections ainsi que la correction de dilatation ont été incrites sur les tableaux récapitulatifs, dont le calcul s'est fait par groupes de 10 portées.

#### Coefficient de dilatation des fils.

En vue d'exercer un contrôle constant de l'état des fils employés pour la mesure de la base, il a été dit déjà qu'on les comparait, aux deux premières et aux deux dernières portées de chaque section, à un troisième fil qui n'était

(1) BENOÎT et GUILLAUME, *La mesure rapide des bases géodésiques*, Gauthier-Villars et C<sup>ie</sup>, Paris, 1917, 5<sup>e</sup> édition.

déroulé du tambour qu'au moment des comparaisons et enroulé à nouveau immédiatement après celles-ci. De plus, dès que le calcul d'un tableau récapitulatif était terminé, on établissait, par groupes de 10 portées, les différences entre les appoints des deux fils de mesure. On avait d'ailleurs procédé de la même façon lors de la mesure des bases de Kilambo et de Pweto, en 1929, et de Bululwe, en 1932.

A ces bases, comme à la base de Gandajika, on avait constaté que les différences, par groupes de 10 portées, augmentaient avec l'élévation de la température. Cette constatation apparaissait d'autant mieux que la température était de l'ordre de 20 degrés vers 7 heures du matin, au début des opérations, et qu'elle augmentait rapidement, pour atteindre 30 degrés et même plus vers le milieu de la matinée. Nous ne nous trouvions donc jamais dans les conditions de température des étalonnages qui, à Sèvres, se font aux environs de 15 degrés.

L'étude de ces différences nous a amené à conclure que leur croissance était due à une erreur systématique imputable au coefficient de dilatation attribué aux fils. Il nous paraissait certain que chaque fil avait son coefficient de dilatation propre, alors qu'au contraire, les certificats d'étalonnage leur donnaient à tous le même coefficient.

Ces différences ont été signalées au Bureau International des Poids et Mesures quand, après la mesure de la base de Gandajika, nous lui avons envoyé nos fils pour les faire étalonner. Le coefficient de dilatation de nos fils a été redéterminé alors par le Bureau, entre 14 et 34 degrés environ, à l'aide du dilatomètre pour fils de 24 m. Cette détermination confirme en tous points notre façon de voir. En effet, les nouveaux coefficients obtenus sont assez différents de celui qui était attribué auparavant à toute la livraison 8bis, à laquelle appartiennent nos fils, et, en

outre, chacun d'eux a son coefficient propre. Les résultats de ces déterminations sont donnés ci-après :

	Coefficients individuels déterminés en 1948 $\alpha_{25} \cdot 10^{-6}$	Coefficient de la livraison 8 <sup>bis</sup> $\alpha_{25} \cdot 10^{-6}$
Fil 381 . . . . .	+0,051	
Fil 382 . . . . .	+0,273	-0,033
Fil 383 . . . . .	-0,147	
Fil 384 . . . . .	+0,063	

Les formules nouvelles de dilatation, entre 0° et  $\theta$ , données par le Bureau, sont :

Fil 381 ... ..	$\alpha = (+0,022 + 0,000\ 59\ \theta) \cdot 10^{-6}$
Fil 382 ... ..	$\alpha = (+0,282 + 0,000\ 17\ \theta) \cdot 10^{-6}$
Fil 383 ... ..	$\alpha = (-0,166 + 0,000\ 38\ \theta) \cdot 10^{-6}$
Fil 384 ... ..	$\alpha = (+0,056 + 0,000\ 15\ \theta) \cdot 10^{-6}$

La formule ancienne, identique pour les 4 fils, était

$$l = l_0 (1 - 0.000\ 000\ 040\ \theta + 0.000\ 000\ 001\ 16\ \theta^2),$$

tandis que celle qui figurait sur le certificat d'étalonnage de décembre 1946 et qui a servi au calcul provisoire de la base de Gandajika était, pour les 4 fils :

$$\alpha = (-0.047 + 0.000\ 29\ \theta) \cdot 10^{-6}.$$

Avec les nouvelles formules nous avons établi, pour chaque fil, les tables, à intervalles d'un degré, des corrections de dilatation. Ces tables ont été employées ensuite pour le calcul définitif de la base.

#### Équations des fils.

Afin de déterminer avec précision la longueur des fils au moment de leur emploi, on leur a fait subir, par le Bureau International des Poids et Mesures, un étalonnage avant et un autre après la mesure de la base. L'étalonnage effectué en décembre 1946, avant la mesure, avait été ramené à la température de 15 degrés à l'aide de l'ancien coefficient de dilatation. Lorsqu'en juillet 1948 le Bureau

détermina les nouveaux coefficients de dilatation, il modifia cet étalonnage en lui appliquant les nouveaux coefficients. Voici les équations des fils résultant de cet étalonnage :

	Décembre 1946 avec les nouveaux coefficients. Valeurs à 15 degrés (adoptées)		Décembre 1946 avec les anciens coefficients. Valeurs à 15 degrés
Fil 381 ... ..	24 m + 1,413 mm	au lieu de	24 m + 1,408 mm
Fil 382 ... ..	24 m + 2,669 mm	au lieu de	24 m + 2,649 mm
Fil 383 ... ..	24 m + 1,598 mm	au lieu de	24 m + 1,607 mm
Fil 384 ... ..	24 m + 1,227 mm	au lieu de	24 m + 1,221 mm

L'étalonnage effectué en mars 1948, après la mesure de la base, a donné (valeurs à 15 degrés) :

Fil 381 . . . . .	24 m + 1,442 mm
Fil 382 . . . . .	24 m + 2,693 mm
Fil 383 . . . . .	24 m + 1,638 mm
Fil 384 . . . . .	24 m + 1,239 mm

Les mesures de la base ayant été effectuées en octobre 1947, les valeurs les plus probables à cette époque peuvent s'obtenir, d'après le Bureau, en ajoutant aux valeurs de 1946 les deux tiers de l'allongement des fils entre cet étalonnage et celui de mars 1948. Nous avons adopté cette suggestion et nous avons effectué le calcul définitif de la base avec les équations obtenues de cette façon, à savoir :

	Valeurs à 15 degrés
Fil 381 . . . . .	24 m + 1,432 mm
Fil 382 . . . . .	24 m + 2,685 mm
Fil 383 . . . . .	24 m + 1,625 mm

Les résultats de ce calcul sont donnés dans le tableau ci-annexé.

**Comparaisons des fils.**

Pour étudier les comparaisons faites sur le terrain, il est nécessaire d'ajouter préalablement aux valeurs des fils, adoptées pour le calcul définitif de la base, les corrections

de dilatation et de dépression correspondant à la température de 29 degrés, qui fut la température moyenne pendant les mesures. Ces valeurs deviennent alors :

Fil 381 . . . . .	24 m + 1,400 mm
Fil 382 . . . . .	24 m + 2,729 mm
Fil 383 . . . . .	24 m + 1,527 mm

Les différences déduites des appoints des réglettes sont données ci-dessous :

1. différences avec le fil de comparaison :

Fil 381 - fil 383	- 0,155 mm	moyenne de 96 comparaisons,
Fil 382 - fil 383	+ 1,179 mm	moyenne de 96 comparaisons.

2. différences entre les fils 381 et 382 par groupe de 10 portées :

Fil 381 - fil 382	- 1,312 mm	moyenne de 108 groupes.
-------------------	------------	-------------------------

Si nous comparons maintenant ces différences à celles qu'on déduit des étalonnages, on obtient :

	D'après les mesures à la base	D'après les étalonnages	Différences
Fil 381 - fil 383	-0,155 mm	-0,127 mm	-0,028 mm
Fil 382 - fil 383	+1,179 mm	+1,202 mm	-0,023 mm
Fil 381 - fil 382	-1,312 mm	-1,329 mm	+0,017 mm

La concordance de ces valeurs est très satisfaisante.

Il semble intéressant de noter aussi les valeurs qui auraient été obtenues avec l'ancien coefficient de dilatation des fils. A la température moyenne de 29 degrés les valeurs des étalonnages deviennent dans ce cas :

Fil 381 . . . . .	24 m + 1,367 mm
Fil 382 . . . . .	24 m + 2,614 mm
Fil 383 . . . . .	24 m + 1,564 mm

On en déduit les différences et les comparaisons données ci-dessous :

	D'après les mesures à la base	D'après les étalonnages	Différences
Fil 381 - fil 383	-0,155 mm	-0,197 mm	+0,042 mm
Fil 382 - fil 383	+1,179 mm	+1,050 mm	-0,129 mm
Fil 381 - fil 382	-1,312 mm	-1,247 mm	-0,065 mm

Il apparaît ainsi clairement que l'application des nouveaux coefficients de dilatation a considérablement amélioré la concordance des fils.

IV. — LONGUEUR DÉFINITIVE DE LA BASE.

En adoptant pour chaque fil les équations qui viennent d'être citées et en appliquant les corrections de réduction à l'horizon, de déformation de la chaînette et de dilatation, on a obtenu les résultats énumérés ci-après :

Fil 381 mesure aller	....	12 956.868 974 m
mesure retour	....	12 956.861 090 m
Fil 382 mesure aller	....	12 956.873 118 m
mesure retour	....	12 956.868 495 m
Moyenne	.....	12 956.867 919 m

Réduction au niveau de la mer.

Les termes de la base ont été incorporés dans le nivellement trigonométrique du Katanga. L'altitude moyenne adoptée pour la base résulte de la moyenne des altitudes des goujons aux termes des sections.

La réduction au niveau de la mer a été calculé par la formule :

$$C = B \times \frac{H}{R} - B \times \frac{H^2}{R^2}.$$

D'après la formule d'Eyler, la valeur de R, rayon de courbure dans l'azimut et à la latitude moyenne de la base, est égale à

$$\frac{1}{R} = \frac{\cos^2 Z}{\rho_1} + \frac{\sin^2 Z}{\rho_2};$$

dans cette formule

$$\rho_1 = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}}, \text{ ou } \frac{1}{B} : \sin 1'' \text{ (table de la formule de Puissant);}$$

$$\rho_2 = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}}, \text{ ou } \frac{1}{A} : \sin 1'' \text{ idem.}$$



Base de Gandajika.

Calcul de la longueur définitive (valeurs en millimètres).

