





DOCUMENTS SCIENTIFIQUES
DE LA MISSION TILHO

(1906-1909)

TOME PREMIER

PRÉFACE. — INTRODUCTION.

LAC TCHAD. — NOTICE GÉOGRAPHIQUE.

LAC TCHAD. — NOTICE ASTRONOMIQUE.

LAC TCHAD. — NOTICE MÉTÉOROLOGIQUE.

LAC TCHAD. — NOTICE ALTIMÉTRIQUE.

LAC TCHAD. — NOTICE MAGNÉTIQUE.

D.R. 529558

BH-04 5.450, A

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DES COLONIES

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES
DE LA MISSION TILHO
(1906-1909)

TOME PREMIER



Bibliothèque Historique du CIRAD
45 bis Avenue de la Belle Gabrielle
94736 NOGENI SUR MARNE

PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

MDGCCCX

1910

CIRAD



000069971

MISSION NIGER-TCHAD (1906-1909).



Serg^t BROCARD.

Capit. LAUZANNE.

Capit. VIGNON.

Adj^t THIBAUT.

S.-lieut^t RICHARD.

Lieut^t MERCADIER.

Adj^t SCHNEIDER.

Serg^t COSSON.

D^r GAILLARD.

Officier interprète LANDERGIN.

Géologue GARDE.

Cap. TILHO, chef de mission.

Lieut^t de vaisseau AUDOIN.

PRÉFACE.

L'époque est bien peu éloignée encore où le nom du Tchad évoquait en nous une idée de mystère. Cette mer intérieure africaine, soupçonnée par les uns sur les dires des traitants, entrevue par les autres, au prix de combien de peines et de dangers, tantôt comme un lac presque comparable à un océan avec ses marées et ses tempêtes, tantôt comme un simple marécage aux rives inhospitalières, indécises et en quelque sorte inabordables, semblait défier autant la sagacité des géographes que l'énergie et la persévérance des plus vaillants explorateurs. Il faut arriver aux grands voyages de Barth et d'Overweg, en 1851, pour trouver des Européens ayant eu la gloire d'explorer réellement le Tchad, de naviguer sur ses eaux et de visiter une partie de ses archipels. Mais, ni Overweg qui meurt à Madouari, ni ses successeurs von Beurmann, Rohlf et Nachtigal, ni même le lieutenant-colonel Monteil, qui le premier atteignait le Tchad par l'Ouest, n'avaient pu entreprendre l'étude méthodique du grand lac, en raison de la faiblesse de leurs moyens d'action et de l'insécurité de ces régions. Ce travail restait toujours à faire.

A partir de 1897, les événements changent de face; dès cette année, Gentil réussit à faire passer de l'Oubanghi dans le Chari, et de là au Tchad, un petit vapeur le *Léon Blot*; et en 1900, la défaite de Rabah, à la suite de la concentration des trois missions françaises Foureau-Lamy, Joalland-Meynier et Gentil, permet l'occupation définitive du bassin du Tchad. Le voile qui n'avait encore été soulevé que par endroits va pouvoir se déchirer tout à fait.

Le partage des territoires africains amène l'intervention des commissions de délimitation. Le Tchad se trouve au croisement des

frontières des possessions allemandes, anglaises et françaises; il est donc indispensable d'en fixer les limites précises. L'étude détaillée de la région s'impose : commencée par la Commission anglo-française de délimitation du Niger au Tchad, qui a comme chef de la Section française le capitaine Moll et où le capitaine Tilho est déjà spécialement chargé de dresser la carte générale du lac, elle est achevée par la seconde Commission de délimitation franco-anglaise, sous la direction du major R. P. O'Shée pour le Gouvernement anglais et du capitaine Tilho pour le Gouvernement français. Ce qui caractérise cette dernière entreprise et lui donne une importance toute spéciale, c'est que la mission française, constituée non seulement en commission de délimitation, l'est aussi en mission scientifique, chargée d'exécuter les recherches les plus complètes sur la géographie générale des régions qu'elle doit traverser. Le programme des études est tracé par M. Georges Leygues, Ministre des Colonies, sous les auspices duquel la mission est organisée et mise en route, le 25 octobre 1906. Rentrée en France au commencement de 1909 après plus de deux ans d'absence, ayant réalisé son programme de la façon la plus complète et réussi au delà de ce que l'on pouvait espérer, elle publie aujourd'hui les résultats de ses travaux scientifiques.

Je remercie bien vivement son chef, mon camarade le capitaine Tilho, de m'avoir réservé l'honneur de présenter aux lecteurs l'ensemble de son œuvre.

Les documents scientifiques et géographiques recueillis par la Mission Niger-Tchad sont considérables; et si l'on se représente en outre que ces travaux ont été exécutés tout en procédant aux opérations délicates et souvent difficiles d'un tracé de frontière, on ne peut qu'admirer sans ménagements l'énergie et la science déployées par tous les membres de la Mission. Rien n'a échappé à leurs investigations : leurs travaux ne comportent pas seulement le levé de la carte du Tchad et des régions qui s'étendent à l'Est du lac jusqu'au Borkou, mais encore des études sur les variations des

niveaux du lac, sur son altitude et celle des dépressions avoisinantes, sur la météorologie et la climatologie de la région, sur le magnétisme, sur l'histoire et l'ethnographie des populations. On peut juger, même par ce court exposé, quel précieux apport à la géographie générale du Centre de l'Afrique constitue cet ensemble d'observations.

Réunir les éléments d'une grande carte, déterminer avec précision de nombreuses positions géographiques, recueillir de multiples collections dans toutes les branches de l'histoire naturelle, observer méthodiquement la climatologie des régions parcourues est évidemment de toute première importance dans l'exploration d'une région aussi peu connue. Mais où l'œuvre devient non seulement utile mais féconde, c'est quand, à l'exemple du capitaine Tilho, on profite de l'expérience acquise pour enseigner à ses successeurs les méthodes à employer et les écueils à éviter, de façon à leur permettre d'exécuter ultérieurement un travail équivalent.

C'est ainsi que l'exposé des résultats obtenus et des méthodes utilisées par la Mission Tilho se trouve devenir un traité qui pourra sans conteste être qualifié de classique en tout ce qui concerne la détermination astronomique des positions géographiques en exploration.

L'on ne saurait accorder trop d'attention à la partie qui traite du transport du temps. D'ordinaire, et avec juste raison dans la plupart des cas, on considère en effet le transport du temps à terre comme peu susceptible de procurer avec quelque précision les différences de longitude entre les divers points remarquables d'un itinéraire. Le capitaine Tilho a donné un démenti formel à cette opinion. La comparaison en certains points des longitudes obtenues par diverses méthodes, démontre que de grandes précautions prises en cours de route, jointes à une étude et à une discussion méthodique des chronomètres, permettent de déterminer les différences de longitude avec toute la précision désirable en exploration, c'est-à-dire avec une approximation de 1 à 2 secondes de temps.

C'est, il nous semble, la première fois qu'un semblable résultat est obtenu. Mais il faut méditer tout spécialement l'exposé des soins matériels minutieux apportés aux chronomètres en cours de route, et l'une des innovations les plus originales, que l'expérience des campagnes antérieures a suggérée au capitaine Tilho, est certainement la promenade des montres pendant les journées de stationnement afin de les maintenir toujours dans les mêmes conditions, quelles que fussent celles où se trouvait la mission. L'exposé des méthodes employées pour la discussion des résultats forme, ainsi que nous l'avons dit, un véritable traité de la question des plus utiles à consulter par tous ceux qui auront à faire dans la suite des observations analogues. M. l'ingénieur hydrographe en chef Driencourt, dont l'autorité est bien connue en pareille matière et dont l'obligeance est en même temps sans égale, a bien voulu, après avoir aidé le capitaine Tilho de ses conseils, résumer dans un paragraphe spécial les conclusions pratiques des méthodes employées.

Les longitudes absolues, obtenues par de nombreuses occultations d'étoiles en chaque station, ont été de même discutées d'une façon remarquable; grâce à l'obligeance des directeurs des observatoires de Paris, de Greenwich et de Washington, elles ont été corrigées, dans toute la mesure du possible, des incertitudes qui pèsent souvent sur ces déterminations.

Je ne puis, sans sortir de mon cadre, signaler toutes les méthodes et tous les procédés spéciaux imaginés par le capitaine Tilho et ses adjoints. J'appellerai cependant encore l'attention sur la méthode originale utilisée par la Mission pour déterminer les altitudes à l'aide de l'hypsomètre; ce procédé, dénommé «transport d'altitudes» par le capitaine Tilho, ne peut donner que d'excellents résultats, lorsqu'il est bien employé, comme il l'a été au cours de la Mission, et par des observateurs excessivement consciencieux.

Tel est donc, trop brièvement résumé, l'exposé des travaux

accomplis en deux ans par les courageux et persévérants explorateurs. Mais qui dira l'énergie déployée pour exécuter toutes les opérations, réunir tous les documents, faire journellement, sans jamais y faillir, ces observations minutieuses, ces comparaisons des montres, ces relèvements de pression et de température, ces mille opérations de détail enfin, dont l'oubli d'une seule compromet le résultat final? Leur exécution paraît, à l'exposé, chose bien simple et bien facile, mais leur renouvellement quotidien et ininterrompu, quels que soient la lassitude et l'énervement inévitables au cours d'une longue campagne, demande une volonté dont il est difficile de se rendre compte, et que ceux-là seuls qui ont passé par les mêmes épreuves peuvent concevoir et apprécier.

Honneur donc à ces vaillants, au chef de la Mission et à ses dévoués collaborateurs ainsi qu'au personnel auxiliaire si fidèle dont le concours ne s'est pas démenti un instant. Ils ont tous bien mérité de la Patrie et de la Science, et à tous nous garderons une profonde reconnaissance.

Colonel R. BOURGEOIS,

*Correspondant du Bureau des longitudes,
Chef de la Section de géodésie
au Service géographique de l'Armée.*

INTRODUCTION.

La Mission que nous avons eu à diriger depuis le 26 août 1906 avait pour objet principal de délimiter sur le terrain, de concert avec une mission anglaise dirigée par le major R. P. O'Shee, la frontière décrite par le traité du 29 mai 1906 entre les possessions françaises et britanniques du centre de l'Afrique s'étendant du Niger au lac Tchad.

De plus, nous devions recueillir, tout le long de notre itinéraire, les documents et les informations susceptibles de faire mieux connaître ces pays, sur la géographie desquels on n'était jusqu'alors qu'imparfaitement renseigné. Le programme des études et des recherches qu'il était désirable de faire dans ce but nous avait été tracé par M. Georges Leygues, Ministre des Colonies, sous les auspices duquel notre Mission fut organisée et mise en route⁽¹⁾.

Partie de France le 25 octobre 1906, notre Mission mit un peu plus de deux ans à accomplir son programme en Afrique et rentra en trois groupes qui débarquèrent à Bordeaux, successivement, de septembre à février 1909.

Le travail de classement et de mise au net des documents rapportés commença aussitôt (1^{er} février 1909).

I

L'ACTION DIPLOMATIQUE.

A la fin du xix^e siècle, pendant toute la période où s'est discutée la répartition des zones d'influence européenne en Afrique, deux préoccupations essentielles ont inspiré notre action diplomatique :

1^o Protection de l'Algérie et de la Tunisie contre toute attaque pouvant venir du Sahara;

⁽¹⁾ Voir pages xxxii et xxxiii.

2° Liaison effective des diverses possessions françaises de l'Afrique occidentale, entre elles d'abord, et avec le Congo ensuite, par Zinder et le lac Tchad.

Il fallait pour cela que la France obtînt, sur la lisière méridionale du Sahara, la possession d'une bande plus ou moins large, *mais continue*, de terres habitées, ce qui impliquait l'attribution à notre pays de la plus grande partie des cinq millions de kilomètres carrés qui constituent l'immense désert saharien; il ne fallut pas moins de quatre traités successifs entre la France et l'Angleterre pour atteindre ce but :

- 1° Déclaration du 5 août 1890;
- 2° Convention de Paris, 14 juin 1898;
- 3° Convention de Londres, 8 avril 1904;
- 4° Convention de Londres, 29 mai 1906.

1. — DÉCLARATION DU 5 AOÛT 1890.

Cette déclaration, qui concernait en première ligne Zanzibar et Madagascar, se bornait à indiquer, sans aucun détail, la ligne joignant Say sur le Niger à Baroa⁽¹⁾ sur la côte occidentale du Tchad, comme limite des zones d'influence respectives des deux puissances. Cette ligne de 1,200 kilomètres de longueur ne constituait pas à proprement parler un tracé de frontière, mais une simple indication sur les points que pouvait atteindre le mouvement d'expansion de l'une et de l'autre nation⁽²⁾.

2. — CONVENTION DE PARIS (14 JUIN 1898).

Ce n'est que huit ans plus tard que le tracé détaillé de la ligne Say-Baroa prévu par le précédent traité put être précisé; et, il faut

⁽¹⁾ Les négociateurs furent : pour la France, l'ambassadeur Waddington, et pour l'Angleterre, lord Salisbury.

⁽²⁾ «Le Gouvernement de Sa Majesté Britannique reconnaît la zone d'influence de la France au Sud de ses possessions méditerranéennes jusqu'à une ligne de Say sur le Niger à Baroa sur le lac Tchad, tracée de façon à comprendre dans la zone d'action de la Compagnie du Niger tout ce qui appartient équitablement au royaume de Sokoto, la ligne restant à déterminer par des commissaires à nommer.»

bien le reconnaître, d'une façon assez peu heureuse, faute de connaissances géographiques suffisantes sur cette région.

En effet, alors que le précédent tracé remplissait à peu près convenablement la condition de laisser à la France *une communication en terres habitées* depuis le Niger jusqu'au Tchad, le nouveau nous rejetait en plein Sahara et coupait complètement cette communication. On sait que les négociations qui aboutirent à la conclusion du traité du 14 juin 1898 avaient été engagées dans le but de régler toutes les compétitions franco-anglaises qu'avait fait naître, *dans la boucle du Niger*, l'enchevêtrement des itinéraires levés et des traités conclus par les envoyés des deux puissances; ce n'est que lorsque l'accord fut établi sur cette question primordiale que les deux gouvernements résolurent de parfaire l'œuvre accomplie en réglant, hors de la boucle du Niger, la question des rectifications à apporter à la ligne théorique de démarcation Say-Baroa.

Or, depuis la conclusion du traité de 1890, et malgré le remarquable voyage du colonel Monteil, nos connaissances géographiques sur cette partie de l'Afrique n'avaient pas augmenté autant qu'il eût été nécessaire pour aborder pratiquement cette discussion : on n'était guère mieux renseigné que huit ans auparavant sur les divisions naturelles et politiques de ces vastes régions⁽¹⁾, pas plus d'ailleurs que sur les conditions de vassalité ou d'indépendance des divers sultans les uns par rapport aux autres, ni sur les limites de la zone inhabitée et impraticable.

Les négociateurs anglais, désireux de sauvegarder le plus possible les intérêts de leurs protégés, exagéraient l'importance de ces roitelets et en particulier de celui de Sokoto; les négociateurs français manquaient d'éléments précis pour discuter les prétentions de leurs collègues anglais; par contre, ils savaient combien il devenait urgent d'aboutir, l'opinion publique s'énervant de plus en plus des deux côtés de la Manche à mesure que les négociations traînaient en longueur; aussi se bornèrent-ils à demander que les inflexions proposées de part

⁽¹⁾ Les documents de la Mission Cazemajou, 1897, n'arrivèrent à Paris qu'après la clôture des négociations.

et d'autre de la ligne Say-Baroa se fissent approximativement compensation, et le colonel Everett put marquer sur la carte le fameux arc de cercle de 100 milles de rayon qu'il considéra comme suffisant pour englober tous les territoires revenant *équitablement* au sultan de Sokoto.

