

b 10690153

NATIONS UNIES
CONSEIL
ECONOMIQUE
ET SOCIAL



Distr.*
LIMITEE
E/CN.14/CART/85
E/CONF.43/85
12 juillet 1963
FRANCAIS
Original: ANGLAIS

CONFERENCE CARTOGRAPHIQUE REGIONALE
DES NATIONS UNIES POUR L'AFRIQUE
Nairobi (Kenya), 1-13 juillet 1963
Point 13(c) de l'ordre du jour provisoire

LEVES GEODESIQUES EFFECTUES EN AFRIQUE CENTRALE
PAR LE GENIE CIVIL DES ETATS-UNIS

(communication du Gouvernement des Etats-Unis d'Amérique)

* Aux participants seulement

LEVES GEODESIQUES EFFECTUES EN AFRIQUE CENTRALE
PAR LE GENIE CIVIL DES ETATS-UNIS

par

D.L. MILLS

Chef du Department of Geodesy

Service cartographique de l'armée des Etats-Unis
Washington 25, D.C.

L'Afrique, avec une superficie de 30 millions de kilomètres carrés, soit un peu plus du cinquième de la superficie totale des terres émergées est le deuxième continent du monde par ordre de grandeur.

Pour dresser des cartes de cet immense continent, il convient d'établir un réseau de points de repère fondamental sur toute son étendue, en prenant de préférence un système de référence unique. Ce réseau peut ne pas être dense, mais il doit être suffisamment précis pour permettre de porter les points de repère à la densité requise dans les zones choisies pour faire l'objet de cartes à grande échelle.

Heureusement, il s'est trouvé en Afrique des hommes qui voyaient loin et qui ont posé les fondations à partir desquelles la génération actuelle peut continuer avec confiance à travailler au développement économique de ce vaste continent. C'est Sir David Gill qui, dès 1879, lorsqu'il a été nommé astronome à l'Observatoire du Cap, a recommandé l'exécution d'une grande chaîne de triangulation le long du 30ème méridien, qui partirait du Cap pour aller jusqu'au Caire (Egypte). Cette chaîne devait servir de point de départ à toutes les opérations géodésiques ultérieures en Afrique. Le premier tronçon a été commencé en 1883 à Port Elizabeth, en Afrique du Sud, et depuis lors, les travaux relatifs à cet immense arc de plus de 6,000 kilomètres de long ont été effectués par intermittences, malgré d'énormes difficultés et d'une manière qui fait honneur aux nombreux géodésiens qui y ont participé.

A la fin de la deuxième guerre mondiale, il restait un tronçon d'environ 1.000 Km à terminer entre les plaines du Semliki, au sud du Lac Albert (Ouganda et Congo) et les Monts Nuba dans le Soudan méridional.

La partie la plus difficile de ce tronçon était la traversée du Sud, au Soudan, région plate qui borde le Bahr-el-Djebel entre les collines qui finissent près de Juba et les Monts Nuba au nord-ouest de Malakal. En effet, sur 500 km, il n'y a ni collines, ni dénivellations notables. En outre, pendant les dernières semaines de la saison des pluies, une bonne partie de la région est recouverte de quelques centimètres d'eau. On a longtemps considéré le levé de cette zone comme pratiquement irréalisable, mais en 1929 on a découvert un itinéraire possible à l'est du Sud.

Lors de la Conférence des géomètres topographes du Commonwealth, qui s'est tenue à Londres en juillet 1951, il a été question de l'achèvement de l'arc de triangulation. Les discussions se sont poursuivies en dehors de la Conférence et ont abouti à la présentation, aux Gouvernements du Soudan, de l'Ouganda et du Congo, d'une proposition concernant l'achèvement des travaux.

Cette proposition prévoyait qu'une équipe du Service cartographique de l'armée des Etats-Unis collaborerait avec les services topographiques des autres pays à la réalisation d'un projet destiné à compléter la triangulation.

A ce moment, le Service topographique du Soudan avait terminé la triangulation de l'arc à partir du point de raccordement avec le réseau d'Egypte jusqu'à la limite nord du Sud. Il avait minutieusement examiné les difficultés auxquelles il fallait s'attendre en poursuivant les travaux plus au sud, et dont la principale était peut-être celle du transport des tours d'acier employées pour les levés jusqu'aux stations. Afin de permettre aux véhicules lourdement chargés de franchir les monticules d'argile qui se forment pendant la saison sèche autour des racines des touffes d'herbes agglomérées, il était recommandé d'utiliser un gros tracteur muni d'un soc qui dégagerait le passage jusqu'à l'emplacement des tours. Deux tracteurs à chenilles munis de socs en V ont été expédiés d'Amérique et se sont révélés d'une très grande utilité.