Sections	Nombre de portées	Fil n° 381		Fil n° 382		Moyennes	Ecart (v) Fils-moyenne				E.m.g. $\pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}}$
		Mesure aller	Retour	Mesure aller	Retour		381.A	381.R	382.A	382.R	
I	45	1.079 605.810	604.357	1.079 604.865	603.505	604.634	+1,176	-0,277	+0,231	-1,129	± 0,48
II	45	730.684	731.191	730.494	731.795	731.041	-0,357	+0,150	-0,547	+0,754	± 0,29
III	45	882.977	881.562	882.582	881.267	882.097	+0,880	-0,535	+0,485	-0,830	± 0,41
IV	45	880.411	878.489	880.657	879.446	879.751	+0,660	-1,262	+0,906	-0,305	± 0,50
V	45	599.412	596.811	599.582	598.220	598.506	+0,906	-1,695	+1,076	-0,386	± 0,65
VI	45	396.107	396.154	397.414	397.461	396.784	-0,677	-0,630	+0,630	+0,677	± 0,38
VII	45	853.381	853.281	854.174	854.580	853.854	-0,473	-0,573	+0,320	+0,726	± 0,31
VIII	45	745.078	746.001	745.712	747.648	746.110	-1,032	-0,109	-0,398	+1,538	± 0,55
IX	45	809.875	810.533	811.075	810.388	810.468	-0,593	+0,065	+0,607	-0,080	± 0,25
X	45	607.447	607.342	608.476	608.721	607.996	-0,549	-0,654	+0,480	+0,725	± 0,35
XI	45	897.543	897.664	897.538	897.384	897.532	+0,011	+0,132	+0,006	-0,148	± 0,06
XII	45	860.249	857.705	860.549	858.080	859.146	+1,103	-1,441	+1,403	-1,066	± 0,73
	540	12.956 868.974	861.090	12.956 873.118	868.495						
		Moyenne: 12.956.865.032		Moyenne: 12.956.870.806		867.919					± 1,56

Kamina, le 26 septembre 1948.

Les quantités  $\rho_1$  et  $\rho_2$  ont été calculées, pour l'ellipsoïde de Clarke 1866, à l'aide des coefficients, cités ci-dessus, donnés par les tables de la formule de Puissant utilisées pour le calcul des coordonnées géographiques.

Les éléments numériques qui ont servi au calcul de la réduction au niveau de la mer sont :

B longueur de la base	12 956.868 m ;
H altitude moyenne de la base	749.5 m ;
Z azimut de la base	326°47'
$\varphi$ latitude moyenne de la base	— 6°47'58''
$\frac{1}{R}$ inverse du rayon de courbure	1.575 138 m $\times 10^{-6}$ .

La valeur de cette réduction est égale à 1.529.463 m.

**Remarque importante.**

Il convient de signaler qu'une différence de 1 m sur l'altitude moyenne de la base entraîne une différence de 2 mm sur la valeur de la correction de réduction au niveau de la mer. Il s'ensuit que, pour rester dans le degré de précision de la mesure de la base, cette altitude doit être connue très exactement par rapport au niveau de la mer. Or tel n'est pas le cas. On sait que les altitudes des points du réseau sont obtenues par un nivellement trigonométrique établi le long des chaînes de triangulation. Pour arriver à la cote de la base, le transport des altitudes a été effectué, de cette manière, le long de la chaîne du 30° méridien et ensuite le long des chaînes du Katanga, soit sur une distance d'environ 4.000 km. Le zéro de ce nivellement est le niveau moyen de l'océan à la côte sud de la péninsule du Cap.

Il est évidemment difficile de déterminer avec quelque certitude la précision de l'altitude de la base. On peut toutefois s'en faire une idée approximative en se basant sur l'erreur moyenne de l'unité de poids déduite de la

compensation de nos circuits fermés de nivellement. La valeur moyenne de cette erreur est égale à

$$E = \pm 0.45 \sqrt{\frac{D}{10}}$$

D étant la longueur du côté de nivellement exprimée en kilomètres.

Si arbitrairement on attribue à chaque côté de la triangulation une longueur uniforme de 40 km, il aurait fallu passer par 100 côtés pour arriver à la base. L'erreur de transport dans ce cas serait de

$$E = \pm 0.45 \sqrt{4} \times \sqrt{100} = \pm 9 \text{ m.}$$

En admettant cet ordre de précision pour l'altitude de la base, il en résulterait que la réduction au niveau de la mer provoquerait une erreur de  $\pm 18$  mm sur la longueur de la base.

**Correction due à la variation de l'intensité de la pesanteur (1).**

L'accroissement de  $g$ , à la latitude de la base, a été calculé par la formule

$$\Delta g = \gamma (\sin^2 \varphi_1 - \sin^2 \varphi_2),$$

dans laquelle

$\varphi_1$  est la latitude de la base, soit . . . . .  $6^\circ 48'$ ;

$\varphi_2$  est la latitude de Sèvres, soit . . . . .  $48^\circ 48'$ ;

$\gamma$  est un coefficient constant égal à . . . . .  $0.00522$

$$\Delta g = -0.002882.$$

La correction qui correspond à  $\Delta g$ , pour une portée de 24 m, est fournie par la formule

$$\begin{aligned} \Delta e &= 7.02 \text{ mm} \times \Delta g \\ &= -0.020232 \text{ mm,} \end{aligned}$$

(1) BENOÎT et GUILLAUME, *ouvrage cité*.

soit pour les 540 portées de la base :

$$\begin{aligned}\Delta e_{\text{base}} &= -0.020\ 232\ \text{mm} \times 540 \\ &= -10.925\ \text{mm}.\end{aligned}$$

Les poids tenseurs, vérifiés en mai 1932 à l'Inspection de l'Industrie à Elisabethville, pesaient chacun 10 kg exactement.

**Correction résiduelle de température.**

La température moyenne pendant les mesures, déduite des observations faites avec des thermomètres fronde, a été trouvée égale à 29 degrés.

La table II (p. 259) <sup>(1)</sup> donne pour cette température une dépression de — 0.048 mm par 24 m; soit pour toute la base :

$$-0.048\ \text{mm} \times 540 = -25.920\ \text{mm}.$$

*Longueur définitive de la base.*

Moyenne des 4 mesures ... ..	12 956.867 919 m
Correction de réduction au niveau de la mer. —	1.529 463 m
Correction de pesanteur ... ..	— 0.010 925 m
Correction de température moyenne ... ..	— 0.025 920 m
<hr/>	
Longueur définitive de la base ... ..	12 955.301 611 m

V. — PRÉCISION DE LA BASE.

**Erreur accidentelle des mesures.**

Cette erreur a été déterminée en fonction des erreurs accidentelles de chaque section par la formule habituelle:

$$E_{\text{section}} = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}}$$

dans laquelle

*v* est la différence entre la moyenne des mesures d'une section et chaque mesure isolée;

*n* est le nombre de mesures effectuées.

(1) BENOÎT et GUILLAUME, ouvrage cité.

L'erreur moyenne quadratique de la longueur mesurée de la base est égale à la racine carrée de la somme des carrés des erreurs E de chaque section.

Les erreurs moyennes quadratiques de chaque section figurent dans une colonne spéciale du tableau ci-annexé. Ce tableau donne, par section, les résultats de la mesure de la base.

Pour la base entière, l'erreur accidentelle de la moyenne des quatre mesures est égale à

$$E_{\text{base}} = \pm 1,56 \text{ mm,}$$

soit, en valeur relative, le 1/8.305.570 de la longueur de la base.

On peut également déterminer cette erreur par la formule de Hayford, à savoir

$$\epsilon = \pm \sqrt{\frac{1}{2n} \left[ \frac{d^2}{M} \right]},$$

dans laquelle

Σ est la moyenne quadratique de la mesure isolée d'une portée par un seul fil;

n le nombre de sections mesurées;

d la différence, pour un même fil, entre la mesure aller et la mesure retour d'une section;

M le nombre de portées de chaque section.

Cette formule, appliquée à chacun des fils, donne :

	Fil 381	Fil 382
Erreur moyenne quadratique de la mesure isolée d'une portée	±0,145 mm	±0,133 mm
Erreur moyenne de la mesure aller et retour d'une portée	±0,103 mm	±0,094 mm
Erreur moyenne de la base entière mesurée aller et retour	±2,394 mm	±2,184 mm

L'erreur moyenne quadratique des quatre mesures de la base est égale à

$$\pm \sqrt{\frac{(2.394)^2 + (2.184)^2}{2}} = \pm 2.291 \text{ mm,}$$

soit, en valeur relative, le 1/5 655 600 de la longueur de la base.

Les bases de Kilambo, de Pweto et de Bululwe ont été mesurées de la même façon que la base de Gandajika. La valeur de l'erreur accidentelle de la mesure de chacune d'elles est reprise dans le tableau ci-dessous :

Noms des bases	Epoques des mesures	Longueurs en mètres	Formule habituelle		Formule de Hayford	
			Erreurs absolues en mm	Erreurs relatives	Erreurs absolues en mm	Erreurs relatives
Kilambo	sept. 1929	6 601.281 1	±1,162	$\frac{1}{5\ 681\ 000}$	±1,560	$\frac{1}{4\ 232\ 000}$
Pweto	oct. 1929	5 018.055 0	±2,137	$\frac{1}{2\ 348\ 000}$	±3,434	$\frac{1}{1\ 462\ 000}$
Bululwe	août 1932	10 516.967 9	±2,716	$\frac{1}{3\ 872\ 000}$	±2,886	$\frac{1}{3\ 640\ 000}$
Gandajika	oct. 1947	12 955.301 6	±1,560	$\frac{1}{8\ 306\ 000}$	±2,291	$\frac{1}{5\ 656\ 000}$

Ces indices de précision sont du même ordre de grandeur que ceux qui caractérisent les bases mesurées dans tous les pays. L'augmentation notable de la précision de la base de Gandajika est due à l'emploi des nouveaux coefficients de dilatation des fils.

**Erreurs systématiques.**

L'erreur accidentelle des mesures n'est pas la seule erreur qui affecte la longueur de la base et, pour avoir une idée acceptable de la précision totale de cette dernière, il faut nécessairement tenir compte aussi d'autres erreurs, à caractère systématique, dont l'existence est évidente. Parmi ces dernières, l'erreur d'étalonnage est certes très importante, car elle se répète à la mesure de chaque portée. Nous n'en connaissons pas la valeur exacte, puisqu'elle n'est pas donnée par le Bureau International des



Poids et Mesures. Comme, par ailleurs, elle ne peut pas être négligée, nous avons dû en faire une estimation qui, bien entendu, comporte une part d'incertitude. Les valeurs de l'erreur moyenne du prototype et de l'erreur moyenne de la base murale de Sèvres sont celles qui ont été déterminées lors de l'étude de la précision de la base de la Semliki <sup>(1)</sup>.

a) *Erreur d'étalonnage.*

Les certificats délivrés par le Bureau International des Poids et Mesures donnent les longueurs des fils jusqu'au centième de millimètre. Nous avons admis que l'erreur sur ces longueurs ne dépasse pas  $\pm 0.005$  mm. Pour la base entière il en résulte une erreur de

$$\pm 0.005 \text{ mm} \times 540 = \pm 2.700 \text{ mm.}$$

b) *Erreur moyenne du prototype.*

Cette erreur a été évaluée à  $\pm 0.15 \mu$  par m, soit pour la base entière :

$$\pm 0.00015 \text{ mm} \times 12\,955 = \pm 1.943 \text{ mm.}$$

c) *Erreur moyenne de la base murale de Sèvres.*

Cette erreur a été évaluée à  $\pm 14.8 \mu$  par portée de 24 m, soit pour la base entière :

$$\pm 0.0148 \text{ mm} \times 540 = \pm 7.992 \text{ mm.}$$

d) *Erreur moyenne de la correction au niveau de la mer.*

Il a déjà été dit plus haut que, du fait de l'erreur moyenne de l'altitude de la base, l'erreur sur cette correction serait de :

$$\pm 2.000 \text{ mm} \times 9 = \pm 18.000 \text{ mm.}$$

**Indice de précision de la longueur de la base.**

Cet indice de précision résulte de la combinaison de l'erreur accidentelle des mesures avec les diverses erreurs

<sup>(1)</sup> Colonial Survey Committee, *Report of the measurement of an arc of meridian in Uganda* (1912).

qui viennent d'être examinées. Il est égal à

$$\pm \sqrt{(1.560)^2 + (2.700)^2 + (1.943)^2 + (7.992)^2 + (18.000)^2} = \pm 20.034 \text{ mm.}$$

Soit, en valeur relative, le  $\frac{1}{647.000}$  de la longueur de la base.