Le tracé définitif de la frontière était décrit comme il suit :

ART. 3. Du point spécifié dans l'article 2 où la frontière séparant les possessions françaises et britanniques atteint le Niger, c'est-à-dire d'un point situé sur la rive droite de ce fleuve à 16,093 mètres (10 milles) en amont du centre de la ville de Guiris (Géré) [port d'Ilo], la frontière suivra la perpendiculaire élevée de ce point sur la rive droite du fleuve jusqu'à son intersection avec la ligne médiane du fleuve. Elle suivra ensuite, en remontant la ligne médiane du fleuve jusqu'à son intersection avec une ligne perpendiculaire à la rive gauche et partant de la ligne médiane du débouché de la dépression ou cours d'eau asséché qui, sur la carte n° 2 annexée au présent Protocole, est appelé Dallul Mauri et y est indiqué comme étant situé à une distance d'environ 27,359 mètres (17 milles) mesurés à vol d'oiseau d'un point sur la rive gauche en face du village ci-dessus mentionné de Guiris (Géré).

De ce point d'intersection, la frontière suivra cette perpendiculaire jusqu'à sa rencontre avec la rive gauche du fleuve.

ART. 4. A l'Est du Niger, la frontière séparant les possessions françaises et britanniques suivra la ligne indiquée sur la carte n° 2 annexée au présent Protocole.

Partant du point sur la rive gauche du Niger indiqué à l'article précédent, c'est-à-dire la ligne médiane du Dallul Mauri, la frontière suivra cette ligne médiane jusqu'à sa rencontre avec la circonférence d'un cercle décrit du centre de la ville de Sokoto avec un rayon de 160,932 mètres (100 milles). De ce point, elle suivra l'arc septentrional de ce cercle jusqu'à sa seconde intersection avec le 14° degré de latitude Nord. De ce second point d'intersection, elle suivra ce parallèle vers l'Est sur une distance de 112,652 mètres (70 milles), puis se dirigera au Sud vrai jusqu'à sa rencontre avec le parallèle 13° 20' de latitude Nord, puis vers l'Est suivant ce parallèle sur une distance de 402,230 mètres (250 milles), puis au Nord vrai jusqu'à ce qu'elle rejoigne le 14° parallèle de latitude Nord, puis vers l'Est sur ce parallèle jusqu'à son intersection avec le méridien passant à 35' Est du centre de la ville de Kuka, puis ce méridien vers le Sud jusqu'à son intersection avec la rive Sud du lac Tchad.

Le Gouvernement de la République française reconnaît comme tombant dans la sphère britannique le territoire à l'Est du Niger compris entre la ligne susmentionnée, la frontière anglo-allemande et la mer.

Le Gouvernement de Sa Majesté Britannique reconnaît comme tombant dans la

sphère française les rives Nord, Est et Sud du lac Tchad qui sont comprises entre le point d'intersection du 14° degré de latitude Nord avec la rive occidentale du lac et le point d'incidence sur le lac de la frontière déterminée par la Convention franco-allemande du 15 mars 1894.

ART. 5. Les frontières déterminées par le présent Protocole sont inscrites sur les cartes numéros 1 et 2 ci-annexées.

Les deux Gouvernements s'engagent à désigner dans le délai d'un an pour les frontières de l'Ouest du Niger et de deux ans pour les frontières à l'Est de ce même fleuve, à compter de la date de l'échange des ratifications de la Convention qui doit être conclue aux fins de confirmer le présent Protocole, des commissaires qui seront chargés d'établir sur le terrain les lignes de démarcation entre les possessions françaises et britanniques en conformité et suivant l'esprit des stipulations du présent Protocole.

En ce qui concerne la délimitation de la portion du Niger dans les environs d'Ilo et du Dallul Mauri visée à l'article 3, les commissaires chargés de la délimitation, en déterminant sur les lieux la frontière fluviale, répartiront équitablement entre les deux Puissances contractantes les îles qui pourront faire obstacle à la délimitation fluviale telle qu'elle est décrite à l'article 3.

Il est entendu entre les deux Puissances contractantes qu'aucun changement ultérieur dans la position de la ligne médiane du fleuve n'affectera les droits de propriété sur les îles qui auront été attribuées à chacune des deux Puissances par le procès-verbal des commissaires dûment approuvé par les deux Gouvernements.

ART. 6. Les deux Puissances contractantes s'engagent réciproquement à traiter avec bienveillance (*considération*) les chefs indigènes qui ayant eu des traités avec l'une d'elles se trouveront en vertu du présent Protocole passer sous la souveraineté de l'autre.

ART. 7. Chacune des deux Puissances contractantes s'engage à n'exercer aucune action politique dans les sphères de l'autre telles qu'elles sont définies par les articles 1, 2, 3 et 4 du présent Protocole. Il est convenu par là que chacune des deux Puissances s'interdit de faire des acquisitions territoriales dans les sphères de l'autre, d'y conclure des traités, d'y accepter des droits de souveraineté ou de protectorat, d'y gêner ou d'y contester l'influence de l'autre.

ART. 8. Le Gouvernement de Sa Majesté Britannique cédera à bail au Gouvernement de la République française, aux fins et conditions spécifiées dans le modèle du bail annexé au présent Protocole, deux terrains à choisir par le Gouvernement de la République française de concert avec le Gouvernement de Sa Majesté Britannique, dont l'un sera situé en un endroit convenable sur la rive droite du Niger entre Léaba et le confluent de la rivière Moussa (Mochi) avec ce fleuve et l'autre sur l'une des embouchures du Niger.

Chacun de ces terrains sera en bordure sur le fleuve sur une étendue de 400 mètres au plus et formera un tènement dont la superficie ne sera pas inférieure à 10 hectares, ni supérieure à 50 hectares. Les limites exactes de ces terrains seront indiquées sur un plan annexé à chacun des baux.

Les conditions dans lesquelles s'effectuera le transit des marchandises sur le cours du Niger, de ses affluents, de ses embranchements et issues, ainsi que le terrain ci-dessus mentionné situé entre Léaba et le confluent de la rivière Moussa (Mochi) et le point à désigner par le Gouvernement de la République française sur la frontière française, feront l'objet d'un règlement dont les détails seront discutés par les deux Gouvernements immédiatement après la signature du présent Protocole.

Le Gouvernement de Sa Majesté Britannique s'engage à donner avis quatre mois à l'avance au Gouvernement de la République française de toute modification dans le règlement en question, afin de mettre ledit Gouvernement français en mesure d'exposer au Gouvernement Britannique toutes représentations qu'il pourrait désirer faire.

ART. 9. A l'intérieur des limites tracées sur la carte n° 2 annexée au présent Protocole, les citoyens français et protégés français, les sujets britanniques et citoyens britanniques pour leurs personnes comme pour leurs biens, les marchandises et produits naturels ou manufacturés de la France et de la Grande-Bretagne, de leurs Colonies, possessions et protectorats respectifs jouiront, pendant 30 années à partir de l'échange des ratifications de la Convention mentionnée à l'article 5, du même traitement pour tout ce qui concerne la navigation fluviale, le commerce, le régime douanier et fiscal et les taxes de toute nature.

Sous cette réserve, chacune des deux Puissances contractantes conservera la liberté de régler sur son territoire et à sa convenance le régime douanier et fiscal et les taxes de toute nature.

Dans le cas où aucune des Puissances contractantes n'aurait notifié douze mois avant l'échéance du terme précité de trente années son intention de faire cesser les effets du présent article, il continuera à être obligatoire jusqu'à l'expiration d'une année à partir du jour où l'une ou l'autre des Puissances contractantes l'aura dénoncé.

En foi de quoi, les délégués soussignés ont dressé le présent Protocole et y ont apposé leurs signatures.

Fait à Paris en double expédition, le quatorze juin mil huit cent quatre-vingt-dix-huit.

Signé : René LECOMTE.

G. BINGER.

Martin GOSSELIN.

William EVERETT.

DIFFICULTÉS RÉSULTANT DE L'APPLICATION DE CE TRAITÉ.

Au lieu de laisser à la France une communication acceptable entre le Soudan et le Congo français, par Zinder et le Tchad, le tracé ci-dessus nous rejetait en plein désert : nos troupes allaient être obligées de réaliser de véritables tours de force pour assurer l'occupation et le ravitaillement de nos postes militaires.

En 1900, le Gouvernement français décide de procéder à l'occupation méthodique du territoire de Zinder, afin d'assurer pratiquement par le Tchad la liaison du Soudan et du Congo français⁽¹⁾.

Mais les premiers détachements qui sont envoyés du Niger vers l'Est (capitaine Moll, lieutenant Jigaudon, docteur Chapeyrou) à destination de Zinder; capitaine Figeac, à destination de Tahoua, juin-octobre 1900), constatent que la seule route vraiment praticable du Niger jusqu'à Zinder et jusqu'au Tchad est celle qui passe par Konni, Maradi, Tessaoua, Zinder et la vallée de la Komadougou Yoobé; une autre route, d'une praticabilité précaire, se tient plus au Nord, passant par Matankari, Illéla, Tahoua, Bouza, Dan Garki, Tessaoua, Zinder, Gouré, Chirmaleck et Mir. Malheureusement, sur la plus grande partie de leur parcours, l'une et l'autre route sont situées dans les territoires réservés à l'Angleterre; les quelques points qui restent à la France : Filingué, Tahoua, Zinder, N'Guigmi, sont séparés les uns des autres par de vastes espaces désertiques absolument privés d'eau⁽²⁾.

⁽¹⁾ On sait que, l'année précédente, les trois missions concentrées vers le Tchad : Mission Foureau-Lamy (Saharienne), partie de l'Algérie; Mission Joalland-Meynier (Afrique centrale), partie du Sénégal; Mission Gentil, partie du Congo français, avaient pu se concentrer dans la basse vallée du Chari, et, dans un combat décisif, un des plus meurtriers des temps modernes, anéantir la puissance du sultan Rabah qui fut tué au cours de l'action.

⁽²⁾ Certains coloniaux, insuffisamment ou inexactement renseignés, ont paru croire que le Gouvernement avait pris un peu à l'aveuglette la décision de faire occuper le territoire de Zinder. Le Ministre des colonies était alors M. Decrais et il possédait tous les renseignements qu'il était possible d'avoir à ce moment sur la région (rapports des Missions Afrique centrale et Saharienne). En outre, il venait d'être largement mis au courant de la question par un des membres du Parlement les plus documentés sur ces pays : le député Charles Dorian, qui venait d'effectuer la traversée du Sahara avec la Mission Foureau-Lamy, avait

Un peu plus tard, le lieutenant-colonel Péroz est chargé d'occuper et d'organiser l'ensemble de nos possessions comprises entre Niger et Tchad et réunies sous la dénomination officielle de 3^e territoire militaire de l'Afrique occidentale française, mais plus communément appelé « Territoire de Zinder ». Il dispose dans ce but d'un bataillon de tirailleurs sénégalais, d'un peloton de spahis sénégalais et d'une section d'artillerie; il est secondé par des officiers de grand mérite, au premier rang desquels est le commandant (actuellement colonel) Gouraud.

Le colonel Péroz cherche par tous les moyens à s'affranchir de l'obligation de traverser le territoire britannique pour gagner Tahoua et Zinder et à organiser une ligne d'étapes qui ne soit pas par trop insuffisante : « Les routes de Filingué à Tahoua par le désert d'Azaoua, de Guidam Bado (ou Bouza) à Tessaoua par El Hassan, de Zinder au Tchad par le désert de Mir, furent reconnues à la faveur de l'hivernage, lorsqu'à la suite des pluies d'orage on a chance de rencontrer de distance en distance, dans des creux de rocher ou dans les fonds argileux de quelques cuvettes, des flaques d'eau croupie, boueuse et puante, tous les jours un peu plus salies par les déjections des animaux porteurs que les convois y viennent abreuver.

« Au prix de souffrances et de privations inouïes, nos troupes réussirent à creuser un certain nombre de puits destinés à prolonger quelque temps la praticabilité de ces routes impraticables; mais ces puits s'épuisèrent vite, la nappe des eaux souterraines dépendant uniquement de la quantité des pluies (toujours faible en cette région) tombées pendant l'hivernage⁽¹⁾ ».

Il faut alors se résoudre à solliciter du Gouvernement Britannique l'autorisation de faire passer nos convois et nos troupes par Matankari et Illéla, et, plus à l'Est, par la route de Dan Garki. Cette autorisation est accordée, mais seulement à titre tout à fait temporaire : des officiers anglais viennent contrôler ce transit et veiller à ce que nos tirailleurs soient désarmés pendant leur passage en territoire britannique;

séjourné six mois à Zinder avec MM. Leroy et Bouthel, avait parcouru seul, à la tête d'une petite escorte, la route Zinder-Say par Maradi et Konni et avait ensuite gagné la côte du Dahomey par Gaya, Kandi et Parakou.

⁽¹⁾ In *La Dépêche coloniale illustrée*, 15 août 1906.

les armes doivent être empaquetées et transportées dans les mêmes conditions que les bagages, sur le dos des animaux de bât.

A quelque temps de là, deux officiers anglais se rendent à Tahoua et à Guidam Bado, où sont installés deux de nos détachements; ils invitent, au nom de leur Gouvernement, les commandants de ces garnisons à évacuer ces deux postes, situés, prétendent-ils, à l'intérieur du fameux arc de cercle de Sokoto; en réalité, ils en sont en dehors, le premier de plus de 40 kilomètres, le second d'environ 15. Cette injonction demeure sans effet quant à l'évacuation de nos deux postes; mais les villages indigènes des environs ayant en même temps été avisés que désormais ils ne sont tenus à aucune obligation à l'égard des autorités françaises, nos relations avec eux deviennent très désagréables. Seuls, les Touareg conservent à notre égard une attitude acceptable, sans doute parce qu'ils ont tenté sans succès, peu auparavant, la fortune des armes contre le commandant Gouraud à Zanguebé et à Galma, et qu'en outre, obligés de séjourner dans le Sahara pendant les quatre mois de l'hivernage annuel, ils ont besoin de notre bienveillance.

De nouveau nos troupes se sont remises à chercher de l'eau sur les routes désertiques Filingué-Laham-Tahoua et Bouza-Kornaka-Guidam Moussa; sans aucun outillage, à l'aide de cordages, de pelles et de seaux indigènes, manquant même de bois de coffrage, on descend à plus de 70 mètres chercher une eau empyreumatique et nauséabonde, mais permettant à nos convois de ne plus circuler qu'en territoire français. Vains efforts! Au bout de peu de temps, la nappe liquide s'appauvrit et les puits eux-mêmes, mal soutenus par leur coffrage de fortune, s'effondrent.

La situation est difficile : ravitaillement et relève se font mal, les postes sont sans argent et sans vivres, les animaux de bât deviennent rares, mais on s'ingénie à tenir bon.

PREMIÈRE COMMISSION DE DÉLIMITATION.

Les deux Gouvernements viennent d'ailleurs d'envoyer dans le pays une Commission mixte chargée de relever la position de la frontière et

d'étudier la situation; le lieutenant-colonel du génie Elliot est le chef des commissaires anglais, le lieutenant-colonel Moll (alors capitaine) celui des commissaires français.

Les travaux sur le terrain sont exécutés par la Commission, en 1903 et 1904, pendant que des négociations se poursuivent entre Paris et Londres dans le but de mettre fin par un nouvel arrangement à une situation anormale, aussi gênante pour la colonie française que peu profitable à la colonie anglaise.

3. — CONVENTION DE LONDRES (8 AVRIL 1904).