Un autre facteur important dont il fallait tenir compte en organisant les opérations était la durée de la saison sèche qui se limite souvent à quatre mois, de décembre à fin mars. Par ailleurs, les eaux de crue du fleuve se retirant progressivement des zones basses du sud vers le nord; les stations situées à proximité du Bahr-el-Zeraf et de sa jonction avec le Nil Blanc sont inondées jusqu'à la fin de janvier. C'est pourquoi il a été décidé de commencer les opérations sur les collines près de Juba et de les poursuivre vers le nord. Il fallait qu'au moins la moitié des travaux de la région du Sudd soient terminés pendant la première saison sèche, à la fin de laquelle l'équipe devait se rendre en Ouganda et au Congo pour reprendre les opérations en direction du nord, jusqu'à Juba.

Le Service cartographique de l'armée des Etats-Unis a pris les mesures nécessaires à Washington pour se procurer le matériel et les fournitures et les expédier à Juba, via Port Soudan, pour la mi-novembre 1952. Le personnel fourni par les Etats-Unis comprenait 17 personnes, dont deux mécaniciens, deux conducteurs de bulldozers, ainsi que deux monteurs de tours d'acier. En décembre, l'équipe de triangulation a installé son camp à 8 km environ au nord-est de la base de Luluba. Là, comme pendant toute la durée des opérations qui ont nécessité l'emploi de tours d'acier, tous les membres de l'équipe vivaient dans un camp central où ils rentraient chaque jour avec tout leur matériel, à l'exception des bulldozers. Une équipe importante du Service topographique du Soudan, composée de conducteurs, d'opérateurs chargés des signaux, de monteurs de tours et d'un groupe permanent de manoeuvres, campait à proximité.

Le matériel comprenait vingt-trois véhicules, qui, à l'exception d'un, étaient tous des véhicules du parc automobile de l'armée des Etats-Unis, à quatre roues motrices et à double système de transmission. On n'a eu recours aux stocks abondants d'essieux de rechange, de moteurs et de boîtes de vitesse que très rarement et encore uniquement à titre provisoire, pendant que l'on faisait des réparations minimales sur les pièces originales. Les tours d'acier étaient des tours Bilby

de section triangulaire, de modèle périphérique et de modèle central mis au point par le Service de topographie côtière, et de géodésie des Etats-Unis. Huit tours de 103 pieds (31 mètres environ) et quatre tours de 50 pieds, (15 mètres environ) ont été prélevées sur les stocks du Service topographique du Soudan. Cinq autres tours provenaient des Etats-Unis.

Le matériel d'observation pour la triangulation faite avec les tours se composait d'un théodolite Wild T3, de deux tribraques en fonte d'aluminium qui servaient de support au théodolite et d'une bâche de protection adaptée à la tour. L'observateur portait également des lampes électriques pour guider les autres groupes d'observation, une autre pour communiquer avec les opérateurs chargés des signaux, un fanal pour l'opérateur chargé de relever les résultats et des piles sèches en quantité suffisante pour les besoins du travail de nuit. En outre, il portait généralement un indicateur optique de verticale pour centrer les lumières et le théodolite sur la station.

On a constaté que la reconnaissance dans le Sudd était, dans une large mesure, une question de navigation appliquée à une distance donnée et fondée sur les gisements magnétiques appropriés à partir d'un point préalablement déterminé. En évitant les rares bouquets de grands arbres, on a pu répartir les stations sur 15 milles (24 km environ) d'est en ouest, et sur 13 milles (environ 21 km) du nord au sud et obtenir que deux tours d'acier successives de 103 pieds de haut soient mutuellement visibles. Le tracé jusqu'au point préalablement choisi a été effectué par un cheminement à la boussole exécuté dans une jeep, d'abord sur la route, puis dans le sillage du bulldozer au fur et à mesure qu'il dégagait le chemin. Les distances étaient données par l'odomètre de la jeep et l'on vérifiait la direction du bulldozer à l'aide de la boussole. On a pu facilement obtenir une précision d'environ un demi-mille (800 mètres environ).