## VI. — RACCORD DE LA BASE AU RÉSEAU.

### Développement de la base.

Le développement de la base de Gandajika se fait par une figure complexe, à liaisons surabondantes, dans laquelle est incorporé le triangle Tshibwenga-Tshilubi-Kaula, qui appartient à la chaîne de triangulation. Outre les deux termes de la base et les trois sommets de ce triangle, cette figure comprend encore les points de développement Kapumbu et Kabila. Les angles en tous ces points ont été mesurés, en poids 24, par la méthode de Schreiber. Le personnel désigné ci-après a effectué ces mesures du 27 octobre ou 6 novembre 1947 :

- M. van der Straeten : au terme S.E., à Kaula et à Kabila ;
- M. Friess : au terme N.W., à Kapumba et à Tshibwenga ;
- M. Tonglet : à Tshilubi.

Voici quelques données statistiques au sujet de la compensation de cette figure :

*Points* : 7 dont 2 connus.

*Triangles* :

total 19,

erreurs de fermeture :

positives 7,

la plus grande + 3"46, leur somme + 12"15;

négatives 12,

la plus grande — 4"58, leur somme — 19"10;

erreur de fermeture moyenne 1"61 (en valeur absolue).

Angles observés : 29

Conditions de la compensation :

total 19, d'angles 11, locales 2, de côtés 6.

Corrections déterminées par la compensation (appelées  $v$ ) :

nombre de  $v$  positifs 15, le plus grand + 1"79 ;

nombre de  $v$  négatifs 14, le plus grand — 2"39.

Précision d'un angle mesuré :

Erreur moyenne de l'unité de poids, déduite de la compensation :

$$\eta = \pm 1''30.$$

Dans le calcul de celle-ci, le poids de tous les angles est égal à l'unité.

Erreur moyenne de Ferrero, déduite des erreurs de fermeture des triangles :

$$E = \pm 1''21.$$

Pour la compensation du tronçon XIII on a admis, comme immuablement fixés, les angles et les côtés du triangle Tshibwenga-Tshilubi-Kaula obtenus par la compensation de la figure du développement de la base.

#### Fermeture de la chaîne sur la base développée.

Après la compensation en première approximation des figures successives du tronçon XIII, il a été procédé au calcul de la longueur des côtés de ce tronçon. Au côté Kaula-Tshilubi, où se fait le raccord à la base développée, on a trouvé les erreurs de fermeture mentionnées ci-après :

a) par le segment sud. Celui-ci a environ 370 km de longueur et comprend un enchaînement de 17 triangles successifs.



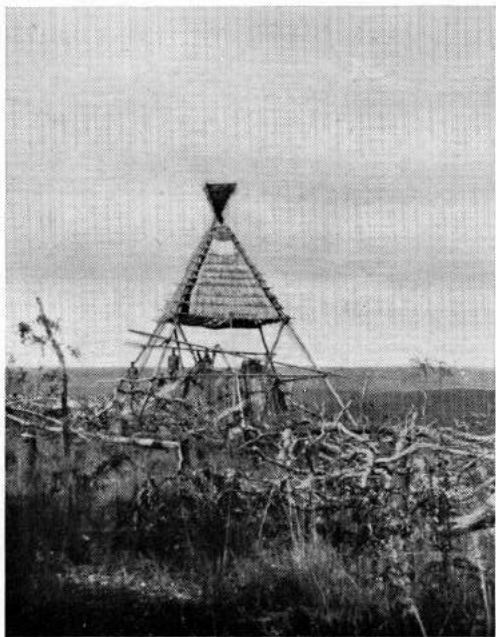
Kajine.

Point géodésique sur le plateau situé à 40 km  
au Nord de Kamina.

Signal sur charpente : hauteur totale 23<sup>m</sup>30.  
Support indépendant pour l'instrument : hauteur 20<sup>m</sup>50.



Signal de triangulation de Kavisisa sur le plateau  
du Kundelungu, mai 1938.



Signal de Kabembo.  
Sur un contrefort de la falaise orientale  
du plateau du Kundelungu.  
Station et repère sur termitière arasée.



Borne en béton du Terme Sud de la base  
de Bululwe.

Longueur du côté Kaula-Tshilubi :

Par le segment sud ... ..	53 540.605 m
Par le développement de la base .	53 538.415 m

Erreur de fermeture ... .. + 2.190 m

soit une erreur relative de 1/24.447.

b) par le segment nord. Celui-ci a environ 450 km de longueur et comprend un enchaînement de 24 triangles successifs.

Par le segment nord ... ..	53 538.878 m
Par le développement de la base .	53 538.415 m

Erreur de fermeture ... .. + 0.463 m

soit une erreur relative de 1/115.634.

Juillet 1949.



**Séance du 23 décembre 1949.**

La séance est ouverte à 14 h 30, sous la présidence de M. K. *Bollengier*, président de l'Institut.

Sont en outre présents : MM. P. Fontainas, G. Gillon, membres titulaires; MM. R. Cambier, C. Camus, E. Devroey, M. Legraye, P. Sporcq, membres associés, ainsi que M. E. De Jonghe, secrétaire général.

Absents et excusés : MM. G. Moulaert, F. Olsen et M. Van de Putte.

**L'alimentation en eau potable des collectivités indigènes  
du Congo belge.**

M. E.-J. *Devroey* présente l'étude qu'il a rédigée sur ce sujet et qui sera publiée dans le *Bulletin des Séances*. (Voir p. 1001.)

Un échange de vues s'établit à ce propos, auquel prennent part MM. M. *Legraye*, P. *Sporcq*, R. *Cambier*, K. *Bollengier* et E. *Devroey*.

**Comité secret.**

Les membres effectifs, constitués en comité secret, désignent M. F. *Olsen* comme vice-directeur pour 1950.

**Hommage d'ouvrages.**

**Present-exemplaren.**

Le *Secrétaire général* dépose sur le bureau les ouvrages suivants :

De *Secretaris-Generaal* legt op het bureau de volgende werken neer .

1. *L'Écho des Mines et de la Métallurgie*, n° 3414, Revue des Industries Minières et Métallurgiques, Paris, novembre 1949.
2. *Otraco*, n° 7, Revue trimestrielle, Léopoldville, septembre 1949.

### Zitting van 23 December 1949.

De zitting wordt geopend te 14 u 30, onder voorzitterschap van de heer *K. Bollengier*, voorzitter van het Instituut.

Zijn insgelijks aanwezig : de heren *P. Fontainas*, *G. Gillon*, titelvoerende leden; de heren *R. Cambier*, *C. Camus*, *E. Devroey*, *M. Legraye*, *P. Sporcq*, buitengewoon leden, alsook de heer *E. De Jonghe*, secretaris-generaal.

Afwezig en verontschuldigd : de heren *G. Moulaert*, *F. Olsen* en *M. Van de Putte*.

#### **Voeding in drinkbaar water der inlandse gemeenschappen van Belgisch-Kongo.**

De heer *E.-J. Devroey* legt de studie voor die hij over dit onderwerp geschreven heeft en die in het *Bulletijn der Zittingen* zal verschijnen. (Zie blz. 1001.)

Een gedachtenwisseling ontstaat hierover waaraan de heren *M. Legraye*, *P. Sporcq*, *R. Cambier*, *K. Bollengier* en *E. Devroey* deel nemen.

#### **Geheim comité.**

De titelvoerende leden, in geheim comité vergaderd, verkiezen de heer *F. Olsen* als vice-directeur voor 1950.

De zitting wordt te 15 u 30 opgeheven.

3. NIZERY, A., *Le Laboratoire National d'Hydraulique*, extrait des *Annales des Ponts et Chaussées*, Paris, 1949.
4. NIZERY, A., *Étude des déformations de la houe au voisinage d'une jetée*, extrait de *La Houille Blanche*, Paris, 1948.
5. LABAYE, G., *Note sur le débit solide des cours d'eau*, extrait de *La Houille Blanche*, Paris, 1948.
6. REMENIERAS, G., *Sur la possibilité de transformer directement en énergie électrique une partie de l'énergie d'une veine fluide*, extrait de *La Houille Blanche*, Paris, 1948.
7. BOURGUIGNON, P., *Relevés d'intumescences dans les ouvrages d'aménée et de restitution de l'usine de Kembs*, extrait de *La Houille Blanche*, Paris, 1948.
8. *Jubileum V.I.V. — 1928-1948*, Technisch Wetenschappelijk Tijdschrift, Bijzonder nummer, Antwerpen, October 1949.
9. MARTIN, J., *Aspects of the Gold Mining Industry of the Witwatersrand*, Johannesburg, 1935.
10. *Technisch- Wetenschappelijk Tijdschrift*, n° 12, Orgaan van de Vlaamse Ingenieursvereniging, Antwerpen, December 1949.

Les remerciements d'usage sont adressés aux donateurs. Aan de schenkers worden de gebruikelijke dankbetuigingen toegezonden.

La séance est levée à 15 h 30.

1. *L'Echo des Mines et de la Métallurgie*, n° 3414, Revue des Industries Minières et Métallurgiques, Paris, novembre 1949.

2. *Grazer*, n° 7, Revue trimestrielle, Leopoldville, septembre 1949.

**E.-J. Devroey. — A propos de l'alimentation en eau potable  
des collectivités indigènes du Congo belge.**

L'alimentation en eau potable des centres européens et des agglomérations indigènes en Afrique centrale constitue une des préoccupations essentielles des pouvoirs publics.

Pour les territoires placés sous l'administration belge, l'importance de cette bataille de l'eau, comme on l'appelle, est mise en évidence par les crédits y affectés et qui se montent, depuis plusieurs années, à des dizaines de millions par an.

Le *Plan Décennal* pour le développement économique et social du Congo belge comprend, de son côté, et rien que pour le secteur public, plus d'un milliard de francs, sous la rubrique « Approvisionnement en eau », se répartissant comme suit :

Distribution d'eau dans les grands centres . . . . .	fr.	351.500.000
Distribution d'eau dans les centres secondaires . . . . .		500.000.000
Puits et sources . . . . .		201.000.000
		<hr/>
Total.		1.052.500.000

Enfin, le Fonds du Bien-Être Indigène, qui dispose, comme on sait, de ressources de l'ordre de 300 millions par an, a inscrit parmi ses activités principales l'approvisionnement des collectivités indigènes en eau potable partout où la stabilité et la concentration de la population en permettront l'exécution à un prix compatible avec l'importance des agglomérations.

La réalisation de ces objectifs dépend d'un grand nombre d'exécutants, au premier rang desquels il faut citer la *Régie des distributions d'eau et d'électricité du Congo*

*belge et du Ruanda-Urundi*, dite « Regideso », créée en 1933, à une époque où les garanties accordées à des concessionnaires privés grevaient lourdement les budgets de la Colonie. Les ventes annuelles de la Régie, qui étaient de 240.000 m<sup>3</sup> d'eau en 1934, atteignent actuellement 8 millions de mètres cubes. La Régie assure pratiquement l'adduction d'eau dans tous les grands centres européens.