Cet important traité, qui scella définitivement l'Entente cordiale en réglant les principaux litiges restés en suspens entre la France et la Grande-Bretagne, établit un nouveau tracé théorique de la frontière Niger-Tchad beaucoup plus satisfaisant que le précédent : en échange de l'abandon de nos privilèges sur le « French Shore » de Terre-Neuve, l'Angleterre nous cédait le district de Yarboutenda sur la Gambie, les îles de Los, devant Conakry, et nous consentait une importante rectification de frontière entre Niger et Tchad.

L'article 8 de cette Convention s'exprime ainsi :

ART. 8. A l'Est du Niger, et sous réserve des modifications que pourront y comporter les stipulations insérées au dernier paragraphe du présent article, le tracé suivant sera substitué à la délimitation établie entre les possessions Françaises et Anglaises par la Convention du 14 juin 1898 :

Partant du point sur la rive gauche du Niger indiqué à l'article 3 de la Convention du 14 juin 1898, c'est-à-dire la ligne médiane du Dallul Mauri, la frontière suivra cette ligne médiane jusqu'à sa rencontre avec la circonférence d'un cercle décrit du centre de la ville de Sokoto avec un rayon de 160,932 mètres (100 milles). De ce point, elle suivra l'arc septentrional de ce cercle jusqu'à un point situé à 5 kilomètres au Sud du point d'intersection avec ledit arc de cercle de la route de Dosso à Matankari par Maourédé.

Elle gagnera de là, en ligne droite, un point situé à 20 kilomètres au Nord de Konni (Birni-N'Kouni), puis, de là, également en ligne droite, un point situé à 15 kilomètres au Sud de Maradi, et rejoindra ensuite directement l'intersection du parallèle 13° 20' de latitude Nord avec un méridien passant à 70 milles à l'Est de la seconde intersection du 14° degré de latitude Nord avec l'arc septentrional du cercle précité.

De là, la frontière suivra, vers l'Est, le parallèle 13° 20' de latitude Nord jusqu'à sa rencontre avec la rive gauche de la rivière Komadougou Ouobé (Komadugu Waube), dont elle suivra le thalweg jusqu'au lac Tchad. Mais si, avant de rencontrer cette rivière, la frontière arrive à une distance de 5 kilomètres de la route de caravane de Zinder à Yo, par Soua Kololoua (Sua Kololua), Adeber et Kabi, la frontière sera tracée à une distance de 5 kilomètres au Sud de cette route jusqu'à sa rencontre avec la rive gauche de la rivière Komadougou Ouobé (Komadugu Waube), étant toutefois entendu que si la frontière ainsi tracée venait à traverser un village, ce village, avec ses terrains, serait attribué au Gouvernement auquel se rattacherait la partie majeure du village et de ses terrains. Elle suivra ensuite, comme ci-dessus, le thalweg de ladite rivière jusqu'au lac Tchad.

De là, elle suivra le degré de latitude passant par le thalweg de l'embouchure de ladite rivière jusqu'à son intersection avec le méridien passant à 35' Est du centre de la ville de Kouka, puis ce méridien vers le Sud jusqu'à son intersection avec la rive Sud du lac Tchad.

Il est convenu, cependant, que, lorsque les commissaires des deux Gouvernements qui procèdent en ce moment à la délimitation de la ligne établie dans l'article 4 de la Convention du 14 juin 1898 seront revenus et pourront être consultés, les deux Gouvernements prendront en considération toute modification à la ligne frontière ci-dessus qui semblerait désirable pour déterminer la ligne de démarcation avec plus de précision. Afin d'éviter les inconvénients qui pourraient résulter, de part et d'autre, d'un tracé qui s'écarterait des frontières reconnues et bien constatées, il est convenu que, dans la partie du tracé où la frontière n'est pas déterminée par les routes commerciales, il sera tenu compte des divisions politiques actuelles des territoires, de façon à ce que les tribus relevant des territoires de Tessaoua-Maradi et Zinder soient, autant que possible, laissées à la France et celles relevant des territoires de la zone anglaise soient, autant que possible, laissées à la Grande-Bretagne.

Il est en outre entendu que, sur le Tchad, la limite sera, s'il est besoin, modifiée de façon à assurer à la France une communication en eau libre en toute saison entre ses possessions du Nord-Ouest et du Sud-Est du lac, et une partie de la superficie des eaux libres du lac au moins proportionnelle à celle qui lui était attribuée par la carte formant l'annexe n° 2 de la Convention du 14 juin 1898.

Dans la partie commune de la rivière Komadougou, les populations riveraines auront égalité de droits pour la pêche.

ART. 9. La présente Convention sera ratifiée, et les ratifications en seront échangées à Londres, dans le délai de huit mois, ou plus tôt si faire se peut.

En foi de quoi, S. E. l'Ambassadeur de la République Française près S. M. le Roi du Royaume-Uni de la Grande-Bretagne et d'Irlande et des Territoires Britanniques

au delà des mers, Empereur des Indes, et le Principal Secrétaire d'État pour les Affaires étrangères de S. M. Britannique, dûment autorisés à cet effet, ont signé la présente Convention et y ont apposé leurs cachets.

Fait à Londres, en double expédition, le 8 avril 1904.

(L. S.) Paul CAMBON.

(L. S.) LANSDOWNE.

Beaucoup prétendirent en France que nous avions lâché la proie pour l'ombre en sacrifiant des privilèges séculaires à une nouvelle acquisition de « terres légères ». Par contre, en « Northern Nigeria », certains hauts fonctionnaires britanniques nous ont dit spontanément, et non sans quelque amertume, que nos diplomates avaient habilement profité des circonstances, et que, cette fois « encore », l'Angleterre avait donné beaucoup plus qu'elle n'avait reçu.

Il est fort probable que l'opinion moyenne est la plus juste, c'est-à-dire que les sacrifices consentis de part et d'autre se sont approximativement compensés.

4. — CONVENTION DE LONDRES (29 MAI 1906).

Il est aisé de voir que le tracé de la frontière indiqué par la Convention du 8 avril 1904 n'était pas définitif, puisqu'il était stipulé (art. VIII) qu'au retour des commissaires en Europe il serait tenu compte de leurs cartes et rapports au sujet des divisions politiques indigènes, de façon que l'intégrité des territoires des diverses tribus fût autant que possible respectée par le tracé de la frontière définitive. Ce fut l'objet de la Conférence de Londres.

« Les délégués du Gouvernement Français furent :

« M. Binger, Directeur des affaires d'Afrique au Ministère des colonies;

« Le comte de Manneville, premier secrétaire de l'Ambassade de France à Londres;

« Le capitaine Tilho, qui avait procédé sur le terrain, aux côtés du commandant Moll, à l'étude de la région litigieuse.

« Les délégués du Gouvernement Britannique furent :

« Sir Eric Barrington, sous-secrétaire d'État au Foreign Office;

« M. William Erskine, du Foreign Office;

« M. Charles Strachey, du Colonial Office;

« Le major C. F. Close, du War Office;

« Le capitaine G. R. Frith qui avait pris part, sur le terrain, aux opérations de la Commission de délimitation.

« Une première conférence eut lieu à Londres, du 16 au 25 octobre 1905, où les délégués constatèrent la parfaite concordance des travaux des missions anglaise et française, mais des divergences de vue se produisirent au sujet de l'interprétation de certains termes de la Convention du 8 avril 1904; aussi les délégués, n'ayant pu arriver à se mettre d'accord que sur un certain nombre de points, durent, pour les autres, en référer à leurs Gouvernements respectifs, et ils se séparèrent sans avoir rien conclu; les pourparlers se continuèrent alors entre Londres et Paris, et aboutirent vers la fin du mois de mars 1906 à la réunion d'une nouvelle Commission tenue comme la première, à Londres, au Foreign Office⁽¹⁾. »

Au cours de cette nouvelle conférence, les délégués purent se mettre d'accord sur toutes les questions et ils rédigèrent, le 9 avril 1906, le protocole suivant pour être soumis à l'approbation de leurs Gouvernements :

LE GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE ET LE GOUVERNEMENT DE SA MAJESTÉ LE ROI DU ROYAUME-UNI DE LA GRANDE-BRETAGNE ET D'IRLANDE ET DES TERRITOIRES BRITANNIQUES AU DELÀ DES MERS, EMPEREUR DES INDES, ayant résolu, dans un esprit de bonne entente mutuelle, de confirmer le Protocole avec ses deux Annexes, préparé en exécution des paragraphes 6 et 7 de l'article VIII de la Convention du 8 avril 1904, par leurs Délégués respectifs pour la délimitation de la frontière entre les possessions Françaises et Britanniques à l'Est du Niger;

Son Excellence, M. Paul CAMBON, Ambassadeur de la République Française près Sa Majesté le Roi du Royaume-Uni de la Grande-Bretagne et d'Irlande et des Territoires britanniques au delà des mers, Empereur des Indes;

Et le Très Honorable Sir Edward Grey, Baronnet du Royaume-Uni, Membre du

⁽¹⁾ In *La Dépêche coloniale illustrée*, 15 août 1906.

Parlement, Principal Secrétaire d'État de Sa Majesté au Département des Affaires Étrangères;

Dûment autorisés à cet effet, confirment le Protocole avec ses Annexes, dressé à Londres le 9 avril 1906, et dont la teneur suit :

PROTOCOLE.

Les Soussignés, délégués respectivement par le Gouvernement de la République Française et par le Gouvernement de Sa Majesté Britannique à l'effet de préparer, en exécution des paragraphes 6 et 7 de l'article VIII de la Convention du 8 avril 1904 un projet de délimitation entre les possessions Françaises et Britanniques à l'Est du Niger, sont convenus des dispositions suivantes, qu'ils ont résolu de soumettre à l'agrément de leurs Gouvernements respectifs :

ART. 1^{er}. A partir du dernier signal placé en 1900 par la Commission Franco-Anglaise d'abornement sur la route d'Ilo à Madécali, à une distance de 16,093 mètres (10 milles) du centre du village de Guiris (Giri) [Port d'Ilo], la frontière traverse le Niger et se dirige dans la vallée du Foga (Dallul Mauri), suivant des lignes droites déterminées par cinq points placés de la façon suivante :

Le premier sur la route de Kokoba à Tounouga, à une distance de 5 kilomètres du village de Kokoba.

Le deuxième sur la route de Tounouga à Kiengakoy, à une distance de 5 kilomètres du village de Tounouga.

Le troisième sur la route de Tounouga à Kamba, à mi-distance entre ces deux villages.

Le quatrième sur la route de Kamba à Sabo-n'Birni, à mi-distance entre ces deux villages.

Le cinquième sur la route de Kamba à Bengou, à mi-distance entre ces deux villages.

De ce point la frontière, se dirigera vers le Nord-Est, puis vers le Nord, de façon à passer parallèlement, et à une distance de 10 kilomètres, à l'Est de la route de Bengou à Matankari.

Cette route est jalonnée par les points suivants :

Bana, Yélou, Puits d'Angoua-Eliasson, Balé, Gorou, Kisamo, Koudourou, Toulou, Baouada, Makaraoua, Lokoko, Beïbeï, Maïzari, Douméga, Angoua-Ouri, Ouassadéaki, Bischimi, Tiada (Kiada), Nassaraoua, mare dite Tabki-m'boudou, Angouanana et Dogondoutchi.

La frontière suivra la ligne ainsi déterminée jusqu'à un point situé à 10 kilomètres à l'Est du signal déjà placé sur la colline de Boudou («Budu Hill»); puis elle se dirigera successivement par une série de lignes droites sur quatre points placés de la façon suivante :

Le premier à 5 kilomètres à l'Ouest de Kwardana;

Le deuxième à 5 kilomètres au Sud de ce même village;

Le troisième à 5 kilomètres au Sud de Kwariawa;

Le quatrième à 5 kilomètres au Sud de Bazaga.

De ce dernier point, elle suivra une ligne tracée à 5 kilomètres au Sud et parallèlement à la route de Bazaga à Malbaza, route passant par Massalata, Birni N'Konni, Tiérassa et Tsarnaoua, jusqu'à un point situé à 5 kilomètres au Sud du village de Malbaza.

La frontière passera ensuite par une série de lignes droites déterminées par les points placés de la façon suivante :

1. A mi-chemin des villages de Chigio et de Guida n'Serki Koma, sur la route de Vournou à Tiara.

2. A 5 kilomètres au Nord du village Antoudou, situé sur la route de Vournou à Sabo-n'Birni.

3. A 10 kilomètres du centre de Sabo-n'Birni, mesurés sur la route de Sabo-n'Birni à Tiara.

4. A 5 kilomètres au Nord du village de Guida-Maïmaï.

5. A mi-distance de Sabo-n'Birni à Guida n'Karri, sur la route de Sabo-n'Birni à Tibiri.

6. A mi-distance de Sansanné-Aïssa à Tibiri, sur la route qui relie ces deux localités.

Puis elle contournera par une série de lignes droites le Sultanat de Maradi en passant :

1. A 10 kilomètres à l'Ouest du village de Fiawa.

2. A 10 kilomètres au Sud de Guida-n'Gafey.

3. A 10 kilomètres au Sud de Kandavaï.

Étant entendu, toutefois, que la frontière ainsi tracée au Sud du Sultanat de Maradi ne pourra pas descendre au Sud du 13° parallèle de latitude Nord.

De ce point, situé à 10 kilomètres au Sud de Kandavaï, la frontière sera tracée de façon à couper la route de Maradi à Katséna en un point situé à mi-distance entre Kandavaï et Katséna; puis elle gagnera toujours en ligne droite, d'abord un point situé sur la route de Katséna à Tessaoua, à égale distance des villages d'Angoua-Douma et de Yenké-Izga, puis un point situé sur la route de Gallo à Raffa, à égale distance des puits de Katafa et de Gobromaggi, pour atteindre ensuite un point situé à 5 kilomètres au Sud-Ouest du village de Rizial-Mata et suivre une ligne tracée à 5 kilomètres vers le Sud-Ouest et parallèlement à la route de Rizial-Mata à Zango (route jalonnée par Kolma, Guieriaou, Beribéri, Maïmaggi, Gallo, Dan-Bartou, Adamaoua, et Guiéni) jusqu'à un point situé à 7 kilomètres à l'Ouest du centre du village de Zango.

De là, la frontière sera tracée de façon à couper —

1. La route de Zango à Guiéni, à mi-distance entre ces deux localités;

2. La route de Zango à Daoumbé, à mi-distance entre ces deux localités;

et passer ensuite —

1. A 8 kilomètres au Nord-Ouest de Sara.
2. A 13 kilomètres au Nord-Est de Schadéré.
3. A 10 kilomètres au Nord-Est de Dasha.
4. A 8 kilomètres au Nord de Baouré.
5. A 7 kilomètres au Nord de Baré.
6. A 7 kilomètres au Nord-Est de la même localité.
7. A 5 kilomètres au Sud de Karagoua, situé approximativement par $12^{\circ} 48'$ de latitude Nord et $9^{\circ} 37'$ de longitude Est de Greenwich.
8. A 5 kilomètres à l'Est de ce même village de Karagoua.
9. A 5 kilomètres à l'Ouest du centre du village de Baram-Bagori.

Puis elle coupera —

1. La route de Machena à Laoukaka, à mi-distance entre ces deux localités.
2. La route de Komi à Goumsi, à mi-distance entre ces deux localités.
3. La route de Bourbouroua à Maïori, à mi-distance entre ces deux localités.
4. La route de Danda Sanda à Gourselik, mi-distance entre ces deux localités pour atteindre un point situé à 5 kilomètres au Sud du village de Zoumba.