Les premières observations ont été faites en décembre depuis les stations de collines du réseau axé sur la base de Luluba. La base d'Ayod, située à 8° de latitude nord, a été choisie comme objectif final des travaux de triangulation pour la saison. Cette base est située sur une bande de sol sablonneux qui traverse du nord au sud sur une longueur de quelques kilomètres les couches d'argile noir environnantes. Le sol sablonneux constituait un support stable pour les bornes repères des extrémités de la base d'où il serait donc facile de faire repartir les travaux de l'année suivante.

On a adopté la méthode dite de la direction que le Service de topographie côtière et de géodésie des Etats-Unis utilise pour ses opérations de triangulation du premier ordre. Seize visées, directes et inverses, ont été faites à toutes les stations du programme principal. Si les résultats obtenus s'écartaient manifestement de la moyenne ils n'étaient pas retenus et l'on recommençait les observations avant de faire la moyenne arithmétique des résultats fournis par les seize visées. Lorsqu'il y avait plus de quatre secondes de différence entre les résultats obtenus et cette moyenne, on rejetait le chiffre en question et l'on recommençait l'observation avant de calculer la moyenne définitive. Les résultats de chaque station étaient ensuite évalués en fonction des fermetures des triangles et de la vérification des équations donnant les côtés. La fermeture de triangle maximale était limitée à 2 secondes, la fermeture moyenne à moins de 0,7 seconde.

Toutes les observations étaient faites de nuit avec des lampes à piles sèches de 1 1/2 volts. Lorsque les conditions étaient favorables, on commençait les observations aussitôt que toutes les lumières étaient perceptibles. Mais la saison sèche dans le sud du Soudan est également la saison des incendies de brousse. Il était rare que la visibilité de jour ou de nuit ne soit pas gênée par la fumée et la chaleur dégagées par un incendie de brousse. Les résultats obtenus pendant la première saison, au cours des quelques nuits sans

incendies, ont montré que ce terrain plat avec sa végétation uniforme se prêtait admirablement à une bonne triangulation. Dans des conditions aussi favorables, les fermetures de triangles étaient petites (moins de 0,4 seconde en moyenne).

Une fois que la triangulation du réseau appuyé sur la base d'Ayod a été terminée en mars, les tours ont été démontées et déposées, avec les tracteurs, dans le village de Duk Fadiat. Tout le matériel dont on n'avait pas besoin pour la triangulation en Ouganda a été renvoyé à Juba pour y être entreposé. Le personnel ouvrier recruté au nord de Bor a été renvoyé dans ses villages d'origine, tandis que les conducteurs du Service topographique du Soudan et leurs assistants partaient pour Khartoum.

En avril, le déplacement vers Fort Portal, qui avait été choisi comme premier camp en Ouganda, s'est effectué en deux convois. Le premier, qui groupait les véhicules légers des équipes d'observation, véhicules qui pouvaient traverser tous les ponts et emprunter tous les ferrys, est passé par le ferry de Butiaba. Les véhicules lourds, contournant tous les ferrys de l'Ouganda et du Congo, se sont dirigés vers le sud-est sur 400 milles (environ 640 km) jusqu'à Busia, près de la frontière du Kenya, puis vers l'ouest sur 300 milles (environ 480 km) pour atteindre Fort Portal. Là, un avion de Haviland "Beaver" équipé d'un pilote et d'un mécanicien a été affecté à l'équipe. Non seulement il était très utile pour les reconnaissances, mais il permettait de rester en étroit contact avec les équipes d'observation dispersées dans les montagnes de l'Ouganda et du Congo et leur distribuait courrier, messages et provisions.

Au début de mai, le réseau appuyé sur la base de Semliki, dont on avait utilisé les 5 stations primitives et auquel on avait ajouté une sixième station pour en renforcer la densité, a fait l'objet d'observations. La pluie, le brouillard et la brume obscurcissaient la plaine et les montagnes étaient couvertes de nuages. Les conditions ne se sont guère améliorées pendant les trois mois suivants. La plus grande partie du temps passé aux stations l'était à attendre les signaux qui n'étaient jamais perceptibles à l'oeil nu sur les lignes de visée les plus longues et

que l'on n'apercevait jamais pour bien longtemps avec le télescope du théodolite. Mais rares ont été les nuits où le travail n'ait absolument rien donné.