Au 31 décembre 1948, la population desservie comprenait 20.500 habitants de race blanche et 288.000 indigènes, les consommations moyennes étant respectivement de 415 et 15 litres par tête et par jour. Ces moyennes sont purement théoriques.

Les installations de la Régie, déjà importantes pour les dix réseaux qu'elle exploite, seront sensiblement agrandies et étendues, en outre, à vingt-sept réseaux nouveaux au cours de la prochaine décade.

Pour les agglomérations coutumières, de même que pour les formations sanitaires rurales (hôpitaux, maternités, dispensaires), le problème revêt une ampleur et une complexité peu communes, non seulement en recherches préalables et en travaux d'exécution proprement dits, mais aussi en raison de la grande instabilité qui caractérise encore les collectivités indigènes du fait, notamment, de leurs méthodes de cultures.

Pour mesurer l'ampleur de la tâche à accomplir, il faut savoir que 15 % seulement des 11 millions d'autochtones du Congo sont réunis autour des villes européennes ou dans les villages industriels, tandis que 85 % vivent dans la brousse, à gratter le sol par des moyens ancestraux, pour y trouver une maigre nourriture.

Une des tâches essentielles que nous nous sommes assignées en Afrique consiste précisément à rendre sédentaires les populations, sur des gîtes agricoles propices.

Qu'il suffise de signaler qu'au cours des années à venir, on envisage l'aménagement de plus de 10.000 puits et

sources. Des missions de prospection sont d'ores et déjà constituées, et notre confrère M. A. Jamotte a rendu compte, au sein de notre Institut, de l'expérience acquise sous sa direction au Katanga durant la période 1938-1946, sur un ensemble de plus de 600 points de sondages pour l'obtention de l'eau (12) (1).

La documentation ainsi réunie englobe l'organisation de services hydrogéologiques dans les régions voisines du Congo belge et notamment en Afrique du Sud. Les informations pratiques publiées à ce sujet en ce qui concerne les forages et le creusement des puits sont des plus précieuses.

Le Service de Géologie et d'Hydrologie du Gouvernement de la Colonie se préoccupe également depuis plusieurs années de ce problème, de même que la mission hydrologique mise sur pied en 1948 par la « Regideso », avec l'appui financier du Fonds du Bien-Être Indigène.

Les recherches systématiques entreprises dans la région de Léopoldville par le Service géologique du Gouvernement ont permis de mettre en service plusieurs puits dans la cité indigène de la Capitale. Quant à la mission de la Régie, la priorité de son activité a été réservée au territoire de Kitega, en Urundi, qui souffre d'une pénurie chronique d'eau, et à la région de Kanda-Kanda, dans la province de Lusambo, où la bilharziose sévit à l'état endémique.

Les problèmes à résoudre par ces prospections sont d'autant plus vastes qu'aucune documentation hydrologique n'existe pour la plupart des régions considérées. Or, sous peine de cruels déboires, pareille documentation est indispensable avant d'entreprendre toute réalisation sur une grande échelle.

(1) Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie.



Cependant, en beaucoup d'endroits du Centre-Africain, les points d'eau existent naturellement et les autochtones s'en servent, mais les conditions dans lesquelles les prélèvements pour les besoins alimentaires s'effectuent vont souvent à l'encontre des règles d'hygiène et même de simple propreté les plus élémentaires.

En vue de pallier ces inconvénients, le Service des Travaux Publics du Gouvernement Général du Congo belge, que j'avais l'honneur de diriger à cette époque, avait établi, en 1937, une série de directives sommaires destinées aux agents d'exécution, tant des Travaux publics que du Service territorial.

Ces règles pratiques ont rendu d'appréciables services dans les postes de brousse. Elles se trouvaient condensées dans une brochure polycopiée, qui est devenue introuvable, et c'est pourquoi, sur l'insistance de hautes personnalités qui ont visité récemment le Congo et qui furent impressionnées par les conditions déplorables dans lesquelles les indigènes assurent généralement leurs besoins en eau d'alimentation, il a été jugé opportun de reproduire les règles en question, sous forme de la note ci-jointe, sur le *captage des eaux*.

Je m'excuse auprès de mes savants confrères pour le caractère élémentaire de ce document, qui, je tiens à le souligner, a été rédigé en 1937 à l'intention d'un personnel non spécialisé, mais dont la bonne volonté, le dévouement et la sollicitude envers nos populations congolaises ne doivent plus être signalés.

Je saisis cette occasion pour attirer l'attention des personnes intéressées sur une autre publication, également sans prétention scientifique, mais susceptible de venir en aide à tous ceux qui, en brousse, ne disposent que de ressources limitées, et dont les louables initiatives connaîtraient un meilleur sort si elles pouvaient s'appuyer sur des procédés de réalisation et des moyens de fortune à la portée de tous et sanctionnés par l'expérience. Je veux

citer l'excellent petit manuel de Jane B. Drew et E. Maxwell Fry sur les constructions en milieu rural sous les tropiques (6).

J'ai eu le privilège de rencontrer l'un de ces auteurs au Congrès du Logement tropical qui s'est tenu à Caracas (Venezuela) en 1947, et dès que j'ai eu connaissance du petit vade-mecum en question, je me suis empressé d'en recommander l'achat sur une large échelle pour le Congo belge, où, grâce à la généreuse intervention du Fonds du Bien-Être Indigène, il est actuellement diffusé en plus de 300 exemplaires dans tous les bureaux de territoire, de district et de province, et auprès d'un grand nombre d'agents des travaux publics, des affaires indigènes et du service médical.

Les paragraphes concernant les dangers d'infection d'origine hydrique, l'établissement et la protection des prises d'eau et la réalisation d'une filtration rudimentaire sont décrits et illustrés de façon très suggestive pour le point de vue qui nous occupe en ce moment (6, pp. 73-80).

La bibliographie jointe à la présente communication mentionne d'autres publications utiles à consulter en cette matière (1).

Signalons enfin que, juridiquement, l'usage de l'eau est réglementé au Congo belge par le décret du 24 février 1943 (4). La revision de ce texte a été confiée à une commission de juristes et de techniciens, instituée par arrêté ministériel du 12 avril 1949.

Des dispositions particulières sont envisagées pour éviter l'épuisement ou l'altération des réserves aquifères souterraines.

Bruxelles, le 23 décembre 1949

---

(1) A recommander tout spécialement, l'ouvrage *Emergency Water Supplies*, par A. BEEBY THOMPSON (16<sup>ms</sup>), véritable guide pratique pour l'aménagement, en campagne, des points d'eau.

**BIBLIOGRAPHIE.**

1. Arrêté du Régent du 12 juin 1947, déterminant la régime des autorisations de prises d'eau souterraine (*Moniteur belge*, 5 juillet 1947, pp. 6537-6541).
2. CLERFAYT, A., Les distributions d'eau du Congo belge (*Comptes rendus du Centenaire de l'A.I.Lg.*, Congrès 1947, Section coloniale, Liège 1948, pp. 95-110).
3. DEBENHAM, FRANK, Report on water resources of the Bechuanaland Protectorate, Northern Rhodesia, Nyasaland Protectorate, Tanganyika Territory, Kenya and the Uganda Protectorate; H. M. Stationery Office, Londres, 1948.
4. Règles concernant l'usage des eaux, dans L. STROUWENS et P. PIRON, *Codes et lois du Congo belge*, 6<sup>e</sup> édition des « Codes Louwers »; édit. F. Larcier, Bruxelles, 1948, pp. 70-73.
5. DIXEY, F., A practical handbook of Water Supply; Th. Murby, Londres, 1931.
6. DREW, JANE B. and FRY, E. MAXWELL, Housing in the tropics, with special reference to West Africa; Lund Humphries, Londres, 1947.
7. DU TRIEU DE TERDONCK, R., Considérations sur les nappes aquifères et les phénomènes d'altération dans les gîtes de cuivre du Katanga (*Bull. I.R.C.B.*, 1946, pp. 394-411).
8. FOURMARIER, P., Introduction à l'étude des eaux destinées à l'alimentation humaine et à l'industrie; Masson, Paris, 1939.
- 8<sup>bis</sup>. FOX, CYRIL, S., The Geology of Water Supply, Technical Press, Londres, 1949.
9. GILLMAN, C. (voir Water Consultant's report).
10. GOLDSTEIN, M.-H., L'eau potable au Congo belge (*La Technique de l'Eau*, Bruxelles, mars 1947, pp. 5-9).
11. GROSJEAN, ANDRÉ, Propos familiers sur le régime légal des eaux (*Ibid.*, Bruxelles, avril 1949, pp. 5-9).
12. JAMOTTE, A., Les travaux hydrogéologiques au Katanga (*Bull. I.R.C.B.*, 1946, pp. 1006-1023).
13. LONGLAND, F., Field Engineering; Tanganyika Territory, Government Printer, Dar es Salam, 1937.
14. MEINZER, OSCAR E., Hydrology, Physics of the Earth; Mc Graw-Hill Cy, New York, 1942.
15. Régie de Distributions d'Eau et d'Électricité du Congo belge, Rapport 1948; Bruxelles, 1949.
16. ROBERT, M., L'Hydrologie souterraine du bassin du Congo (*Le Congo Physique*, pp. 317-329, impr. H. Vaillant-Carmanne, Liège, 1946).
- 16<sup>bis</sup>. THOMPSON, A. BEEBY, Emergency Water Supplies, Technical Press, Londres, 1924.
17. Water Consultant's report, A hydrographic reconnaissance into parts of Masailand; Dar es Salam, 1939.

CONGO BELGE

ANNEXE.

SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS  
DU GOUVERNEMENT GÉNÉRAL.

## NOTE SUR LE CAPTAGE DES EAUX.

### I. — BUT DE CETTE NOTE.

La présente note a pour but de donner quelques indications sommaires facilitant la *recherche* de l'eau nécessaire à l'alimentation d'un poste, d'un camp, etc., et surtout d'énoncer les règles à observer dans le *captage* de l'eau.

### II. — ORIGINE DE L'EAU.

#### A. NAPPE AQUIFÈRE.

Une nappe aquifère est constituée par l'eau retenue dans un terrain perméable au-dessus d'un terrain imperméable.

La première nappe que l'on rencontre en creusant le sol est la *nappe phréatique*, dont l'eau est souvent contaminée. Au-dessous de la première couche de terrain imperméable supportant la nappe phréatique se trouvent souvent une ou même plusieurs nappes *profondes* ou *captives*, généralement très pures.

Une nappe aquifère est rarement horizontale, car si l'eau coule à travers le terrain perméable, la surface de la nappe présente nécessairement une pente. La profondeur à laquelle on peut avoir l'eau est donc variable et ne dépend pas uniquement de la pente du terrain imperméable supportant la nappe et du relief du sol.

Les points d'émergence d'une nappe aquifère constituent des *sources*.

Certaines nappes n'ont pas de point d'émergence. Elles alimentent souterrainement une rivière, un lac, ou l'océan.