De ce dernier point, la frontière suivra une ligne tracée à 5 kilomètres au Sud, et parallèlement à la route de Gourselik à Adebour, qui passe par Zoumba et Dietkorom, jusqu'à la rencontre de cette ligne avec le thalweg de la rivière Komadou-gou-Yobé, puis le thalweg de ladite rivière jusqu'au lac Tchad.

A partir de l'embouchure de la Komadou-gou-Yobé dans le lac Tchad, la frontière suivra vers l'Est le parallèle de latitude passant par le thalweg de l'embouchure de ladite rivière jusqu'au point de ce parallèle situé à une distance de 35 kilomètres du centre du village de Bosso. De ce point, elle se dirigera en ligne droite sur le point d'intersection du 13° parallèle de latitude Nord avec le méridien qui passe à $35'$ à l'Est du centre de la ville de Koukaoua, méridien visé dans les Conventions du 14 juin 1898 et du 8 avril 1904.

ART. 2. Il est convenu que les îles du Tchad qui se trouvent situées à l'intérieur de la ligne déterminée par le dernier paragraphe de l'article 1 feront partie intégrante des territoires Britanniques, et que celles qui se trouvent en dehors de cette même ligne feront partie intégrante des possessions Françaises.

Les deux Hautes Parties Contractantes s'engagent mutuellement à assurer aux citoyens et protégés Français, aux sujets et protégés Britanniques, pour leurs personnes comme pour leurs biens, la libre navigation sur les eaux du Lac.

ART. 3. La frontière déterminée par le présent Protocole est inscrite sur la carte ci-annexée.

ART. 4. Les deux Gouvernements s'engagent à désigner, dans un délai d'un an, les Commissaires qui seront chargés d'établir et d'aborder sur les lieux les lignes

de démarcation entre les possessions Françaises et Anglaises, en conformité et suivant l'esprit des stipulations du présent Protocole.

ANNEXE.

Bien que le tracé des lignes de démarcation sur la carte annexée au présent Protocole soit supposé être généralement exact, il est convenu que les Commissaires qui seront chargés d'aborder la frontière sur le terrain devront se baser sur la description de ladite frontière telle qu'elle est formulée dans le Protocole.

Toutefois, il leur sera loisible de modifier lesdites lignes de démarcation en vue de les déterminer avec une plus grande exactitude et de procéder d'un commun accord aux rectifications de détail indispensables. Les changements ou corrections qui affecteront d'une façon plus considérable le tracé de la frontière devront être proposés d'un commun accord, par lesdits Commissaires, à l'approbation des Gouvernements respectifs.

Il est entendu que, si des habitants voisins de la frontière ainsi déterminée manifestaient le désir de traverser la frontière pour se fixer dans les possessions Françaises, ou, inversement, dans les possessions Britanniques, il ne serait fait aucun obstacle à leur déplacement, et il leur serait accordé les délais nécessaires pour leur permettre d'emporter les récoltes sur pied et, en général, tous les biens dont ils sont légitimement propriétaires.

Signé en double exemplaire, à Londres, le neuf avril 1906.

G. BINGER.

H. DE MANNEVILLE.

J. TILHO.

ERIC BARRINGTON.

William ERSKINE.

Charles STRACHEY.

C. F. CLOSE.

G. R. FRITH.

La présente Convention sera ratifiée, et les ratifications en seront échangées à Londres dans le délai de six mois, ou plus tôt si faire se peut.

EN FOI DE QUOI, les Soussignés ont signé la présente Convention et y ont apposé leurs cachets.

Fait à Londres, en double exemplaire, le 29 mai 1906.

(L. S.) Signé : Paul CAMBON.

(L. S.) Signé : Edward GREY.

Conformément à l'article 4 du Protocole ci-dessus, les deux Gouvernements nommèrent peu de temps après les commissaires chargés

de procéder sur le terrain à l'abornement de la frontière en question.

Le major du génie R. P. O'Shee fut à ce titre désigné comme Commissaire de Sa Majesté Britannique et le capitaine d'infanterie coloniale J. Tilho comme Commissaire de la République Française.

Tels sont, brièvement résumés, les événements qui motivèrent l'envoi de notre Mission en Afrique centrale.

LA RÉGION CONCÉDÉE A-T-ELLE QUELQUE VALEUR?

On peut se demander, et l'on nous a souvent demandé, surtout depuis notre retour en France, s'il est exact que ces régions, dont la possession nous a coûté tant d'efforts et de négociations, soient en majorité infertiles, et quel peut être notre intérêt à les occuper.

Il n'y a pour nous aucun doute que *cette bande de terres habitées*, large de 50 à 150 kilomètres et longue de 1,100 kilomètres environ, resserrée entre le désert saharien au Nord et la colonie anglaise « Northern Nigeria » au Sud, ne puisse de longtemps encore fournir des produits susceptibles d'alimenter un trafic avec la métropole; l'on n'y a encore découvert ni mines ni gisements qui puissent attirer sur elle l'attention du commerce français; les distingués géologues qui l'ont visitée en partie ou en totalité, MM. Foureau, Chudeau et Garde, se sont abstenus à cet égard de toute prédiction.

Mais, par contre, elle possède une *richesse locale réelle*, car la relative salubrité de son climat chaud et sec, les produits des cultures vivrières indigènes, les ressources de l'élevage et l'abondance du gibier partout où il y a de l'eau, en font une des régions du Centre-Africain les plus favorisées au point de vue sanitaire, agricole et alimentaire.

Cela nous permet d'espérer que dans quelques années, lorsque les effets du régime de sécurité inauguré par notre occupation commenceront à se manifester, la population de ce « territoire de Zinder », actuellement réduite à un peu plus de 500,000 habitants, se développera rapidement.

Il ne faut pas se laisser trop fâcheusement impressionner par l'aspect rébarbatif que présente ce pays pendant la saison sèche et

plus particulièrement de décembre à mai; on ne voit alors qu'immenses plaines de sable ou mornes étendues rocheuses, tantôt dénudées, tantôt couvertes d'une brousse épineuse et rabougrie, séparées par des ravins et des vallées où ne se rencontrent que trop rarement de l'ombre et de la verdure; le plus souvent règne dans l'air, pendant plusieurs jours consécutifs, un brouillard épais d'impalpables poussières; un vent violent, variant de l'Est au N.N.E., souffle du lever au coucher du soleil; l'atmosphère est d'une sécheresse extrême; le thermomètre-fronde indique jusqu'à 45° centigrades en mars et avril; tous les cours d'eau, toutes les mares sont à sec, le débit des puits diminue, les troupeaux dépérissent et le prix du mil augmente sur les marchés; mais il n'en faut pas conclure que ce pays soit une terre de désolation.

Viennent les premières pluies et presque aussitôt s'opère un changement complet : les grandes plaines dénudées de sable gris, que l'on pouvait croire stériles quelques jours auparavant, se couvrent tout d'abord d'un tapis de gazon tendre, et, peu après, d'interminables plantations de mil et de sorgho; les arbustes de la brousse se parent de bourgeons et de fleurs, et, dans les fonds des vallées, autour des mares temporaires que forment de loin en loin les résidus des pluies d'hivernage, il est maints endroits où l'air est tout embaumé du parfum des fleurs de mimosées; il n'est pas jusqu'aux plateaux rocheux eux-mêmes qui, à cette époque, ne dissimulent leur aridité sous la verdure et n'offrent, pour quelque temps, aux troupeaux réconfortés de belles prairies baignant dans les larges flaques qui n'ont pas pu trouver d'écoulement vers les vallées voisines.

C'est en quelque sorte le printemps soudanais, saison très agréable, mais trop courte, puisqu'elle dure à peine quelques semaines (mi-juin, fin juillet); ensuite arrivent les mois insalubres pour l'Européen (août à octobre) mais productifs pour l'indigène, si les sauterelles ou une période anormale de sécheresse ne sont pas venues dévaster ses récoltes.

En résumé, notre opinion sur ce pays est la suivante : peu susceptible de fournir les éléments d'un trafic rémunérateur avec la métropole, il possède par contre assez de produits naturels pour assurer

largement sa subsistance et celle du corps d'occupation, et même en exporter en quantités relativement importantes dans les contrées avoisinantes ⁽¹⁾.

En outre, peuplé de plus d'un demi-million d'habitants, il paye annuellement, en impôts directs et taxes indirectes, plus d'un million de francs.

Malheureusement, l'argent y est encore fort peu utilisé pour les transactions commerciales entre indigènes, lesquels en sont restés pour la plupart à la forme primitive du commerce : le troc.

LA POLICE AU SAHARA.

Il serait donc injuste de laisser s'accréditer l'opinion que la zone habitée ainsi laissée à la France entre Niger et Tchad n'est que sable, cailloux et brousse rabougrie, dont l'occupation est onéreuse. Mais eût-elle même été cela, que nous eussions encore dû revendiquer pour la France le droit de l'occuper : la métropole, en effet, a tout intérêt à ce que l'ordre règne au Sahara ; là, nomadisent les tribus guerrières qui, de tout temps, n'ont vécu que de rapines soit sur les caravanes, soit sur les populations sédentaires des contrées limitrophes du désert ; seules, des troupes aussi mobiles qu'elles-mêmes, capables de passer de longs mois au Sahara et de les pourchasser sans trêve, pouvaient les mettre à la raison ; mais il fallait pour cela que leurs rezzous ne pussent échapper à la poursuite en se réfugiant derrière cette infranchissable barrière que toute ligne frontière constitue au regard de troupes européennes.

⁽¹⁾ Faute de statistiques, il est impossible d'évaluer, même approximativement, le mouvement commercial indigène entre notre « territoire militaire de Zinder » et la « Northern Nigeria ».

Les principaux produits d'exportation de notre colonie vers la colonie anglaise sont : les peaux tannées et non tannées, les dépouilles d'autruche, le sel et le natron produits par le pays, le mil et le sorgho, les moutons, les chèvres, les bœufs, les chevaux, etc... La colonie anglaise, en retour, lui envoie des cotonnades et mille petits objets de verroterie ou de pacotille chère aux populations noires. Le trafic avec la Tripolitaine, par contre, est en légère décroissance. Une intéressante tentative d'établissement d'une voie commerciale avec le Sud Algérien est actuellement en cours.

Or, la frontière anglaise décrite par la convention du 14 juin 1898 atteignait en de nombreux endroits la lisière même du Sahara; pouvions-nous raisonnablement demander et espérer qu'en cas de conflit avec les Touareg, les forces militaires de la « Northern Nigeria » soient toujours là, à point nommé, pour seconder les efforts de nos méharistes en empêchant les pirates de pénétrer dans cette colonie? N'était-il pas plus probable que les malandrins réussiraient presque toujours à franchir à temps cette frontière, et qu'une fois à l'abri, ils auraient toute facilité d'y réunir (à l'insu des Résidents britanniques) des moyens d'action nouveaux leur permettant d'attendre le moment favorable pour s'élancer sur nos caravanes et nos protégés des rives du Niger ou du Sud-Algérien? Car traverser le désert ne leur est pas beaucoup plus difficile qu'à nous l'océan. Et, dans cette hypothèse, il paraît certain que nos contre-rezzous, quelque fréquents, audacieux et mobiles que nous les supposions, auraient été le plus souvent impuissants à réprimer le brigandage au Sahara.

AVANTAGES DE LA NOUVELLE DÉLIMITATION.

En reportant plus au Sud la frontière franco-anglaise, le traité du 29 mai 1906 a fait disparaître la majeure partie de ces inconvénients; ne pouvant plus passer de plain-pied du Sahara dans le territoire britannique, les Touareg au lieu d'avoir deux maîtres, c'est-à-dire aucun, comme auparavant, restent uniquement sous notre domination aussi bien en saison sèche que pendant l'hivernage; cela seul suffit pour leur faire garder l'attitude la plus correcte. La ligne télégraphique, récemment achevée entre le Niger et les confins du Tchad, met en liaison tous nos postes, et contribue à assurer l'efficacité de notre surveillance.

Les Touareg du Sud-Saharien l'ont si bien compris, qu'ils se sont résignés à abandonner le « noble » métier de pirate pour celui de commerçant ou d'entrepreneur de convois de ravitaillement. Mais, vers l'Est, au voisinage du Darfour et des oasis senoussistes, et vers le Nord-Est, aux confins des déserts du Sud-Tripolitain, les voies d'accès et de retraite utilisées par les pirates sont encore interdites à nos sections méharistes, faute d'une délimitation suffisante de nos possessions.

C'est par là que passent les dernières bandes de brigands esclavagistes avec lesquelles nos troupes sahariennes ont encore maille à partir. C'est de ces côtés que doivent maintenant se porter nos efforts : la délimitation de ces frontières encore indécises permettra d'établir à quelque distance en arrière, en des lieux judicieusement choisis, des postes servant de points d'attache aux unités méharistes chargées de courir sus aux derniers pirates.

II

PROGRAMME DES ÉTUDES ET RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

Par lettre du 22 octobre 1906, M. Georges Leygues, Ministre des Colonies, nous donnait les instructions suivantes :

.....
En outre de la détermination de la ligne frontière, vous aurez à procéder, dans les régions que vous traverserez, à diverses études scientifiques que votre Mission, tant par votre expérience personnelle que par la compétence professionnelle de vos collaborateurs, est susceptible d'effectuer dans les conditions les plus satisfaisantes. Ces études porteront principalement sur les points suivants :

1° *Travaux astronomiques.* — Déterminer par les méthodes les plus précises de la géodésie de campagne un canevas de points astronomiques se reliant à celui qui a été établi de 1903 à 1905 le long de l'ancienne frontière. (Convention du 14 juin 1898.)

2° *Travaux cartographiques.* — Dresser à l'aide de nombreux itinéraires topographiques encadrés dans le réseau géodésique ci-dessus une carte détaillée des régions avoisinant la frontière.

3° *Travaux météorologiques.* — Étudier le régime climatérique du territoire de Zinder et de la région du Tchad, d'après les règles établies pour ce genre d'observations par le Bureau central météorologique de France.

4° *Recherches magnétiques.* — Mesurer les divers éléments du magnétisme terrestre de la côte du Dahomey jusqu'au lac Tchad. Ce travail, qui présente un intérêt scientifique tout particulier en raison de la proximité de l'équateur magné-

tique, sera exécuté d'après les méthodes préconisées par l'observatoire spécial du Parc-Saint-Maur.

5° *Études géologiques et recherches minéralogiques.* — Les territoires situés entre le Niger et le Tchad n'ont été l'objet d'aucune étude de ce genre, bien que leur incontestable intérêt ait été mis en évidence par les échantillons rapportés par les missions Foureau-Lamy et Moll. Vous vous attacherez à effectuer une étude géologique d'ensemble de ce territoire.

6° *Études médicales. Recherches microbiologiques.* — Outre les soins médicaux et les conseils d'hygiène que vous pourrez donner aux indigènes au cours de votre mission, il vous sera possible de contribuer à l'étude de diverses questions médicales actuellement à l'ordre du jour (trypanosomiasés, filariose, spirillose, syphilis et lèpre indigènes), et de recueillir en même temps nombre de documents microbiologiques concernant les maladies épidémiques qui, à diverses reprises, ont éprouvé les troupeaux de ces régions.

7° *Lac Tchad.* — L'assèchement semble avoir fait, dans le lac Tchad, des progrès considérables depuis 1904; une étude géographique d'ensemble de cette curieuse région s'impose donc, en même temps que des recherches seront effectuées sur la salure des eaux et sur l'ichtyologie.

8° *Études anthropologiques, historiques et linguistiques.* — Vous complétez, dans cet ordre d'idées, les documents rapportés par la première mission Moll à laquelle vous avez collaboré.

Enfin, vous pourrez constituer d'intéressantes collections d'insectes, mouches et moustiques, ainsi qu'un herbier des plantes indigènes susceptibles d'une utilisation industrielle, médicinale ou alimentaire.