Les messages étaient échangés en morse, à l'aide de signaux. Une fois les observations usuelles terminées, on en communiquait les résultats à la première équipe qui calculait rapidement les triangles et en vérifiait les côtés. Si les résultats répondaient aux critères voulus, on faisait signe aux observateurs de gagner les stations suivantes. Dans le cas contraire, on demandait aux observateurs dont les résultats semblaient insuffisants de reprendre leurs observations et, en cas de divergences trop masquées l'ensemble des équipes devaient reprendre les observations de tous les éléments du réseau.

Le camp principal a été déplacé de Fort Portal à Irumu, au Congo, en juillet, de là à Arua en Ouganda et en septembre au nord de Juba, au Soudan. Les observations se sont poursuivies dans des conditions qui s'amélioraient lentement en juin, juillet et août. Les observations nécessaires pour terminer le tronçon entre la base de Semliki et celle de Luluba ont été achevées fin octobre. Quatre stations du réseau appuyé sur la base de Luluba dont les observations avaient été gênées la saison précédente par les incendies de brousse, ont fait l'objet de nouvelles observations à la faveur de conditions plus favorables.

Au début de décembre, la grand'route qui va vers le nord jusqu'à Duk Fadiat ayant été ouverte aux véhicules légers, les conducteurs des bulldozers et les monteurs de tours d'acier se sont déplacés vers le nord pour mettre les tracteurs en état et se préparer à monter à nouveau les tours aux extrémités de la base d'Ayod. Peu après, le reste de l'équipe a quitté Juba avec les poids lourds pour gagner l'emplacement d'un camp qui avait été choisi près de Chieth à 40 milles (64 km environ) au nord d'Ayod. Il a été possible de faire les observations avant que l'herbe ne soit suffisamment desséchée pour

prendre feu facilement et l'on a obtenu partout d'excellents résultats. Les travaux ont progressé rapidement dans l'ensemble, et les sept quadrilatères entre Ayod et le Nil Blanc ont pu être achevés en trois semaines. Une fois terminés tous les calculs géodésiques relatifs aux stations situées au sud du Nil et munies de tours, les bulldozers et les tours ont été transportés par ferry de l'autre côté du fleuve, à 20 milles (32 km environ) environ à l'ouest de Malakal. Le fleuve baissait alors rapidement, toutes les stations étaient accessibles et les observations ont été vite terminées. La jonction avec trois stations des Monts Nuba, au sud de la base d'Abu Qarn, a été assurée dans la nuit du 27 janvier. L'arc du 30ème méridien était achevé.

Les résultats des travaux de triangulation effectués pendant les deux saisons, y compris la réutilisation de 5 stations du réseau appuyé sur la base de Semliki et de 3 stations du réseau appuyé sur la base d'Abu Qarn sont les suivants :

Longueur de l'arc (kilomètres)	1.000
Nombre de stations occupées	109
Nombre de stations munies de tours	63
Nombre de directions observées	571
Nombre de triangles	253
Fermeture de triangle maximale	2",11
Fermeture de triangle moyenne	0",58
Nombre de fermetures de triangle positives	148
Nombre de fermetures de triangles négatives	99

On trouvera ci-après les fermetures d'une base à l'autre correspondant à la différence entre la longueur mesurée et la longueur calculée sur place au moyen de la meilleure chaîne de triangles, les directions ayant été ramenées au niveau de la mer:

De la base de Semliki à la base de Luluba	1:310.000
De la base de Luluba à la base de Kwidok	1:120.000
De la base de Kwidok à la base d'Ayod	1:114.000
De la base d'Ayod à la ligne G93-G94	1:161.000

1/ La figure qui accompagne le texte anglais sera reproduite dans le texte français définitif.

L'achèvement de l'arc africain du 30ème méridien apporte une contribution importante dans l'étude de la configuration de la terre. Il est toutefois nécessaire, pour cette étude de procéder à la compensation simultanée de l'arc sur toute sa longueur entre Le Caire et Port Elizabeth. Il est indispensable, à cette fin, de disposer d'un nombre suffisant de stations de Laplace, ainsi que d'observations astronomiques de longitude en plus des observations d'azimut et de latitude. Il existait un grand nombre d'observations astronomiques pour tout l'arc, mais la plupart avaient trait à la latitude et à l'azimuth, et très peu à la longitude.