## B. SOURCES.

On peut distinguer :

les sources filoniennes, provenant de nappes profondes; elles sont généralement minéralisées, et parfois thermales;

les sources à flanc de coteau (source d'affleurement ou de déversement, fig. 1). Le point d'émergence est à l'affleurement du terrain imperméable;

les sources au fond d'une vallée (source de thalweg, fig. 2). Le point d'émergence est au point le plus bas de la surface de la nappe, considérée dans la section transver-

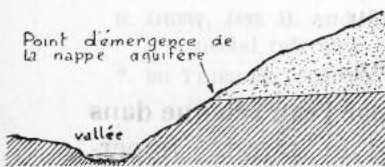


FIG. 1. — Source de déversement.  
(A flanc de coteau.)

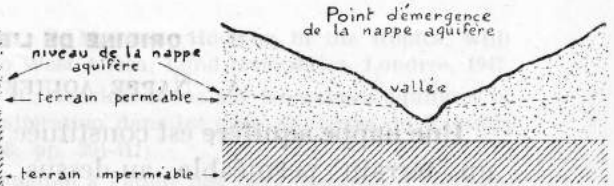


FIG. 2. — Source de thalweg.  
(Coupe transversale dans la vallée.)

sale correspondante. L'eau s'écoule en surface dans le sens de la pente, au fond de la vallée, et forme un cours d'eau.

Les sources filoniennes, d'affleurement et de thalweg sont de *vraies sources*, par opposition aux *fausses sources*, ou *résurgences*, où apparaissent des eaux ayant circulé dans des crevasses du sol et provenant d'un cours d'eau ou d'un lac.

### III. — RECHERCHE DE L'EAU.

En Afrique tropicale, la recherche de l'eau n'offre guère de difficulté lorsque la nappe présente un point d'émergence apparent; celui-ci est, en effet, généralement connu des indigènes, qu'il convient donc d'interroger, de même que les Européens ayant parcouru la région.



Une source de déversement peut être cachée, lorsqu'un terrain d'éboulis recouvre le point d'émergence véritable (fig. 3). On peut alors, parfois, trouver la source en contre-bas.

Le point d'émergence véritable, où il faut aller chercher l'eau pour la trouver la plus pure possible, se signale presque toujours à l'attention par la végétation qui le recouvre : elle est plus abondante et plus verte qu'aux environs, surtout en saison sèche; elle se caractérise par des espèces avides d'eau.

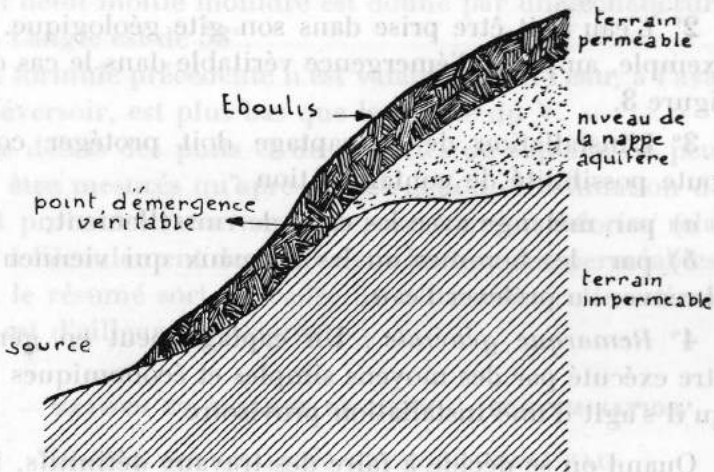


FIG. 3. — Source de déversement à point d'émergence non apparent.

Les points d'émergence à flanc de coteau sont souvent multiples. On les trouve alors, en général, sensiblement sur une même ligne qui s'accuse par sa végétation ou par la couleur du sol.

Lorsqu'une nappe aquifère ne présente pas de point d'émergence et ne se révèle ni par les caractéristiques du sol, ni par celles de la végétation, on la recherchera en creusant des puits, ou en explorant à la sonde les environs du thalweg. Cette prospection est évidemment vaine en terrain superficiel imperméable (argile ou roche).



IV. — PRINCIPES GÉNÉRAUX DU CAPTAGE.

1° Avant d'entamer des travaux de captage :

a) on s'assurera que le débit est suffisant à la fin de la saison sèche;

b) on fera analyser l'eau par le laboratoire le plus proche.

Un simple examen des qualités physiques de l'eau pourra suffire s'il s'agit d'un captage provisoire, lorsqu'on ne dispose pas du temps ni des moyens pour faire l'analyse.

2° L'eau doit être prise dans son gîte géologique. Par exemple, au point d'émergence véritable dans le cas de la figure 3.

3° L'installation de ce captage doit protéger contre toute possibilité de contamination :

a) par mélange avec les eaux de ruissellement;

b) par les hommes ou les animaux qui viennent s'y abreuver ou prélever l'eau.

4° *Remarque générale* : Un captage peut en général être exécuté par des moyens simples et économiques lorsqu'il s'agit d'une installation provisoire.

Quand on se décide à faire des travaux définitifs, il ne faut les entreprendre qu'après une étude suffisante, afin de ne pas courir à un échec. Un captage bien fait coûte cher; disons, à titre d'exemple, que le captage de la source de Katutu, qui alimente Costermansville, et dont il sera question plus loin, a coûté 40.000 francs en 1934. Il ne faut donc entreprendre de pareils travaux qu'à coup sûr.

V. — MESURE DU DÉBIT D'UNE SOURCE OU D'UNE NAPPE.

La mesure du débit peut s'effectuer :

a) en mesurant à la montre le temps nécessaire au remplissage d'un récipient de capacité donnée;

b) au moyen d'un déversoir par lequel on fait passer toute l'eau de la source.

On réalise le déversoir en barrant le filet d'eau au moyen d'une tôle plane portant une échancrure en V. La tôle étant en place, on attend que le régime d'écoulement soit devenu uniforme et l'on mesure la hauteur  $h$  du plan d'eau au-dessus de la pointe du V. Si l'angle de l'échancrure en V est de  $90^\circ$ , le débit est donné par la formule

$$Q = 2,14 h^2 \sqrt{h}$$

( $Q$  en litres par minute,  $h$  en centimètres).

Un débit moitié moindre est donné par une échancrure dont l'angle est de  $53^\circ$ .

La formule précédente n'est valable que si l'eau, à l'aval du déversoir, est plus bas que la pointe du V.

Les débits des puits et des galeries de captage ne peuvent être mesurés qu'après construction. L'estimation du débit probable d'une nappe repose sur des théories relatives à l'écoulement des eaux dans les terrains perméables, dont le résumé sort du cadre de cette note; cette estimation est d'ailleurs incertaine.

## VI. — EXAMEN ET ANALYSE DE L'EAU. — CONTAMINATION.

### EXAMEN DES QUALITÉS PHYSIQUES DE L'EAU.

L'eau doit être limpide, inodore, d'une saveur agréable, ni fade ni saumâtre.

On doit observer si l'eau cuit convenablement les aliments et si elle dissout le savon sans faire de grumeaux.

Pour rechercher si l'eau présente une odeur, on la chauffe vers  $50-60^\circ$ .

Une eau ne répondant pas à toutes les conditions énoncées ci-dessus n'est pas nécessairement impropre à la consommation : une eau peut être colorée, par exemple, sans être nocive.

Contrairement, une eau répondant à toutes les qualités physiques désirables peut ne pas être potable au point de vue bactériologique.

Il faut donc, en attendant les résultats de l'analyse du laboratoire, ne consommer l'eau que bouillie ou stérilisée chimiquement.

**ANALYSE AU LABORATOIRE.**

Le laboratoire dira si l'eau est potable ou si elle demande un traitement avant d'être consommée.

L'Administration exige que l'eau, pour être déclarée potable, réponde aux conditions suivantes (teneurs maxima) <sup>(1)</sup> :

ANALYSES	Eau destinée à l'alimentation	
	n'ayant subi aucune opération d'épuration (prise telle quelle dans la nature)	ayant subi une épuration
Matières organiques en oxygène (permanganate en milieu acide) . . . . . mgr	3	2
Nitrates, en $N_2O_5$ . . . . . mgr	20	20
Chlorures, en Na Cl . . . . . mgr	30 <sup>(1)</sup>	30
Dureté, en degrés français . . . . .	30 <sup>(2)</sup>	30 <sup>(2)</sup>
Sulfate . . . . . mgr	—	50 <sup>(2)</sup>
Ammoniaque . . . . .	néant	néant
Nitrites . . . . .	id.	id.
Fer . . . . .	traces	traces

<sup>(1)</sup> Une plus grande tolérance peut être admise pour les eaux des nappes souterraines profondes.

<sup>(2)</sup> Une augmentation de la dureté et des sulfates, justifiée par la nature du terrain ou les besoins de l'épuration, ne doit pas faire rejeter l'eau.

<sup>(1)</sup> Les qualités requises pour qu'une eau puisse être déclarée potable ont été fixées en 1936 par le *Conseil Supérieur d'Hygiène Coloniale* (Dépêche ministérielle n° 44/1198 du 24 mars 1936 au Gouverneur général).

Au point de vue bactériologique, s'il s'agit d'eau prélevée à la source ou à la sortie d'appareils d'épuration et avant tout stockage, l'eau doit présenter les garanties suivantes :

200 unités au maximum par  $\text{cm}^3$  pour les germes banaux;

absence de coli et de tout germe pathogène.

S'il s'agit d'une eau traitée en vue de l'épuration et stockée en bassin ou en réservoir, ou ayant séjourné dans les conduites de distribution, et reconnue potable avant stockage, on exigera :

1.000 unités au maximum par  $\text{cm}^3$  pour les germes banaux;

20 coli au maximum par litre (absence dans  $50 \text{ cm}^3$ );

absence de tout germe pathogène.

Le *prélèvement des échantillons* d'eau à envoyer au laboratoire doit être fait en observant les règles suivantes :

1° Échantillon destiné à l'analyse chimique :

L'échantillon doit être de 3 litres, au moins.

La prise d'échantillon doit être faite en flacons bouchés à l'émeri, ou au moyen d'un bouchon neuf en liège.

Les flacons doivent être consciencieusement lavés à l'eau ordinaire. Si nécessaire, on utilisera une solution d'acide sulfurique diluée (quelques  $\text{cm}^3$  par litre), jusqu'à obtention d'une propreté parfaite; rincer ensuite énergiquement, au moins six fois, en utilisant, si possible, de l'eau distillée ou, à défaut, l'eau à analyser.

L'expédition au laboratoire de chimie ne demande pas de précautions particulières.

2° Échantillon destiné à l'examen bactériologique :

Une minime quantité de l'échantillon destiné à l'examen chimique peut être prélevée, et constituer ainsi

l'échantillon pour l'examen bactériologique, à condition que les précautions supplémentaires suivantes soient prises :

stérilisation à l'acide sulfurique dilué indispensable, suivie de rinçage, le tout immédiatement avant la prise d'échantillon;

usage de flacons bouchés à l'émeri (bouchons également stérilisés);

examen bactériologique fait sans retard. Un délai de quelques heures suffit parfois à multiplier les germes et par conséquent à fausser les résultats. Il faut envoyer l'échantillon par la voie la plus rapide, et si possible dans de la glace.