Des analyses des eaux suspectes de véhiculer certaines maladies spéciales à l'Afrique (filariose, etc.), compléteront heureusement, au point de vue scientifique, la tâche qui vous est assignée.

.....

G. LEYGUES.

ORGANISATION DE LA MISSION.

Personnel européen. — Les membres de notre Mission étaient :

Le lieutenant de vaisseau Audoin, qui avait déjà produit sur l'hydrographie du Tchad et du Toubouri des travaux remarquables;

Les capitaines d'infanterie coloniale Lauzanne et Vignon;

L'officier interprète de 1^{re} classe Landeroin, qui avait déjà fait ses preuves au cours de la mission Marchand et, par la suite, avait longtemps séjourné dans le territoire de Zinder;

Le médecin-major de 2^e classe Gaillard, qui avait fait partie de la précédente mission de délimitation du Niger au Tchad, sous la direction du lieutenant-colonel Moll, alors capitaine;

Le lieutenant Mercadier;

Le sous-lieutenant Richard;

Le géologue Garde;

L'administrateur colonial Roserot;

Les adjutants Arnaud, Roux, Cosson, Schneider, Thibaut et Brocard;

Le sergent Treille et le caporal armurier Porcon.

En outre, pendant toute la durée de nos travaux, un officier de chacune des circonscriptions administratives voisines des régions où nous opérions était chargé de suivre nos opérations de délimitation, de reconnaître l'emplacement des signaux-frontières, et, par l'intermédiaire du Commissaire français, de prendre possession au nom de la France des districts que l'avancement de l'abornement plaçait successivement dans la zone française.

Plusieurs de ces officiers nous prêtèrent, pour les travaux topographiques et autres, un concours très précieux, auquel il nous est particulièrement agréable de rendre hommage; ce furent les capitaines Martin, Philippot et Cellier, et les lieutenants Ponsar, Peignot, Étievant, Langlois et Ferrandi.

Escortes. — Connaissant depuis plusieurs années déjà les contrées où allaient se dérouler les opérations de notre Mission, nous estimions qu'il y avait de fortes présomptions de croire que les populations des régions que nous traverserions seraient, sinon très accueillantes, du moins peu hostiles, ou, au pis-aller, que leur hostilité ne se manifesterait pas d'une façon violente.

Toutefois, en raison des événements qui, en 1905 et 1906, s'étaient déroulés dans ces mêmes contrées, tant du côté anglais que du côté

français de la frontière (combat de Satirou, où trois officiers anglais furent tués; affaires de Boubon, Karma, Kotakitanda, où deux officiers français trouvèrent la mort), une certaine prudence s'imposait.

Pour nous conformer aux indications qui nous avaient été données par le Ministre des Colonies avant notre départ de France, nous avions prescrit à nos collaborateurs de ne jamais se départir de l'attitude la plus bienveillante à l'égard des populations; sauf le cas de légitime défense, c'est-à-dire d'attaque imminente des indigènes mettant en danger la sécurité du détachement, les membres de la mission n'étaient pas autorisés à faire usage des armes de leur escorte.

Ces instructions ne purent parfois être strictement appliquées qu'au prix d'une grande force de caractère : l'inertie des tribus qui refusent de donner des guides ou de vendre des vivres peut le plus souvent être vaincue par l'ascendant moral du blanc; mais il est certaines privations, certaines injures qui, supportées ou méprisées par l'Européen, sont vivement ressenties par nos soldats noirs, lesquels, ne comprenant pas notre longanimité, ont une tendance atavique à en tirer vengeance immédiate.

Notre escorte fut donc composée de 30 tirailleurs sénégalais du bataillon de Zinder et de 20 gardes de cercle; plus tard, un renfort de 20 tirailleurs nous fut envoyé au moment où la Mission eut à traverser les régions peu sûres qui s'étendent à l'Est de Zinder, non loin du Tchad. En outre, un lot de 80 fusils, modèle 1874, avait été mis à notre disposition pour armer éventuellement un certain nombre d'employés permanents de la Mission (interprètes, agents politiques, palefreniers, etc.).

Notre expédition étant appelée à se fractionner en nombreux détachements opérant parfois à grande distance les uns des autres, l'escorte avait été également répartie entre les divers Européens; malgré cette dispersion en nombreux petits groupes, la discipline de nos tirailleurs, gardes de cercle et personnel indigène auxiliaire fut aussi satisfaisante que les circonstances le permettaient, nos collaborateurs ayant d'ailleurs rapidement su prendre un grand ascendant sur leur petite troupe, et la rendre capable de supporter, sans murmurer, des fatigues et des privations parfois considérables.

Personnel indigène. -- Le personnel indigène permanent de la Mission comprenait :

a. Des interprètes et agents politiques en nombre variable (de 12 à 30);

b. Des employés géodésiques (pour le transport des instruments d'observations trop fragiles pour pouvoir être mis sur le dos des animaux de bât);

c. Des palefreniers et les domestiques noirs des Européens.

Tous ces indigènes étaient volontaires et appointés à des salaires mensuels variant de 15 francs à 60 francs.

Le personnel indigène non permanent était constitué par les convoyeurs qui louaient leurs animaux de bât à la Mission, au tarif de 0 fr. 70 à 0 fr. 80 la tonne kilométrique, pour le transport des bagages pendant une période de temps ou un parcours déterminés.

Tous les Européens étaient montés à cheval et éventuellement à chameau, ainsi que les interprètes et agents politiques : les chevaux furent achetés sur place à des prix variant de 120 francs à 350 francs; les chameaux de monture étaient choisis parmi les bêtes de charge.

Répartition des travaux spéciaux. -- Le lieutenant de vaisseau Audoin et les capitaines Lauzanne et Vignon étaient chargés des observations astronomiques, magnétiques et météorologiques; ils étaient assistés de deux sous-officiers.

Au D^r Gaillard incombait le soin des recherches d'histoire naturelle ⁽¹⁾, et au géologue Garde celui de toutes les études se rapportant à sa spécialité.

L'officier interprète Landeroin avait pour tâche les recherches diverses sur l'histoire, les mœurs et caractères généraux des tribus, ainsi que les études linguistiques.

⁽¹⁾ Le D^r Gaillard était en outre plus particulièrement chargé de la documentation photographique, dont on sait toute l'importance au point de vue géographique. Nous pensons même que, dans toute mission d'exploration importante, il serait meilleur de réserver une place à un photographe professionnel.

LE CONVOI DE LA MISSION.



Le convoi général de la Mission, installé dans la partie centrale des régions successives à étudier, constituait pour les divers détachements une base de ravitaillement et un dépôt.



Matériel général. — En dehors de l'outillage spécial indispensable à l'exécution de nos divers travaux, le matériel général nécessaire à notre expédition se composait, comme à l'ordinaire, d'objets et outils de campement, d'une réserve de vivres, d'éclairage, de papeterie et de pharmacie; d'objets de pacotille, d'un matériel de photographie et enfin d'outils divers (à fer et à bois) permettant d'effectuer en cours de route les réparations les plus urgentes.

En limitant le plus possible le matériel général, les bagages personnels et les approvisionnements nécessaires à 16 Européens pour un voyage de deux ans environ en Afrique centrale, nous avons pu réduire à 875 le nombre des colis de 25 à 30 kilogrammes, destinés à nous permettre de mener à bien la tâche qui nous avait été confiée.

III

ITINÉRAIRE GÉNÉRAL.

Formée à Paris par décision ministérielle du 3 septembre 1906, notre mission quitte Bordeaux le 25 octobre suivant à destination du Dahomey. Le paquebot *Europe*, qui nous emporte, ne prenant de fret qu'à destination du Congo, notre convoi principal (10 tonnes environ) a dû être expédié de Pauillac le 19 octobre par un cargo-boat se rendant à Dakar; nous comptions que ce chargement gagnerait le point initial de nos opérations de délimitation par la voie fluviale du Sénégal, la voie ferrée de Kayes à Koulikoro et la voie fluviale du haut et du moyen Niger jusqu'à Gaya; mais un événement imprévu vint contrecarrer les dispositions que nous avions prises à cet égard⁽¹⁾ et nous causer plus de trois semaines de retard.

Débarqués à Cotonou le 8 novembre, nous séjournons quelque temps dans le Bas-Dahomey pour procéder au recrutement de notre personnel indigène, à l'organisation des détachements et des convois, au

⁽¹⁾ Une épidémie de fièvre jaune régnait à la fin d'octobre 1906 sur le trajet de la voie ferrée entre Kayes et Koulikoro, et la quarantaine très stricte qui isolait cette zone s'opposait, pour une période de temps indéterminée, à la réalisation de notre projet. Il fallut laisser ce convoi à Dakar pour y attendre le passage du premier cargo-boat à destination de Kotonou.

calcul de la différence de longitude Cotonou-Lagos par le câble, enfin pour préparer l'envoi vers Gaya par le Bas-Niger de l'importante partie de notre convoi restée en souffrance à Dakar⁽¹⁾.

Un premier détachement, puis un deuxième sont mis successivement en route vers le Nord; le convoi attendu nous arrive enfin le 4 décembre; il est aussitôt réparti en colis de 25 à 30 kilogrammes et embarqué sur l'*Onyx*, vapeur à roues qui doit le conduire à Lagos (*Southern Nigeria*) par la lagune; il y arrive le 9, est transbordé le 10 sur un paquebot anglais qui le transporte par mer jusqu'à l'embouchure du Niger, en rade de Burutu, où il arrive le 12 décembre 1906.

Revenus à Cotonou, nous préparons notre mise en route vers le Nord, tout en déterminant par le télégraphe la différence de longitude entre Cotonou et Parakou, où vient d'arriver le lieutenant de vaisseau Audoin. Puis, notre dernier détachement quitte la côte le 16 décembre à destination de Gaya, sur le Niger, ancien poste militaire situé à moins d'une journée de marche de l'origine de la frontière à délimiter, et éloigné de Kotonou d'environ 700 kilomètres. Les 200 premiers kilomètres, jusqu'à Paouignan, se font par voie ferrée, le reste s'effectue par étapes de 25 à 35 kilomètres par jour en moyenne.

Le 10 janvier, la mission est tout entière à Gaya, à l'exception du convoi qui remonte péniblement les rapides de Boussa; le contact est

⁽¹⁾ Bien qu'il existe au Dahomey de nombreux porteurs professionnels, coolies pour bagages et hamacaires pour personnes, leur nombre n'eût pas été suffisant pour transporter rapidement et d'un seul coup notre convoi jusqu'au Niger; aussi avons-nous dû prier le gouverneur de la *Southern Nigeria*, sir Walter Egerton, de nous accorder toutes les facilités nécessaires pour faire remonter par la voie fluviale du Bas-Niger la partie de notre convoi qui n'avait pu descendre par le haut fleuve. La plus grosse difficulté à vaincre était le franchissement de la zone des rapides de Boussa, dont trois sections plus particulièrement malaisées (Ourou, Patassi, Garafiri) ne peuvent être remontées par les embarcations, qu'à vide. Le lieutenant Mercadier et l'adjudant Schneider furent chargés de la conduite de ce convoi et y réussirent de la façon la plus digne d'éloges, grâce autant à leur ténacité et à leur endurance qu'à l'amical concours des autorités britanniques dont ils purent tout particulièrement apprécier l'efficacité.

Les difficultés de la navigation sur le Bas-Niger et particulièrement sur les rapides de Boussa ont été, depuis un certain temps déjà, mises en lumière par les missions Toutée, Hourst, Lenfant et Fourneau.

pris avec la mission anglaise qui, arrivée sur place depuis trois semaines, a pu commencer l'étude cartographique de la première section de la frontière.

L'officier interprète Landeroïn, arrivant de Zinder pour se joindre à la Mission, nous amène du Nord quelques chevaux, des palefreniers, des interprètes indigènes, un convoi de vivres européens.

Le lieutenant Ponsar, venu de Dosso, nous amène une escorte de 20 gardes de cercle, des animaux de bât, des chevaux de location et un approvisionnement de mil et de sorgho.

Les premières semaines qui suivent notre arrivée à Gaya sont laborieusement employées à nous organiser en vue des diverses tâches à accomplir; il est, en effet, indispensable de nous scinder en détachements aussi nombreux que possible opérant, les uns sur la frontière pour en cartographier les abords, les autres à des distances plus ou moins grandes pour relier ces travaux cartographiques à ceux qui ont déjà été établis, ou que pourront établir dans l'avenir les officiers et fonctionnaires en service dans l'une ou l'autre colonie.

Le chef de mission doit donc immédiatement se préoccuper :

De donner à ses divers détachements des instructions sur la tâche à accomplir;

D'assurer leur sécurité et leur ravitaillement en vivres européens et indigènes⁽¹⁾;

⁽¹⁾ Le ravitaillement en vivres européens put être assuré d'une manière relativement satisfaisante grâce aux approvisionnements administratifs existant dans les postes militaires du territoire de Zinder et aux approvisionnements de réserve emportés par la Mission; les commandants de ces postes firent toujours de leur mieux pour nous expédier à temps, aux points convenus, et dans la limite des disponibilités de leurs magasins, les rations dont nous avions besoin.

A titre de document curieux, nous donnons ci-dessous, pour la zone comprise entre Zinder et le Tchad, les prix auxquels les parties prenantes devaient rembourser à l'administration les rations perçues :

Farine.....	3 ^f 4582 le kilogr.	Saindoux.....	4 ^f 1659 le kilogr.
Sel.....	0 80 —	Vin.....	5 1769 le litre.
Huile.....	6 0695 —	Riz.....	2 7179 le kilogr.
Café.....	3 9844 —	Vinaigre.....	5 3030 —
Sucre.....	2 8667 —		

Les rations indigènes se composaient de mil, sel et viande.

Le ravitaillement en mil présentait souvent de grandes difficultés à cause du nombre des

De leur fournir les moyens de transport indispensables ⁽¹⁾;

De leur remettre les avances de fonds nécessaires au paiement des dépenses qu'ils ont à effectuer journellement à leur passage dans les centres habités ⁽²⁾.

indigènes employés par la mission; suivant que son effectif en hommes et en chevaux était minimum ou maximum la consommation journalière de mil variait de 400 à 700 kilogrammes, soit 12 à 21 tonnes par mois. (Aucune bouche inutile n'encombrait notre colonne : femmes, enfants, boys de tirailleurs, etc., étaient formellement exclus.)

Les marchés indigènes étaient généralement insuffisants pour une consommation aussi forte; il nous fallait recourir aux achats à distance nécessitant périodiquement la concentration de l'approvisionnement en des points déterminés, ce qui doublait nos transports et par conséquent nos besoins d'animaux de bât.

Ce pays peut produire de grandes quantités de mil; mais, par suite d'une longue coutume, l'indigène récolte tout juste le nécessaire pour sa consommation annuelle et pour une faible exportation; lorsque l'année a été bonne, le mil vaut :

20 à 30 francs la tonne après la moisson, et monte progressivement jusqu'à 60 ou 70 francs la tonne dans les mois qui suivent les semailles.

Mais il y a les années mauvaises, celles où la sécheresse a compromis la récolte, et où les indigènes cachent leur mil comme un trésor; les contraindre à le vendre serait une action mauvaise, sinon dangereuse. Dans ces conditions on est obligé de faire venir le mil des contrées voisines où les causes de disette ont pu être moindres; mais, par suite des frais de transport, le grain atteint des prix de revient exorbitants s'élevant parfois jusqu'à 320 francs la tonne.