C'est pourquoi on a adopté en 1953 un programme de coopération prévoyant l'observation d'un nombre suffisant de stations de Laplace sur toute la longueur de l'arc en prévision d'une compensation ultérieure. Après avoir terminé les observations sur 10 stations d'Egypte, un groupe de cinq techniciens des Etats-Unis a exécuté les observations suivantes sur le segment central de l'arc : trois stations en Ouganda (Arua, Makoga, Buhungurua), quatre stations au Tanganyika (Nyamanyama, Kinyika, Wakole, Ntiri), quatre stations en Rhodésie du Nord (Kaseshya, Kabali, Chatuntile, Kanyaruwe).

Les latitudes et les longitudes ont été observées à l'aide du télescope des passages coudé de Bamberg et accessoires suivants : récepteur de radio Hammerlund modèle SP-600, oscillographe et amplificateur Brush, chronographe à tambour (du type Gaertner) et chronomètres sidéraux. Les azimuts ont été observés à l'aide du théodolite Wild T-3 et des accessoires nécessaires.

Les observations des latitudes se sont faites par la méthode Horrebow-Talcott avec environ 24 à 36 couples d'étoiles pour chaque latitude. Les observations des longitudes se sont faites par la méthode des passages en méridien, avec 6 à 9 séries d'enregistrement d'heure pour chaque longitude. Chaque série était composée de 6 à 8 étoiles, dont la moitié était observée au nord et l'autre moitié au sud du zénith, et elle était encadrée de signaux horaires émis de

Washington DC, de Rugby (Angleterre) ou de Johannesburg (Afrique du Sud).

Les azimuts astronomiques ont été observés par l'équipe de triangulation à l'aide de Polaris aux stations de Laplace du Soudan, au sud de la base d'Abu Qarn, et aux stations d'Arua et de Makoga en Ouganda. A 3° de latitude nord environ, Polaris était nettement visible au-dessus de l'horizon. Les étoiles est-ouest à l'élongation ont été observées pour les azimuts dans la région équatorial. En Rhodésie du Nord, on s'est servi de l'étoile circompolaire de l'hémisphère austral Sigma Octantis.

Les observations astronomiques de l'arc ont été effectuées au Soudan par le Service topographique de ce pays et, dans la Rhodésie du Sud et la République Sud-Africaine, par le Service trigonométrique de Mowbray. Un certain nombre de nouvelles stations de Laplace ont été établies depuis 1954.

Au cours de la période 1960-62, le Service topographique du Soudan a observé une chaîne de triangulation, partant de la base de Quleit, sur l'arc du 30ème méridien, et s'étendant vers l'ouest, entre le 13ème et le 14ème parallèle, jusqu'à la frontière du Tchad (triangulation Kordofan-Darfur). Le Génie civil des Etats-Unis et l'AID ont aidé le Service topographique soudanais à mesurer quatre bases en mettant à sa disposition un géodimètre AGA accompagné de tous les accessoires nécessaires et une équipe de trois opérateurs. De plus, cinq stations de Laplace ont été établies le long de cette chaîne à l'aide d'appareils Wild T-4 et T-3 du Service topographique soudanais. Le matériel accessoire (radio, chronographe, chronomètre et amplificateur) était fourni par le Génie civil des Etats-Unis. Pour établir un profil du géoïde, on a observé sur l'arc neuf positions astronomiques du deuxième ordre. Des mesures gravimétriques ont également été effectuées dans une vingtaine de stations, à l'aide d'un gravimètre Lacoste-Romberg.

Au cours des 100 dernières années, on a exécuté en Afrique beaucoup d'excellents travaux topographiques. De bons réseaux géodésiques reliés entre eux couvrent environ un quart du continent. Le reste a fait l'objet d'un grand nombre de levés locaux utiles, mais les zones non reconnues sont encore vastes. L'objectif auquel il faut tendre, bien entendu, est le tracé d'un réseau continental unifié qui permettent les travaux cartographiques, la délimitation et la définition précises des frontières, ainsi que les levés nécessaires au développement, sur le plan national, des travaux publics et de l'entreprise privée.

Ce but peut être atteint par des années d'efforts intenses à l'échelon strictement national, les résultats obtenus étant proportionnels aux ressources employées. Mais il serait atteint de manière plus efficace et plus économique par des efforts organisés de façon rationnelle, portant sur de vastes étendues et auxquels prendraient peut-être part de nombreux pays. Il y aurait de sérieux avantages à mettre les ressources matérielles en commun et à les utiliser au maximum pendant toute la durée des diverses campagnes d'opération. Il semble donc que la conférence devrait s'attacher particulièrement à étudier les moyens de préparer et d'exécuter un plan de cette envergure.

- - - - -