La difficulté de réunir toutes ces conditions conduira souvent à prélever séparément les échantillons destinés aux laboratoires de chimie et de bactériologie.

#### CONTAMINATION.

On recherchera, dans le périmètre d'alimentation, les causes possibles de contamination, notamment par la présence de terrains fissurés. A ce sujet, on consultera un géologue, chaque fois qu'il sera possible de le faire. On déterminera aussi, si des eaux suspectes existent dans le voisinage (lieux habités), le pouvoir filtrant des terrains par des analyses répétées. Une eau peut être, suivant la saison, potable ou gravement contaminée.

Après captage, l'eau doit être fréquemment analysée, pour qu'une contamination éventuelle soit décelée le plus rapidement possible.

En général, les sources dont le débit n'accuse pas de variation brusque après les pluies et dont le périmètre d'alimentation est boisé ne présentent pas de probabilités de contamination, sauf par les abords immédiats. Ce dernier mode de contamination est de tous le plus fréquent, et l'on prendra, en tout cas, les plus grandes précautions contre les causes de pollution.



VII. — CAPTAGE DE L'EAU.

Le captage est réalisé par les installations établies pour recueillir les eaux souterraines.

Nous n'envisagerons que le captage d'eaux de sources ou de nappes à faible profondeur.

A. SOURCES.

1° *A flanc de coteau.*

Il faut dégager le terrain, d'aval en amont, jusqu'à ce qu'on ait déblayé la couche imperméable sur un espace suffisant pour y entreprendre le captage. On prend ainsi l'eau dans son gîte géologique.

Dans une installation provisoire, on recueille l'eau de la nappe dans une petite tranchée (fig. 4) que l'on remplit de pierres bien propres (pierrée) recouvertes d'une couche d'argile corroyée, au-dessus de laquelle on remblaie avec le terrain naturel.

Le corroi d'argile doit recouvrir convenablement la pierrée, ainsi que le ferait une voûte ou coupole imperméable, ouverte seulement vers l'amont. L'eau est ainsi préservée des souillures.

Un tuyau, placé plus bas que le terrain imperméable, traverse une murette en pierres sèches ou en maçonnerie retenant les terres, au pied de laquelle une aire dallée ou gravelée sur 20 cm d'épaisseur empêche la formation de boue. On sait que des parasites dangereux vivent souvent dans la boue.

Un moyen simple de capter une petite source, lorsqu'on dispose d'un fût métallique propre de 200 ou 400 litres <sup>(1)</sup>, consiste à enfoncer le fût dans la couche imperméable, après l'avoir percé de trous du côté et au niveau de la venue d'eau; on remet en place le terrain naturel en laissant dépasser un tuyau fixé dans la bonde du fût.

(1) Les fûts à essence ont une contenance de 200 litres; ceux de 400 litres servent au transport de l'huile de palme.



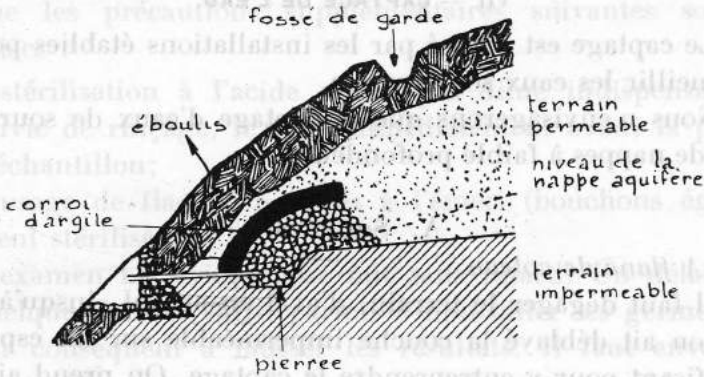


FIG. 4. — Captage provisoire d'une source de déversement.

L'eau de ruissellement et d'infiltration recueillie en A est évacuée latéralement

- ① chambre de repos ou de décantation
- ② chambre de prise d'eau

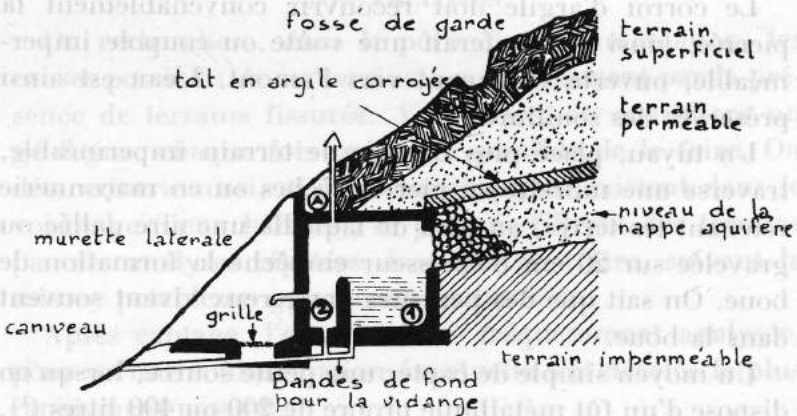


FIG. 5. — Captage définitif d'une source de déversement.

Un captage définitif ne réalise pas autre chose, mais on construira avec avantage deux chambres; la première, de repos ou de décantation, la seconde de prise d'eau (fig. 5). Les deux chambres communiquent par un petit

déversoir, dont le seuil doit se trouver un peu au-dessous du terrain imperméable pour que le captage ne soit jamais « en charge ».

La maçonnerie doit être étanche. Une prise d'air protégée par un grillage et un treillis moustiquaire, et abritée des eaux de ruissellement, doit être prévue.

- ① chambre de repos ou de décantation
- ② chambre de prise d'eau formant réservoir

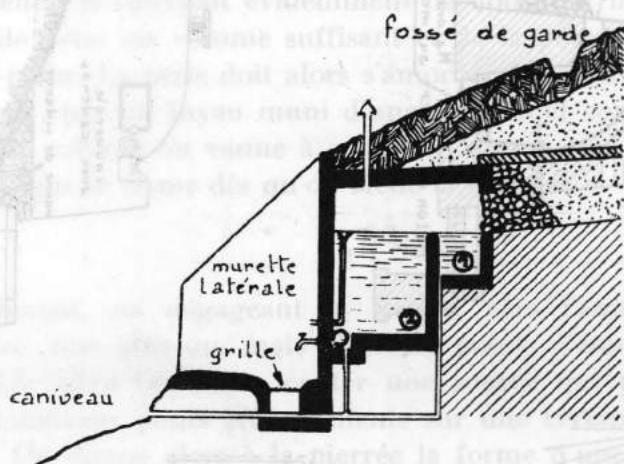
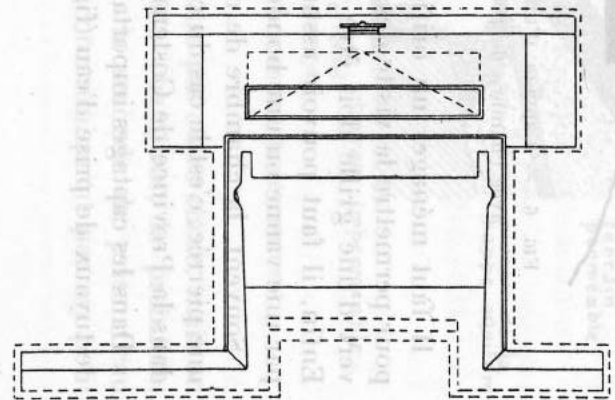
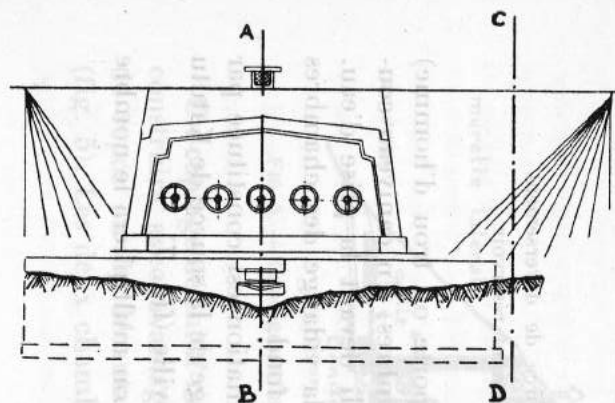


FIG. 6. — Captage d'une source de déversement avec chambre de prise formant réservoir.

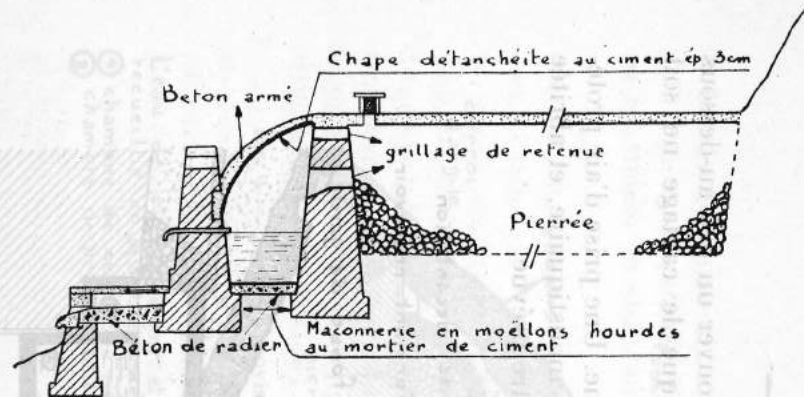
Il faut ménager un orifice (porte ou trou d'homme) pour permettre la visite des chambres. Un caniveau couvert d'une grille doit être établi devant la prise d'eau. Enfin, il faut pouvoir assurer la vidange des chambres par une vanne ou une bonde de fond.

Souvent, la chambre de décantation est constituée par une pierrée; c'est le cas du captage de la source de Katutu dans la Province de Costermansville (fig. 7).

Dans les captages importants, on multipliera le nombre de tuyaux de prise d'eau (fig. 7).



COUPE A-B



COUPE C-D

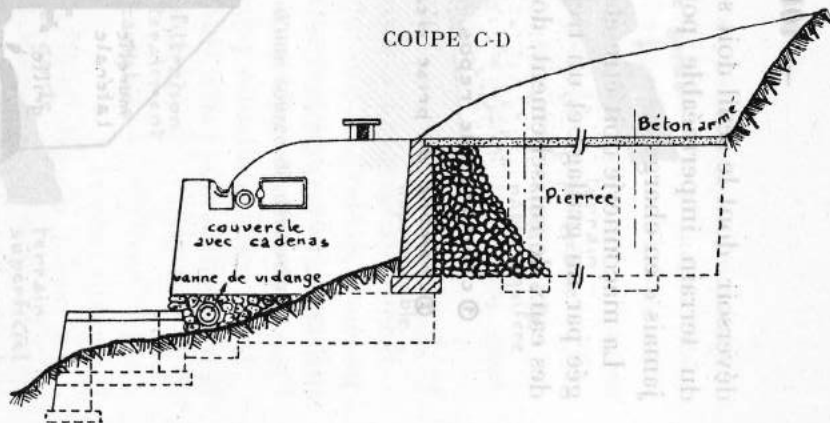


FIG. 7. — Aménagement de la source de Katutu.