⁽¹⁾ La question des transports est intimement liée à celle du ravitaillement. Or il faut compter qu'un Européen qui, en Afrique, se déplace constamment, en y effectuant un travail de longue haleine, a besoin de transporter avec lui un minimum de 14 à 20 colis de 25 kilogrammes (vivres du mois compris). Ajoutons à cela les vivres des indigènes, et nous aurons aisément montré quelle grosse difficulté représente le problème des transports.

Au delà du Niger, dans les pays que nous avions à traverser, il n'existe guère de porteurs professionnels, mais on peut plus ou moins aisément acheter ou mieux louer des animaux de bât (ânes, bœufs ou chameaux), au tarif rémunérateur pour le propriétaire de 0 fr. 70 à 0 fr. 80 la tonne kilométrique; ce fut jusqu'aux environs de Zinder un perpétuel souci : nos animaux de location étant souvent en nombre insuffisant, le convoi principal devait être transporté par fractions; en outre, nos convoyeurs ne restaient guère avec nous plus de trois à quatre semaines et à peine une équipe avait pris l'habitude de son travail que nous devions en recruter une nouvelle; les animaux de bât étaient d'ailleurs traités avec ménagement autant dans l'intérêt de leurs propriétaires que dans le nôtre, la mission étant évidemment pécuniairement responsable des pertes résultant de privations ou d'efforts excessifs imposés à ces animaux de location.

A partir de Zinder, les choses allèrent bien mieux; grâce à l'amical concours du commandant Delestre, nous louâmes, pour 8 mois, 200 chameaux qui nous accompagnèrent pendant toute notre randonnée autour du Tchad.

⁽²⁾ Nos avances de fonds étaient faites (sur délégation du Ministère des Colonies au Gou-

Ce sont là les plus importants problèmes matériels qui se posent au début de toute expédition coloniale et qui se représentent périodiquement pendant toute sa durée; ils sont plus ou moins difficiles à résoudre suivant les ressources du pays, l'éloignement des postes militaires et administratifs et l'état d'esprit des peuplades situées sur son parcours; mais il est bien évident que le succès de la mission dépend, en grande partie, de la façon plus ou moins heureuse avec laquelle son chef aura pu les résoudre.

Le 30 janvier arrive notre convoi de réserve, qui vient de naviguer cinquante jours sur le Niger sous la direction du lieutenant Mercadier, assisté de l'adjudant Schneider; nos deux camarades qui ne disposaient, à partir de Jebba, que de pirogues indigènes, réussirent à lui faire franchir la longue et difficile section des rapides de Boussa, résultat qui leur fait d'autant plus d'honneur que ce convoi arriva à peu près intact.

Dans le cadre de ce bref compte rendu, les étapes principales de notre voyage ne peuvent être indiquées que d'une façon très sommaire; entrer dans le détail des routes ⁽¹⁾ parcourues par nos divers détachements serait beaucoup trop long et peut-être peu intéressant, car l'enchevêtrement de nos itinéraires (évidemment nécessaire pour la bonne exécution de nos cartes) en ferait paraître au lecteur l'exposé tout à fait confus.

verneur Général de l'Afrique Occidentale Française) par les agences spéciales des cercles de Tahoua, Zinder, N'Guigmi; malheureusement, ces agences n'avaient pas toujours leurs caisses suffisamment approvisionnées pour subvenir à nos besoins et notre situation fut parfois de ce fait assez précaire.

Pendant notre séjour en territoire britannique, des avances en monnaie anglaise nous furent faites par les autorités de la *Northern Nigeria*, l'argent français n'ayant pas cours en territoire britannique.

Enfin, pendant tout notre séjour dans la région du Tchad, nous avons principalement fait usage pour nos relations avec les indigènes des thalers Marie-Thérèse qui jouissaient encore d'une vogue supérieure à celle de l'argent français et anglais; mais cette vogue commence à être moindre depuis 1907; dans quelques années, le thaler Marie-Thérèse aura probablement perdu toute faveur dans le Centre Africain.

⁽¹⁾ Le mot «route» n'a évidemment pas au Centre-Afrique le sens qui lui est généralement attribué en français, c'est-à-dire voie plus ou moins large et entretenue, destinée au transit des voitures; il faut plutôt l'entendre, soit dans le sens maritime du mot, c'est-à-dire «direction suivie», soit dans le sens de piste indigène à travers la brousse ou à travers champs.

Nos opérations d'abornement commencent à Dolé, sur le Niger, dans les premiers jours de janvier 1907 et se continuent le long de la ligne définie par le traité de 1906 jusqu'à notre arrivée dans le territoire de la tribu Maouri, à une centaine de kilomètres de là.

Interrompue en mars⁽¹⁾, la pose des signaux-frontière reprend au mois d'avril et se continue sans interruption jusqu'au mois de septembre, date à laquelle l'abornement atteint Baré, à 600 kilomètres à vol d'oiseau de la première borne, et à 850 kilomètres suivant la frontière.

La méthode particulière adoptée pour jalonner de signaux la ligne de démarcation a d'ailleurs facilité grandement le rapide avancement de ce travail; elle consiste :

1° A ne placer de bornes qu'au point d'intersection des sentiers indigènes (conduisant de l'une des colonies dans l'autre) et du tracé théorique de la frontière (c'est-à-dire, tel qu'il résulte de la description donnée dans le protocole);

2° A admettre pour tracé pratique de la frontière la ligne droite joignant chaque borne à la suivante, sans cependant s'astreindre à la matérialiser sur le terrain; si, plus tard, il est indispensable de préciser la nationalité d'un point litigieux, les Résidents intéressés des deux colonies limitrophes y parviendront sans difficulté, en déterminant cette ligne soit par visées directes, soit par signaux lumineux nocturnes, soit par un débroussaillage rapide, soit par tout autre procédé ne nécessitant pas l'emploi d'instruments de précision⁽²⁾.

⁽¹⁾ Pour attendre de Paris et de Londres des instructions complémentaires précisant l'importance des modifications de détail que les commissaires étaient autorisés à apporter au tracé théorique de la ligne de démarcation.

⁽²⁾ Une méthode plus exacte, mais beaucoup plus longue, avait tout d'abord été préconisée par le Commissaire britannique, pour marquer la frontière : « Jalonner la ligne de démarcation de signaux visibles les uns des autres et reliés entre eux par une route continue tracée à travers la brousse. » Le major O'Shee avait procédé ainsi dans l'Afrique du Sud, au cours d'une délimitation anglo-portugaise. Cette méthode était d'une application difficile dans les pays que nous allions délimiter, généralement sablonneux, plats et couverts d'une brousse arbustive de 4 à 5 mètres de hauteur moyenne; elle nous eût demandé depuis le Niger jusqu'au Tchad plus de 3,000 signaux, dont la construction eût exigé plusieurs années de travail. Quant à la route tracée à travers la brousse pour relier tous ces signaux, elle eût été à refaire après chaque hivernage, tant est rapide et irrésistible la poussée des herbes et des broussailles pendant la saison des pluies.

QUELQUES TYPES DE BORNES DE LA LIGNE FRONTIÈRE.



Troncs de roñiers : une plaque tricolore émaillée portant la mention « Délimitation 1907—Borne n° » est fixée sur l'un des troncs.



Borne en pierres; le sommet de la borne est cimenté et porte la plaque tricolore habituelle de délimitation.



Poteau en fer cimenté à sa base; la plaque de délimitation est fixée à la partie supérieure du poteau au moyen de fils de fer.

Sauf dans quelques cas exceptionnels ⁽¹⁾, aucune borne n'a été placée en dehors des sentiers fréquentés ⁽²⁾.

Entre autres avantages, ce système présente celui d'une grande rapidité d'exécution et d'une réelle commodité de repérage des signaux; ceux-ci se trouvent multipliés dans les zones où la population est dense, alors que leur nombre diminue tout naturellement dans les zones inhabitées où les chemins sont rares. Enfin tout voyageur européen ou indigène peut ainsi facilement se rendre compte s'il se trouve sur le territoire de l'une ou de l'autre colonie, détail qui, en certains cas, présente une certaine importance.

Nos recherches et études scientifiques, ainsi que la liaison de nos travaux cartographiques avec ceux de la précédente mission ⁽³⁾, ont, pendant ce temps, marché de front avec les opérations de délimitation.

Les deux Missions, anglaise et française, viennent de fournir un effort considérable pendant ces huit mois de marche à travers les sultanats du Djerma, du Maouri, du Kebbi, de Sokoto, de l'Adar, du Gober, du Zamfara, du Maradi, de Katsena, de Tessaoua, de Daoura, de Zinder et de Kano, la température s'étant maintenue très chaude de mars jusqu'en juillet, époque où s'était établie la saison des pluies; comme les mois suivants constituent la plus mauvaise période de l'hivernage, il est nécessaire de prendre dans des campements construits en paillottes quelques semaines de repos permettant, par un classement provisoire des documents recueillis, de nous rendre compte du travail accompli.

En conséquence, notre mission s'installe en septembre aux camps de Dungass et Baro à une centaine de kilomètres au Sud de Zinder.

Malheureusement, au cours de cette période de repos, nous avons

⁽¹⁾ Par exemple, pour matérialiser certains points repères servant d'origine à un changement de direction de la frontière.

⁽²⁾ Il convient toutefois de remarquer que les sentiers indigènes sont sujets à des déplacements sous l'influence de causes très diverses; c'est une éventualité contre laquelle le topographe est absolument désarmé, mais que nous tenons à signaler, car il est possible que, dans quelque temps, telle ou telle borne-frontière posée par nous sur le bord d'un sentier fréquenté soit plus ou moins perdue dans la brousse ou en pleins champs.

⁽³⁾ Mission Moll, 1902-1905.

la profonde douleur de perdre l'un de nos camarades, l'adjudant Roux, qui est emporté en trois jours par un accès de fièvre bilieuse hématurique; c'était un sous-officier d'élite et le meilleur des camarades; il avait en peu de temps conquis l'amitié de tous tant par ses qualités d'homme que par sa valeur de soldat. Vaincu par la maladie, il est tombé en pleine action, victime de son énergie et de son dévouement : il est mort au champ d'honneur.

Après avoir rendu les derniers devoirs à notre regretté camarade, la marche en avant est reprise; deux mois nous suffisent pour effectuer l'abornement de la frontière dans les sultanats de Goumel, de Machena, du Mounyo et de N'Gourou, et le 23 novembre 1907 nous posons sur la rive gauche de la Komadougou Yoobé, non loin de Kanemma, la borne 148, la dernière de cette longue frontière qui, depuis le Niger, se développe sur plus de 1,200 kilomètres de parcours.

A partir de ce moment et jusqu'au lac Tchad, c'est le lit extrêmement sinueux de la rivière Komadougou Yoobé qui marque la limite entre les deux colonies. En décembre et janvier, les deux missions lèvent le cours de cette rivière sur tout le parcours où elle doit servir de frontière, c'est-à-dire sur 150 kilomètres environ de distance à vol d'oiseau et plus de 270 si l'on tient compte de ses nombreuses sinuosités; puis les commissaires français et britannique comparent les travaux cartographiques de leurs collaborateurs en vue de l'établissement d'une carte provisoire commune à joindre au procès-verbal commun concernant l'exécution du travail d'abornement.

Entre temps, une rapide reconnaissance générale à travers le Tchad est faite par le lieutenant de vaisseau Audoin; le désert de Mir où nomadisent des pillards toubous est parcouru dans tous les sens par des détachements légers qui dispersent sans coup férir les nomades vers le Nord, et obtiennent la soumission d'un de leurs principaux chefs, Kietala Gouat.

Les membres des deux missions font des tentatives pour atteindre et reconnaître, à travers les marais, par l'Ouest, le Nord et l'Est, la position de la frontière dans le Tchad; elles demeurent infructueuses tant



La tombe de l'adjudant Roux, décédé au cours de la Mission, à Dungass (16 septembre 1907).



Borne en pierres sèches.

l'accès en est difficile. Le Commissaire britannique déclare alors qu'il ne voit aucun intérêt à poursuivre l'abornement de la frontière dans cette partie du lac, qui n'est plus qu'un vaste marécage impraticable pour les embarcations et dangereux pour la santé des Européens. Le Commissaire français déclare se rallier à cette opinion, mais reçoit peu après, de son Gouvernement, l'ordre de faire tout son possible pour repérer la position des sommets des deux angles formés dans l'intérieur du lac par la ligne de démarcation.

Aussitôt, à la tête d'une petite expédition, il pénètre à nouveau dans le marais, s'ouvrant à la hache une route à travers une épaisse végétation de roseaux, de papyrus et d'ambachs⁽¹⁾. La tentative est cette fois couronnée de succès; après quatre jours de marche dans le marécage l'expédition atteint une île⁽²⁾, voisine du sommet du premier angle (point situé à 35 kilomètres à l'Est du centre de Bosso sur le parallèle 13° 42' 30" de l'embouchure de la Komadougou Yoobé dans le Tchad); un poteau repère est planté⁽³⁾ et le détachement regagne la terre ferme.

Dans le Sud du Tchad, où la navigation est encore possible dans certaines parties du lac, le capitaine Vignon et l'adjudant Brocard, munis de deux baleinières en acier⁽⁴⁾, explorent les lagunes, obstruées de forêts d'ambachs, qui s'étendent dans le lac au voisinage du sommet du 2^e angle de la frontière (point d'intersection du 13^e parallèle de latitude Nord et du méridien passant à 0° 35' à l'Est du centre de Koukaoua) dans l'espoir d'y trouver un îlot où ils puissent ériger un signal-repère; une impénétrable forêt d'ambachs les arrête à 3,400 mètres environ à l'Est de ce point; aucune terre d'ailleurs ne se montre dans le voisinage; la plus proche est celle de Seyorom-Fal-

⁽¹⁾ Ambach, ou ambadj, ou maréa, ou fogou, ou tororo (herminiera elaphroxylon).

⁽²⁾ Cette île, sans nom avant notre passage, a été dénommée île Binger; pour la même raison, trois îles précédemment trouvées sur notre route furent dénommées île Sir Eric Barrington, île Sir Edward Grey, île Paul Cambon, en souvenir des diplomates qui élaborèrent le traité que nous appliquions sur le terrain. Ces quatre îles ont été placées sous l'administration du chef de Bosso.

⁽³⁾ Ce poteau est dans le N. 35° W. du point cherché et à 1,750 mètres environ.

⁽⁴⁾ Ces baleinières furent mises à notre disposition par le lieutenant-colonel Largeau, commandant le territoire militaire du Tchad.

lières⁽¹⁾, située à 30 kilomètres dans le Nord. Faute de mieux, le poteau de fer destiné à servir de signal-repère est érigé dans cette île.

Le procès-verbal des opérations de délimitation est signé à Kaoua, près Koukaoua, le 28 février 1908.

La mission anglaise reprend aussitôt le chemin de l'Europe, tandis que notre mission prolonge son séjour au Tchad pour y terminer les travaux géographiques et scientifiques qui lui incombent.

Les mois de mars et d'avril sont presque entièrement consacrés à l'étude du lac; les itinéraires par terre et par eau s'entrecroisent au Nord, à l'Est et au Sud du Tchad; seule la partie Sud-Ouest reste en dehors de notre zone d'action, notre mission n'ayant pas été accréditée auprès des autorités allemandes de la colonie du Cameroun; d'ailleurs, quelques mois auparavant, la Commission franco-allemande chargée de la délimitation Congo-Cameroun avait poursuivi ses opérations dans cette section.

A la fin d'avril 1908, la mission est presque tout entière concentrée à Mao, capitale du Kânem; il ne lui reste plus, pour que toute sa tâche soit accomplie, qu'à exécuter deux reconnaissances importantes dans les zones désertiques qui s'étendent au Nord-Est et à l'Est du Kânem.

Le lieutenant de vaisseau Audoin, le capitaine Lauzanne et le géologue Garde sont chargés de la première; ils seront escortés par une section de 15 méharistes, sous le commandement du lieutenant Ferlandi. Ils ont pour mission de se rendre dans l'Egueï, le Gossom, le Toro et le Korou pour y déterminer un certain nombre de positions astronomiques, calculer l'altitude de quelques points, reconnaître la structure géologique des régions visitées et rapporter tous les documents susceptibles d'établir s'il existe une communication souterraine entre les eaux du Tchad et celles de ces contrées. L'affaire est d'ailleurs hasardeuse, car des rezzous de «Khoans» du Borkou sillonnent ces espaces désertiques, et le Korou, éloigné de 500 kilomètres du

(1) Nous avons donné à cette île le nom du Président de la République pour la distinguer des nombreux Seyorom que l'on trouve dans le Tchad et sur ses bords.

LAC TCHAD.



Le premier bateau à vapeur qui navigua sur le lac Tchad fut un bateau français, le *Léon-Blot*, amené par Gentil.



Divers types d'embarcations sur le lac Tchad : la pirogue de paille des insulaires; les embarcations d'acier des Européens (chaland et vapeur).

Tchad n'est, par contre, qu'à trois journées de marche de la principale forteresse senoussite de la région, Aïn Galakka ⁽¹⁾.

La durée prévue de cette reconnaissance est de six semaines; elle se met en route le 7 mai 1908.

La deuxième reconnaissance est placée sous la direction du capitaine Vignon ayant pour adjoint l'adjudant Thibaut; elle a pour objet d'effectuer les mêmes déterminations que la première dans le Bahr el Ghazal (considéré par les géographes tantôt comme un affluent, tantôt comme un effluent du Tchad) et dans la région du Fittri; elle doit en particulier déterminer l'altitude de ces lieux et rechercher s'il existe une corrélation entre ce dernier système lagunaire, le Bahr el Ghazal et le Tchad.

Le pays à parcourir est, lui aussi, très peu sûr, car des bandes oua-daïennes tiennent la campagne ⁽²⁾. La durée prévue de cette reconnaissance est de six semaines; elle quitte Mao le 9 mai.

Pendant ce temps, le docteur Gaillard, qui est resté à Bol avec le caporal armurier Porcon, atteint de vers de Guinée et par conséquent indisponible, continue ses recherches d'histoire naturelle sur le Tchad, tandis que le sergent Treille assure le service de la station météorologique.

L'adjudant Schneider demeure à Mao pour commander le détachement indigène non utilisé dans les reconnaissances précitées et effectuer les observations quotidiennes de variation du niveau de l'eau dans les puits du fond de l'oued de Mao.

⁽¹⁾ Pendant que le détachement était dans l'Egueï, les Khoans enlevèrent à Bir Daoudi (N. E. de Mao) trois femmes, onze enfants et plusieurs chameaux. Quelques semaines après la rentrée de la reconnaissance au Kânem, ces mêmes Khoans razziaient cent quarante-huit chameaux et tuaient ou blessaient quatorze hommes du poste de Ziguëï; le colonel Millot prescrivait alors au capitaine commandant le cercle du Kânem de se porter à l'attaque du fort d'Aïn-Galakka; le capitaine Cellier, accompagné des lieutenants Langlois et Ferrandi, se rendit au Borkou avec une colonne de 120 tirailleurs et tint Aïn-Galakka assiégé pendant quarante-huit heures, mais ne put, faute d'artillerie, s'emparer de cette position fortifiée; il parcourut ensuite tout le Borkou et rentra au Kânem sans avoir été inquiété.

⁽²⁾ Un combat important avait eu lieu quelques jours auparavant à Djoua entre les troupes du commandant Julien et l'armée du Ouadaï; celle-ci avait laissé sur le terrain un millier de tués.

Un an plus tard, nos troupes donnaient le dernier coup à la puissance du Ouadaï en s'emparant d'Abecher, sa capitale.

Nous-même, à la tête d'un détachement comprenant MM. Landeroïn, Mercadier, Richard et Brocard, nous nous dirigeons vers le Sud pour étudier la zone de transition du Bahr el Ghazal et du Tchad et relier par quelques itinéraires les travaux faits par notre mission sur la côte du Sud-Est du Tchad à ceux exécutés par la mission Moll le long du Chari; nous gagnons ensuite Fort-Lamy, où nous passons les derniers jours de mai 1908.

Le détachement Audoin, avec deux mois de vivres, quitte, le 12 mai, Zigueï, dernier poste militaire français sur la lisière Sud-Est du Sahara; il passe par le puits de Boufoumin et atteint l'Egueï, au puits de Hacha, après avoir parcouru 150 kilomètres en trois jours; puis il traverse le Moji, soit environ 130 kilomètres, pour retrouver l'eau au puits de Gouradi (au point de jonction des dépressions désertiques Djerab et Gossom), eau si purgative que sa réputation est légendaire parmi les nomades de cette partie du Sahara. Il continue sa marche par la dépression du Toro, qu'il quitte à Toro doum pour se diriger vers le puits de Koro Kidinga, dans le Korou, à la limite du Borkou, point que nos instructions lui prescrivaient d'atteindre, mais de ne pas dépasser.

Ayant fait là les observations nécessaires, il reprend le chemin du retour, continue jusqu'au puits de Ouani, extrémité Nord du Toro, traverse de nouveau le Moji, atteint à Hangara le point d'eau le plus septentrional de l'Egueï, puis explore cette vaste région de cuvettes jusqu'à son extrémité Sud-Est, au puits de Fanenga, qu'il trouve effondré, ce qui l'oblige à revenir au puits de Hacha.

Quittant alors l'Egueï, et bientôt après le Sahara, il gagne le Bahr el Ghazal, au puits d'Aourak, qui marque de ce côté la limite approximative de la zone des pluies annuelles; à Am-Raya, il relie son itinéraire à celui de la reconnaissance Vignon et rentre au Kânem par la route Koal-Copoye-Mao.

Toutes les observations scientifiques indispensables ont pu être faites; aucun rezzou n'a inquiété le détachement qui rentre au complet, ayant accompli en 54 jours une randonnée de 1,300 kilomètres, aussi remarquable qu'utile, à travers une partie du Sahara encore presque inconnue.

Pendant la même période, le détachement du capitaine Vignon se rend de Mao au puits de Bir Gara dans le Bahr el Ghazal et relie ses itinéraires à ceux de notre propre détachement, au puits d'Achim. Il étudie cette curieuse région entre les puits d'Achim et de Bourdoumanga et se dirige ensuite, en passant par le poste militaire d'Aouni, vers le Fittri. Ayant consacré une semaine à l'étude de cette lagune, il revient vers Aouni et, par Sayal, regagne le Bahr el Ghazal, qu'il atteint au puits de Rémélé. Là, il reprend l'étude du Ghazal entre les points d'eau de Bourdoumanga et d'Am-Raya, où il raccorde ses itinéraires à ceux du détachement Audoin, puis il rentre à Mao, le 22 juin, par la route d'Arkoulou.

Malgré les vastes espaces parcourus et la rapidité de leurs marches, ces deux reconnaissances en pays désertiques ont pu rapporter des renseignements extrêmement intéressants, capables de fixer l'opinion des géographes sur des questions encore controversées. Faute de temps, et en exécution d'ordres précis, nos collaborateurs n'ont pu se livrer à une étude méthodique et détaillée des régions visitées, mais ils ont levé pendant ces deux mois 2,500 kilomètres d'itinéraires nouveaux, déterminé avec précision les coordonnées géographiques de vingt et un points d'eau, calculé l'altitude des nappes d'eaux souterraines des « Pays-Bas du Tchad »⁽¹⁾, fait d'intéressantes constatations géologiques et constitué ainsi la première série de documents géographiques précis sur ces contrées inconnues.

Cette tâche accomplie, le moment est venu de songer au retour en France. Malheureusement, nous ne pouvons plus espérer continuer nos études par le Sahara jusqu'aux premiers postes du Sud Algérien, le Gouvernement jugeant inopportun ce voyage transsaharien. Pour revenir en France, nous devons prendre une route voisine de celle que nous avons suivie à l'aller, c'est-à-dire la route Tchad, Zinder et Dahomey. Quant à nous, pour nous mettre à même de rendre compte, sans

⁽¹⁾ Ces contrées sont d'une altitude inférieure à celle du lac Tchad; la dénivellation atteint 85 mètres pour les plaines du Korou, situées à 400 kilomètres au N. E. du Tchad; nous avons englobé l'ensemble de ces plaines déprimées sous la dénomination générale de « Pays-Bas du Tchad ».

retard, au Ministre des Colonies, de nos travaux de délimitation, nous sommes autorisés à regagner la côte du Dahomey par la voie la plus courte, celle qui, de Fort-Lamy, traverse le Nord de la colonie allemande du Cameroun et les colonies anglaises Northern Nigeria et Southern Nigeria.

Nous quittons Fort-Lamy le 2 juin, et, ayant obtenu des autorités allemandes l'autorisation de traverser leur territoire, nous nous dirigeons vers Dikoa par Affadé, N'Gala et Logumani. A Dikoa, le Résident impérial, lieutenant von Raben, et le sultan Sanda, du Bornou allemand, nous accueillent de la façon la plus flatteuse pour notre amour-propre national ⁽¹⁾.

Après un séjour de trente-six heures à Dikoa, nous franchissons la frontière anglo-allemande et, trois jours après, arrivons à Maiduguri, chef-lieu de la province du Bornou anglais, où le Résident Major Mac Clintock nous prodigue les marques de la plus cordiale camaraderie.

Puis, nous continuons notre route en territoire anglais par Gaedam

⁽¹⁾ Le Résident et le Sultan vinrent au-devant de nous bien en dehors des murs de la ville; la petite armée du Sultan faisait la haie sur notre passage; la cavalerie paraissait autour de nous, les trompettes, les flûtes, les cymbales et les tambours nous assourdisaient de leur tam-tam; les habitants de la ville s'étaient échelonnés tout le long de la route et poussaient des acclamations sur notre passage; des femmes et des griots tournaient autour de nos chevaux en dansant et chantant; dans ces chants en langue kanouri, peu compréhensible pour nous, revenait en une sorte de *leit motiv* le nom de Rabeh (Rabah): cela n'avait rien d'étonnant, Dikoa ayant été la capitale de ce conquérant quand il fut à l'apogée de sa puissance. Mais ayant demandé à notre interprète bornouan de nous expliquer la signification de ce chant, il nous dit que cela signifie: «Bienvenue aux frères de ceux qui enlevèrent la corde que Rabah avait passée à notre cou; Gloire aux frères des vainqueurs de Rabah.» Cette reconnaissance d'une humble population à la nation libératrice, ce lointain hommage à la France étaient pour nous si inattendus que nous eûmes peine à maîtriser notre émotion.

Un peu après, le lieutenant von Raben nous conduisant au monument élevé sur la place du marché à la mémoire de notre compatriote de Béhagle, pendu par ordre de Rabah après la destruction à Togbao de la mission Bretonnet, nous disait: «La bravoure de vos officiers et de vos tirailleurs sénégalais est pour nos sujets un thème inépuisable de chants et de légendes».

(Signalons en passant que ce monument commémoratif tombait en ruines. Nous avons remis au sultan Sanda la somme nécessaire pour le faire réparer provisoirement, en attendant que puisse être élevé par souscription, ou par tout autre moyen, un monument plus digne du grand exemple donné par notre infortuné compatriote.)

sur la Komadougou Yoobé, où nous fermons notre circuit autour du lac Tchad, et de là, par Katagum, Kano et Zaria nous gagnons Zungeru où le Gouverneur de la Colonie, Sir Percy Girouard, nous honore de l'accueil le plus gracieux. Le lendemain 1^{er} août, le railway de Zungeru à Wushishi nous amène jusqu'au vapeur « Kapelli », à bord duquel nous devons descendre la pittoresque rivière Kaduna et remonter le Niger jusqu'à Jebba; mais le manque d'eau dans le grand fleuve nous oblige à nous arrêter à Ogudu, à une journée en aval de ce point et à attendre là nos porteurs. Le Gouverneur du Togo allemand, comte Zech, en voyage d'études dans la colonie britannique, nous y rejoint; il venait de visiter le Dahomey et il nous dit combien il avait été frappé des efforts déployés et des résultats acquis par nos compatriotes dans cette colonie.

D'Ogudu nous nous rendons en trois jours à Ilorin, que le chemin de fer vient d'atteindre tout récemment, et là finit en réalité notre voyage; car, en Afrique, pour les gens de la brousse, où commence le chemin de fer commence aussi la civilisation. Le lendemain soir, nous sommes à Ibadan où villégiaturent le Gouverneur de la Nigeria du Sud, sir Walter Egerton et lady Egerton qui, à Lagos, au début de ce voyage, nous ont honoré, par deux fois, du plus gracieux accueil; leur automobile vient nous prendre à la gare pour nous conduire à la Résidence d'été du Gouverneur, construite au sommet d'une colline, à quelques kilomètres du chemin de fer, et nous passons en leur compagnie notre première soirée de rentrée dans le monde. Le lendemain, 12 août, nous arrivons à Lagos, où nous attend un vapeur français qui nous conduit, par la lagune, à Porto-Novo où M. Godard, Gouverneur, M. Brunet, Secrétaire général, et nombre d'amis nous font fête en attendant le passage du paquebot qui doit nous ramener en France.

Mais revenons en arrière; retournons jusqu'au Kânem où nous avons laissé nos détachements rentrant de leurs reconnaissances en régions désertiques et réunis sous la direction du lieutenant de vaisseau Audoin. Leur retour s'organise conformément aux ordres ministériels, par le Tchad, Zinder et le Dahomey. Nos instructions prescrivent d'utiliser ce voyage de retour pour continuer, non plus cette fois le long de la frontière franco-anglaise, mais plus au Nord, à la lisière du Sahara,

la série des travaux géographiques et scientifiques prévus par notre programme.

Pendant le mois de juillet, les capitaines Lauzanne et Vignon étudient la ligne des points d'eau du Manga, qui, au Nord du Kânem, constitue une des principales lignes d'attaque des Senoussistes du Borkou. Puis, le premier explore, jusqu'au puits de Bédouaram sur la route de Bilma, la zone désertique du Nord du Tchad, tandis que le second s'enfonce dans le Tchad pour compléter nos constatations sur les mouvements de la nappe errante du lac.

Au commencement d'août, tous les membres des divers détachements sont réunis à N'Guigmi, à l'exception du docteur Gaillard que ses recherches délicates et minutieuses retiennent, pour quelques semaines encore, dans le Sud du Tchad.

La marche vers l'Ouest, avec Zinder comme objectif, continue par trois routes principales : les détachements Lauzanne et Vignon longent la Komadougou Yoobé et passent dans le voisinage de la nouvelle frontière, par Maïné-Soroua, Adebour, Gueurslek et Illela, effectuant en chemin un « transport d'altitudes »⁽¹⁾, des levés d'itinéraires et des observations astronomiques, destinés à contrôler les travaux de même ordre effectués au voyage d'aller. Le convoi suit la route plus directe de Mir à Gouré, tandis que le lieutenant de vaisseau Audoin et le géologue Garde entreprennent la reconnaissance de la zone d'erg⁽²⁾ au Nord-Ouest de Nguigmi, et se proposent ensuite d'atteindre Gouré par une ligne de puits encore inconnue. La garnison ne disposant pas à ce moment d'un effectif suffisant pour leur assurer une escorte spéciale, ils se joignent à cet effet à un détachement dirigé par le capitaine Grass, commandant le cercle de Nguigmi. Les guides recrutés par cet officier au dernier moment ayant, semble-t-il, mal compris ce qu'on attendait d'eux, dirigent la colonne successivement sur les puits de Barka Teybiann qui sont trouvés effondrés, puis sur celui de Tiori qu'ils ne parviennent pas à découvrir; le quatrième jour, ils se déclarent complètement perdus; la soif se fait durement sentir et la réserve d'eau est presque épuisée : la situation de la colonne devient

⁽¹⁾ Voir note 1 page LVI.