Lorsque le captage est destiné à alimenter un réseau de distribution, il se réalise de façon identique, mais il faut alors prévoir une vanne sur la conduite de départ, et un trop-plein à la chambre de prise.

Lorsque le débit instantané de la source est trop faible pour satisfaire à la demande d'eau aux heures d'affluence, bien que le débit journalier soit suffisant, on peut accumuler l'eau débitée pendant les heures de faible consommation et surtout pendant la nuit, dans un réservoir d'attente. Il convient évidemment de donner à la chambre de prise un volume suffisant et de la pourvoir d'un trop-plein. La prise doit alors s'amorcer dans un puisard (fig. 6), par un tuyau muni d'une crépine et commandé par un robinet ou vanne à occlusion automatique, c'est-à-dire qui se ferme dès qu'on lâche la poignée.

\*  
\*\*

Souvent, en dégageant le terrain vers l'amont, on trouve, non plus un, mais plusieurs points d'émergence. Parfois aussi on désire capter une source qui présente de nombreux petits affleurements sur une certaine étendue. On donne alors à la pierrée la forme d'une galerie perpendiculaire à la direction du ruissellement, recoupant toute la nappe dans la zone de déversement et présentant une pente légère (voir aussi B, 2° et fig. 15 à 17).

Lorsqu'il s'agit d'un captage définitif, cette galerie est entièrement maçonnée et présente, du côté de la venue d'eau, des ouvertures en « nid d'hirondelle » ou des barbacanes (fig. 8).

\*  
\*\*

Quel que soit le système adopté, on prendra toujours les plus grandes précautions pour éviter la contamination de l'eau captée par l'eau de ruissellement. Celle-ci devra donc être soigneusement écartée par un fossé de

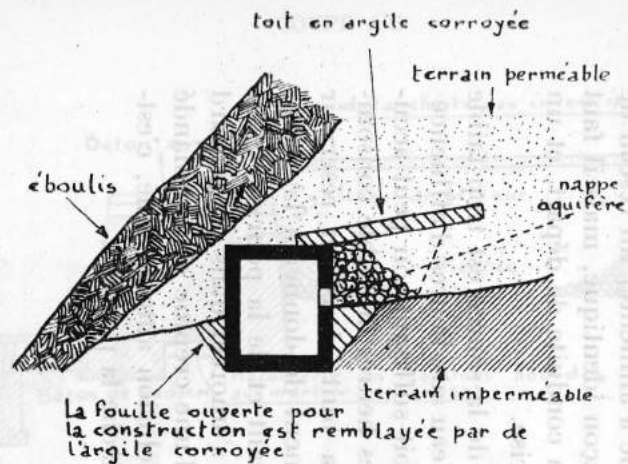
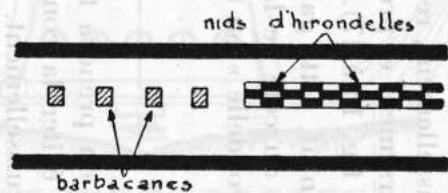


FIG. 8. — Galerie de captage.

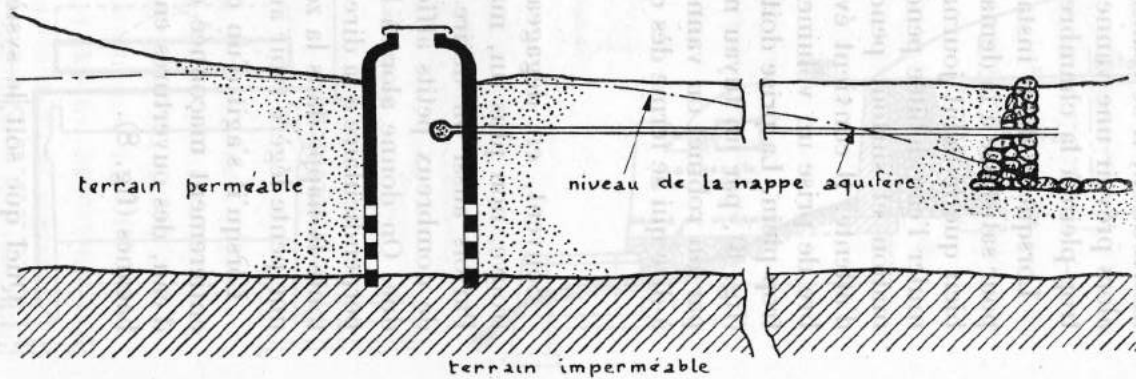


FIG. 9. — Captage par puits d'une source de thalweg.

garde entourant l'amont de la source, fossé qui recueille toutes les eaux de surface et les conduit latéralement jusqu'à l'aval du point d'eau.

## 2° Source de thalweg.

La meilleure façon de capter la source est de creuser un puits couvert descendu jusqu'au terrain imperméable (fig. 9) et dont la margelle émerge suffisamment.

Un tuyau avec crépine laisse s'écouler l'eau vers un canal creusé une centaine de mètres plus bas, où une

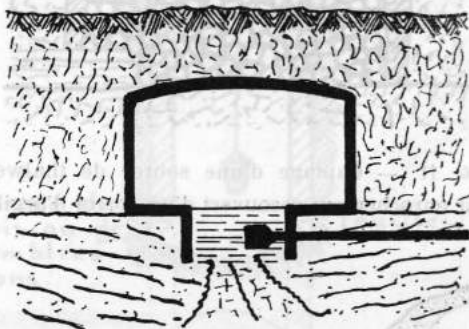


FIG. 10. — Captage d'une source de thalweg par chambre d'eau.

murette et une aire dallée, éventuellement pourvue d'un caniveau couvert d'une grille, constituent le point d'eau.

Si la source est étendue et forme une sorte de mare ou de petit étang, il n'est pas possible de creuser un puits au point d'émergence. Il faut alors capter la nappe, dans le thalweg à l'amont de la source. (Voir : B. Captage d'une nappe à faible profondeur.)

Lorsque la source est peu étendue et qu'on ne dispose pas des moyens nécessaires pour creuser un puits, on se contentera de nettoyer le point d'émergence et de le combler de grosses pierres, au-dessus desquelles on construit une « chambre d'eau », soit en maçonnerie (fig. 10), soit



en corroi d'argile (fig. 11). Un long tuyau de prise d'eau et une cheminée de ventilation complètent l'installation.

Cette disposition se recommande dans le cas où la vallée est couverte d'alluvions plus ou moins imperméables

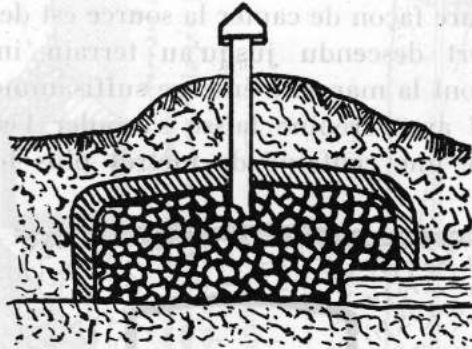


FIG. 11. — Captage d'une source de thalweg par enrochement recouvert d'un corroi d'argile.

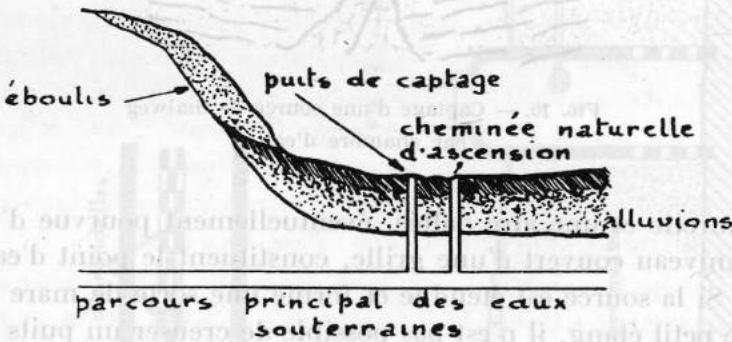


FIG. 12. — Captage d'une source de thalweg.

que ces eaux traversent grâce à une légère pression hydrostatique (fig. 12).

Si la source est peu importante, on peut la coiffer d'un fût métallique de 200 ou 400 litres dont on a enlevé le fond inférieur et qu'on a pourvu d'un tuyau placé dans la bonde, et d'un orifice de ventilation protégé.

### B. CAPTAGE D'UNE NAPPE À FAIBLE PROFONDEUR.

Ce captage exige le pompage de l'eau, sauf lorsqu'il s'agit d'une nappe artésienne dont la pression est suffisante pour faire jaillir l'eau au-dessus du sol.

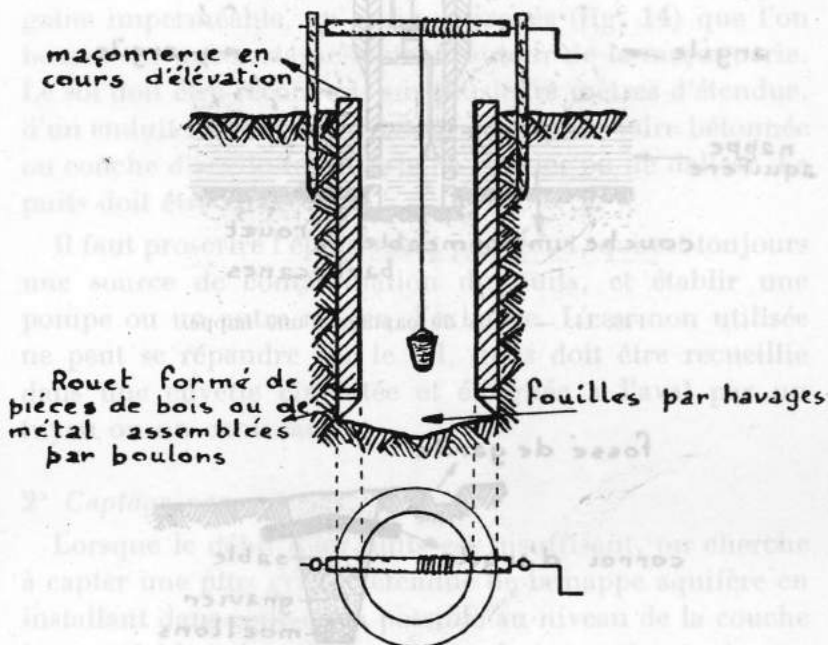


FIG. 13. — Construction d'un puits en maçonnerie sur rouet.

#### 1° Captage par puits.

On construit un puits de faible profondeur en creusant une fouille étançonnée que l'on maçonne ensuite, ou, mieux, en effectuant la maçonnerie au fur et à mesure que progresse la fouille. Dans ce dernier cas, la maçonnerie, à l'intérieur et au-dessous de laquelle on creuse (havage), descend par son propre poids. Le pied de la maçonnerie porte sur un « rouet », sorte de cercle biseauté qui soutient les premières assises (fig. 13).

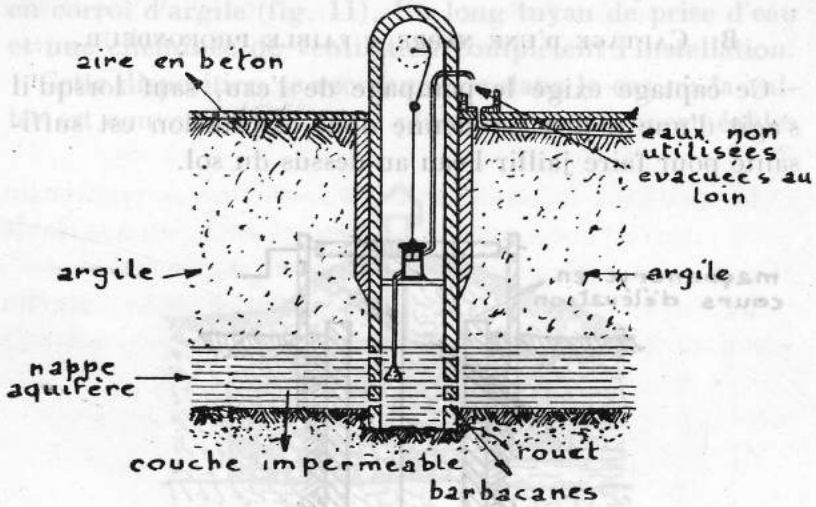


FIG. 14. — Puits de captage d'une nappe.



FIG. 15. — Coupe dans une galerie de captage.

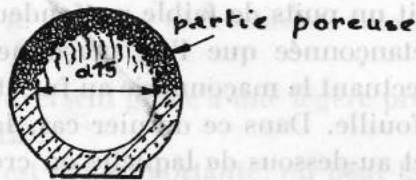


FIG. 16. — Drain en béton ou en terre cuite.

Le puits est descendu le plus bas possible dans la nappe aquifère. S'il atteint la couche imperméable, il faut ménager, à la partie inférieure, des orifices (nids d'hirondelles ou barbacanes).

Si le puits émerge du sol, la margelle doit être suffisamment haute; il doit être entouré d'un anneau ou d'une gaine imperméable, en argile corroyée (fig. 14) que l'on bourre sur une certaine hauteur autour de la maçonnerie. Le sol doit être recouvert, sur plusieurs mètres d'étendue, d'un enduit imperméable entourant le puits (aire bétonnée ou couche d'argile recouverte de gravier ou de dalles). Le puits doit être couvert.

Il faut proscrire l'épuisement par seaux, qui est toujours une source de contamination du puits, et établir une pompe ou un autre moyen d'exhaure. L'eau non utilisée ne peut se répandre sur le sol, mais doit être recueillie dans une cuvette cimentée et éloignée à l'aval par un tuyau ou un caniveau.

## 2° *Captage par galeries.*

Lorsque le débit d'un puits est insuffisant, on cherche à capter une plus grande étendue de la nappe aquifère en installant dans celle-ci, si possible au niveau de la couche imperméable, des drains ou galeries présentant une légère pente.

Le drain le plus simple est une pierrée établie en tranchée (fig. 15) et recouverte d'un toit imperméable en argile corroyée, sur lequel le terrain naturel est remis en place.

Les drains peuvent être en maçonnerie de pierres sèches (fig. 17) ou au mortier (fig. 8), ou encore en éléments de béton ou de terre cuite (fig. 16).

Les galeries peuvent être simples ou ramifiées. L'eau collectée est recueillie en un puits établi comme expliqué précédemment.

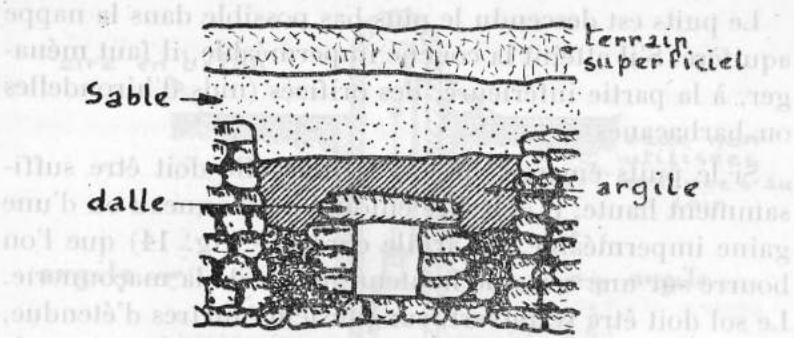


FIG. 17. — Galerie de captage en pierres sèches

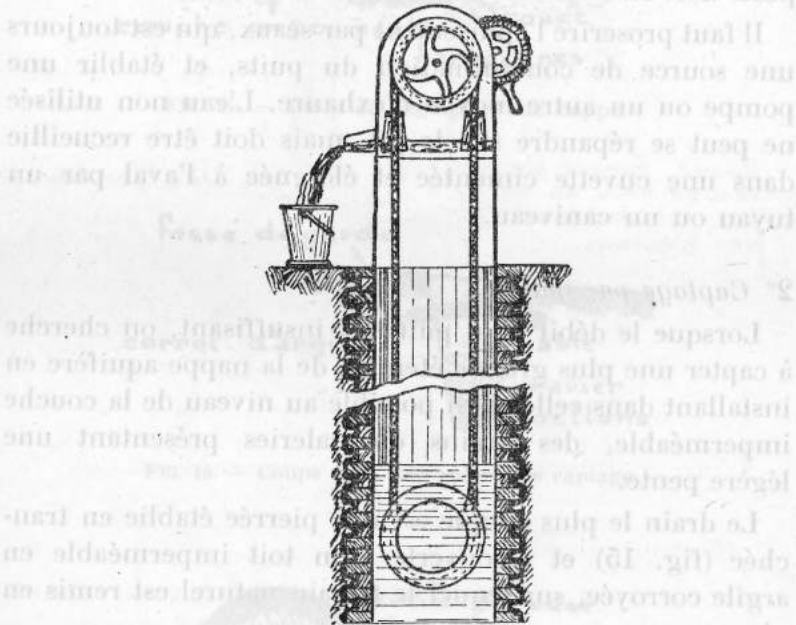


FIG. 18. — Pompe à contrepoids.

Quel que soit le système, les galeries sont sujettes à se colmater. C'est pourquoi il arrive que le débit diminue après quelques années. Il ne faut pas alors prolonger les galeries, mais bien les ouvrir et les reconstruire.

3° *Pompage.*

On aura recours aux pompes de modèle simple en se souvenant que la hauteur d'aspiration maximum est de 6 m environ.

Si la profondeur est plus grande, il faut descendre dans le puits une pompe aspirante-foulante commandée par une longue tige (le type Letestu est très répandu au Congo belge), ou bien un engin à contrepoids. Dans ce dernier type, l'eau est retenue dans des « cellules » d'une bande flexible ou d'une chaîne entourée d'une « spirale », qu'un contrepoids maintient tendue; l'engin est mû par une manivelle. (Voir fig. 18.)

Léopoldville, le 17 avril 1937.

*Le Chef du Service des Travaux Publics  
du Gouvernement Général,*

**E. DEVROEY.**

Ingénieur en chef.



**SOMMAIRE DE L'ANNEXE.**

	Pages.
I. But de la note ... ..	1007
II. Origines de l'eau ... ..	1007
A. — Nappe aquifère ... ..	1007
B. — Sources ... ..	1008
III. Recherche de l'eau ... ..	1008
IV. Principes généraux du captage ... ..	1010
V. Mesure du débit d'une source ou d'une nappe ... ..	1010
VI. Examen et analyse de l'eau ... ..	1011
Analyse au laboratoire . ... ..	1012
Contamination ... ..	1014
VII. Captage de l'eau ... ..	1015
A. — Sources ... ..	1015
B. — Nappe à faible profondeur ... ..	1023

Quel que soit le système, les galeries sont sujettes à se colmater. C'est pourquoi il arrive que le débit diminue après quelques années. Il ne faut pas alors prolonger les galeries, mais bien les ouvrir et les reconstruire.

Présentation par M. E. De Jonghe, du rapport de M. A. Burs- sens. — Voorlegging door de heer E. De Jonghe, van het verslag van de heer A. Bursens : Notice sur l'emploi des signes typographiques en linguistique congolaise ... ..	828-829
Présentation par M. E. De Jonghe, d'une note du R. P. L. De Boeck. — Voorlegging door de heer E. De Jonghe, van een nota van E. P. L. De Boeck : Note sur la langue des Apakabete . . . . .	834
Hommage d'ouvrages. — Present-exemplaren ... ..	830
Comité secret ... ..	833
Geheim comité . . . . .	831

**Section des Sciences naturelles et médicales.**

**Sectie voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen.**

Séance du 19 novembre 1949 ... ..	844
Zitting van 19 November 1949 . . . . .	845
Décès de M. J. Claessens. — Overlijden van de heer J. Claes- sens . . . . .	844-845
Communication administrative ... ..	844
Administratieve mededeling ... ..	845
Rapport par M. J. Van Riel, de l'étude de MM. N. Himpe et L. Pierquin. — Verslag door de heer J. Van Riel van de studie van de heren N. Himpe en L. Pierquin : Un essai de prophylaxie antipaludique en milieu rural indi- gène ... ..	846-847
Présentation par M. A. Dubois, d'une étude du R. P. A. Bouil- lon. — Voorlegging door de heer A. Dubois, van een studie van E. P. A. Bouillon : Bibliographie des Schistosomes et des Schistosomiasis humaines et animales de 1931 à 1948. . . . .	846-847
Hommage d'ouvrages. — Present-exemplaren ... ..	846
Séance du 17 décembre 1949 ... ..	856
Zitting van 17 December 1949 . . . . .	857
Présentation par M. L. Hauman, d'une étude de M. P. Duvig- neaud. — Voorlegging door de heer L. Hauman van een studie van de heer P. Duvigneaud : Les « Uapaca » (Euphor- biacées) . . . . .	863
Hommage d'ouvrages. — Present-exemplaren ... ..	860
Comité secret ... ..	862
Geheim comité . . . . .	861

**Section des Sciences techniques.**  
**Sectie voor Technische Wetenschappen.**

	Pages. — Bladz.
Séance du 25 novembre 1949 ... .. .	894
Zitting van 25 November 1949 . . . . .	895
Communication administrative ... .. .	894
Administratieve mededeling ... .. .	895
Communication de M. I. de Magnée. — Mededeling van de heer I. de Magnée: Quelques aspects de l'emploi du compteur Geiger-Müller en prospection minière ... .. .	900
Présentation par M. E.-J. Devroey, d'une étude de M. J. Ghilain. — Voorlegging door de heer E.-J. Devroey van een studie van de heer J. Ghilain: Remorquage en poussée au Congo belge ... .. .	929
Présentation par M. E.-J. Devroey, d'une étude de M. J. Van der Straeten. — Voorlegging door de heer E.-J. Devroey, van een studie van de heer J. Van der Straeten: Triangu- lation du Katanga. Les bases géodésiques. Mesure de la base de Gandajika . . . . .	945
Hommage d'ouvrages. — Present-exemplaren ... .. .	896
Séance du 23 décembre 1949 ... .. .	998
Zitting van 23 December 1949 . . . . .	999
Communication de M. E.-J. Devroey. — Mededeling van de heer E.-J. Devroey: A propos de l'alimentation en eau pota- ble des collectivités indigènes du Congo belge ... .. .	1001
Hommage d'ouvrages. — Present-exemplaren ... .. .	998
Comité secret ... .. .	998
Geheim comité . . . . .	999