⁽²⁾ Erg = dunes, massif de dunes.

des plus critiques, car il ne lui faudrait pas moins de trois jours pour regagner le puits de Metimé. Avec un admirable esprit de décision, le lieutenant de vaisseau Audoin se substitue aux guides et marche résolument à la boussole vers un puits situé à une cinquantaine de kilomètres de là et dont la position avait été déterminée astronomiquement par le capitaine Lauzanne quelque temps auparavant. Son audacieuse tentative rend la confiance aux indigènes démoralisés; le géologue Garde le seconde de son mieux et s'occupe des trainards; le sixième jour, la colonne arrive au puits de N'Gourti, ayant échappé au désastre. L'insuccès de la tentative sur Termitt et l'impossibilité de trouver de nouveaux guides obligent nos deux collaborateurs à renoncer à leur projet et à rentrer à Nguigmi. De là ils se dirigent vers Gouré, à travers la zone désertique de Mir.

Entre Gouré et Zinder, il est effectué une série d'itinéraires, tant sur la ligne d'étapes qu'au Nord et au Sud, afin de réunir les éléments topographiques nécessaires à l'établissement d'une carte s'étendant de la frontière abornée au cours du voyage d'aller jusqu'à la limite Sud du Sahara.

Tout le personnel du groupe étant réuni à Zinder, à la fin d'octobre, un nouveau bond est fait vers l'Ouest, avec Dogondoutchi comme nouvel objectif; le programme des travaux à exécuter reste semblable à celui de la section Nguigmi-Zinder; au Sud de la ligne d'étapes, deux détachements continuent le « transport d'altitudes »; un autre poursuit les observations astronomiques. Le convoi suit la route la plus directe. Divers topographes, opérant au Nord et au Sud de la ligne d'étapes, complètent les levés d'itinéraires destinés à l'établissement de la carte de ces régions.

A partir de Dogondoutchi, l'objectif est Gaya, sur la rive gauche du Niger, où s'était opérée, deux ans auparavant, notre première concentration; dans le Haut-Dahomey, les dispositions générales précédemment adoptées sont maintenues; mais, sur ces entrefaites, le lieutenant de vaisseau Audoin reçoit télégraphiquement, du Ministre des Colonies, l'ordre d'embarquer à Cotonou avec ses collaborateurs le 25 décembre au plus tard, ce qui l'oblige à limiter vers le Nord les travaux topographiques à la route Dogondoutchi, Yeni, Niamey.

La « descente » du Dahomey s'effectue rapidement par la route

d'étapes, les travaux géographiques et scientifiques étant limités au transport d'altitudes et aux observations météorologiques. Et le 25 décembre, les collaborateurs dont nous nous étions séparés au Kânem s'embarquaient à leur tour à Cotonou pour arriver à Bordeaux, le 9 janvier 1909, à l'exception du docteur Gaillard qui, retenu au Tchad par ses études un peu au delà de nos prévisions, n'arrivait en France qu'un mois plus tard.

IV

TRAVAUX EFFECTUÉS.

Les travaux d'ordre géographique et scientifique qui ont été exécutés sous notre direction au cours du voyage dont nous venons d'exposer les grandes lignes ne constituent pas une *monographie* des régions que nous avons parcourues : la superficie totale de ces contrées dépassant notablement celle de la France, une telle entreprise eût exigé un temps beaucoup plus long que celui dont nous disposions pendant et après nos opérations de délimitation de la frontière franco-anglaise. Nous ne pouvions songer à autre chose qu'à établir une liaison entre les travaux du même ordre déjà exécutés (ou susceptibles d'être exécutés dans l'avenir) dans le bassin du Niger et dans celui du Tchad, et à amorcer une semblable liaison entre le bassin du Tchad et celui du Nil. C'est pourquoi, au cours de nos recherches, nous n'avons pu entrer aussi complètement que nous l'aurions voulu dans le détail des diverses questions dont nous avons abordé l'étude ; mais les résultats que nous avons obtenus serviront de base solide aux monographies que nos successeurs auront à établir sur les diverses contrées qui constituent les territoires de Zinder et du Tchad.

Quelques-uns de ces résultats ont d'ailleurs apporté sur certains points des modifications à des opinions admises ou à des hypothèses faites jusqu'à ce jour (notamment en ce qui concerne la répartition du magnétisme terrestre en Afrique centrale ; les valeurs de l'altitude du Tchad et celle des régions avoisinantes ; l'existence probable d'une aire de basses pressions vers le Tchad ; la structure géologique du Centre-Africain ; la précision des longitudes obtenues par le transport

du temps à terre à l'aide de montres de torpilleur, etc.), et l'Académie des Sciences nous a fait à diverses reprises l'honneur d'accueillir des communications relatives à nos travaux.

Mais si la recherche des documents demande sur le terrain beaucoup de temps, leur classement et leur étude exigent au retour en France un temps sensiblement plus long; aussi, malgré que nous ayons fait toute diligence, nous n'avons pu, depuis le mois de février dernier, terminer notre travail de mise au net et nous sommes obligés de nous borner aux publications suivantes :

1° Carte du Tchad et des régions s'étendant à l'Est du lac jusqu'au Borkou (3 feuilles au 1/500,000^e) ⁽¹⁾.

2° Notice géographique sur les constatations faites par la Mission sur les variations de niveau du lac Tchad ⁽²⁾.

3° Notice sur la détermination des éléments du magnétisme terrestre depuis les côtes du Dahomey jusqu'aux confins du Borkou par le lac Tchad ⁽³⁾.

⁽¹⁾ La carte a été dressée par les capitaines Lauzanne et Vignon. Tous les membres de la mission (à l'exception du Géologue et du Docteur, dont les recherches spéciales absorbaient toute l'activité) ont collaboré aux levés topographiques et hydrographiques qui ont servi à l'établir.

⁽²⁾ Cette notice a été rédigée par le lieutenant de vaisseau Audoin.

⁽³⁾ Les observations magnétiques ont été effectuées par le lieutenant de vaisseau Audoin. Ayant été soumises à l'appréciation de M. Moureaux, alors directeur de l'observatoire magnétique du Parc-Saint-Maur, elles ont fait l'objet d'une note présentée par M. Bouquet de la Grye à l'Académie des Sciences, dont nous extrayons ce qui suit :

« Sur les cartes magnétiques du globe les plus récentes, la représentation des éléments est encore fréquemment représentée d'une façon hypothétique en diverses régions, notamment sur l'Afrique centrale. Les résultats rapportés par la Mission Tilho viennent heureusement combler cette lacune pour une immense région couvrant, entre le 11° et le 17° parallèle Nord, un espace s'étendant depuis le méridien de Paris à Niamey jusqu'au Korou et à Gouradi, vers le 15° méridien, soit sur un parcours de plus de 1,600 kilomètres de l'Ouest à l'Est. Ces résultats sont du plus haut intérêt. Le lieutenant de vaisseau Audoin, membre de la Mission, a bien voulu, en dehors des travaux réguliers dont il était officiellement chargé, s'imposer la lourde tâche des observations magnétiques, tâche à laquelle il a apporté les soins les plus scrupuleux et le plus entier dévouement. La partie scientifique de son travail sera hautement appréciée par les savants qui s'intéressent aux progrès de cette partie de la physique du Globe. »

4° Notice sur la détermination de l'altitude absolue du lac Tchad et des dépressions avoisinantes du Kânem, du Bahr el Ghazal, du Fittri de l'Egueï, du Toro et du Korou ⁽¹⁾.

5° Notice sur la météorologie et la climatologie de la région tchadienne ⁽²⁾.

6° Notice sur la détermination des positions astronomiques qui ont servi à l'établissement du canevas géodésique des 3 cartes mentionnées ci-dessus ⁽³⁾.

Toutes ces notices (de 2 à 6 inclus) forment le premier volume de nos documents géographiques et scientifiques.

⁽¹⁾ Ces déterminations d'altitude ont été faites par échelons à l'aide d'observations simultanées de l'hypsomètre dans deux stations consécutives distantes de 40 à 100 kilomètres. Par analogie avec la méthode du «transport du temps» employée pour la détermination des longitudes, nous avons désigné sous le nom de *transport d'altitudes* le procédé que nous avons imaginé pour obtenir la hauteur au-dessus du niveau de la mer des principales stations de notre itinéraire. Les résultats ainsi obtenus pour l'altitude du lac, respectivement au cours du voyage d'aller et du voyage de retour, diffèrent entre eux de 9 mètres seulement et peuvent par suite être considérés comme très satisfaisants.

Nos observateurs étaient les capitaines Lauzanne et Vignon; les corrections de nos instruments ont été déterminées au départ et au retour par le Bureau central météorologique de France; nos calculs ont été soumis à M. Angot, directeur du Bureau central météorologique, et à M. Chauveau. Ils nous ont donné, pour l'altitude du Tchad, 243 mètres, valeur inférieure à toutes celles qui ont été communiquées jusqu'ici, exception faite pour l'altitude donnée par le lieutenant Boyd Alexander (237 mètres, déduite de celle de Koukaoua : 243 mètres). En outre, ils ont donné pour les dépressions de l'Egueï, du Toro et du Korou des altitudes sensiblement inférieures à celle du lac Tchad; ces résultats apportent une précision importante à la question si controversée de l'existence, dans la région tchadienne, de régions naturelles en contre-bas du Tchad.

⁽²⁾ Ces observations météorologiques ont été faites sur le terrain, en cours d'étapes, par les capitaines Lauzanne et Vignon, et à la Station météorologique du Tchad, que nous avons créée à Bol, par le caporal armurier Poreon. Ces observations ont été soumises au Bureau central météorologique qui a bien voulu nous fournir tous les documents qu'il avait reçus sur la météorologie africaine pendant notre voyage et qui nous ont permis d'établir la probabilité de l'existence d'une aire de basses pressions dans la région du Tchad (voir *Compte rendu Académie des Sciences* du 18 octobre 1909).

⁽³⁾ Les observations astronomiques ont été effectuées par MM. les capitaines Lauzanne et Vignon; les remarquables résultats obtenus par nos deux collaborateurs ont fait l'objet d'une note présentée à l'Académie des Sciences par le capitaine de frégate Guyon, directeur de l'Observatoire du Bureau des Longitudes. (*C. R. Ac. des Sc.*, 6 décembre 1909.)

7° Une grammaire de la langue haoussa⁽¹⁾.

8° Un dictionnaire français-haoussa et haoussa-français⁽¹⁾.

Nous comptons que l'état d'avancement des travaux nous permettra de publier dans le courant de 1910 :

1° La carte de la zone d'influence française comprise entre le Niger et le lac Tchad, la frontière franco-anglaise et la lisière méridionale du Sahara (en 4 feuilles au 1/500,000^e)⁽²⁾.

2° Une notice sur l'ensemble des travaux cartographiques de la mission⁽³⁾.

3° Une notice géologique sur la région comprise entre le Niger, le Tchad et le Borkou⁽⁴⁾.

4° Une notice sur l'histoire des diverses tribus habitant les territoires voisins de la frontière franco-anglaise Niger-Tchad⁽⁵⁾, le lac Tchad et les régions circonvoisines.

5° Une notice ethnographique sur les mêmes tribus⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Ce travail a été établi par l'officier interprète Landeroin et nous-même. Il représente près de dix ans d'études sur la langue haoussa.

⁽²⁾ Ces cartes, comme les précédentes, sont dressées par MM. les capitaines Lauzanne et Vignon à l'aide des itinéraires de tous les membres de la Mission, appuyés sur les déterminations de positions astronomiques faites par ces deux officiers.

⁽³⁾ Cette notice est destinée à faire ressortir la façon dont les divers itinéraires levés par les topographes de la Mission ont pu être placés à l'intérieur des polygones formés par les points déterminés astronomiquement. Dans ce but nous établissons une série de tableaux où sont réunis pour un même topographe tous les levés effectués par lui avec les erreurs d'orientation et de distance imputables à chaque levé d'itinéraire.

⁽⁴⁾ Les études géologiques ont été faites par M. le géologue Garde, licencié ès sciences naturelles, préparateur de géologie à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand. L'étude des roches et des fossiles rapportés a été faite par notre collaborateur, au Muséum, sous la direction de M. le professeur Lacroix.

⁽⁵⁾ Cette notice est rédigée par l'officier interprète Landeroin à l'aide des éléments qu'il a recueillis au cours de notre voyage.

⁽⁶⁾ Cette notice est rédigée par le Dr Gaillard à l'aide des documents recueillis par lui en cours de route (environ 800 mensurations et autant de photographies de types indigènes). Le dépouillement des documents rapportés par notre collaborateur est fait au Muséum sous la direction du professeur Verneau et de son assistant le docteur Rivet.

6° Notice sur l'ichtyologie et l'herpétologie de la région Niger-Tchad ⁽¹⁾.

7° Notice sur l'entomologie ⁽²⁾.

8° Notice sur la botanique ⁽²⁾.

9° Notice sur la faune et la flore microscopiques des eaux du lac Tchad ainsi que des mares, des lagunes et des puisards que nous avons rencontrés sur notre itinéraire ⁽³⁾.

10° Notice sur la variation de la salinité des eaux du Tchad en divers points du lac, et sur la nature des eaux, des mares, lagunes et puits ci-dessus ⁽³⁾.

11° Notice sur la répartition nosologique des affections tropicales de la région Niger-Tchad (lèpre, éléphantiasis, spirilloses, trypanosomiases, etc. ⁽⁴⁾).

Nous devons, en terminant, adresser l'expression de notre profonde gratitude aux notabilités scientifiques qui ont bien voulu nous aider de

⁽¹⁾ Cette notice a été rédigée par le D^r Pellegrin, assistant du Laboratoire d'herpétologie du Muséum, qui a bien voulu étudier les poissons et les serpents rapportés par le docteur Gaillard; les résultats de ces études ont fait l'objet d'une note présentée, par lui, à l'Académie des Sciences, dont nous extrayons le passage suivant :

«... Sur ces 37 espèces rapportées du Tchad par la Mission Tilho, 3 lui paraissent spéciales : le *Marcusenius Gaillardi*, le *Gephyroglanis Tilhoi*, et une variété nouvelle : l'*Anchenoglanis occidentalis*, var. *tchadiensis*.»

En outre, nous devons signaler que sur les 17 espèces de reptiles rapportées par le D^r Gaillard, une est nouvelle : c'est un serpent de la famille des vipéridés et du genre *Atractaspis*, que le D^r Pellegrin a désigné sous le nom d'*Atractaspis nigra* nov. sp.

⁽²⁾ Les recherches concernant ces trois notices ont été faites par le D^r Gaillard. Le dépouillement des collections rapportées dans ces trois ordres de recherches, par le D^r Gaillard, est encore en cours d'études au Muséum.

⁽³⁾ Les documents qu'au cours de notre voyage le D^r Gaillard a recueillis dans cet ordre d'idées (faune, flore et nature des eaux) seront incessamment soumis à l'examen des spécialistes dont nous comptons demander le concours.

⁽⁴⁾ Le D^r Gaillard a rapporté de nombreuses observations, photographies et préparations microscopiques sur ces affections; il se réserve de présenter le résultat de ses travaux sous les auspices de la Société de pathologie exotique de Paris.

leurs conseils et nous fournir les renseignements techniques indispensables; notamment :

a. Au sujet des déterminations de positions astronomiques :

MM. GUYOU, capitaine de frégate, membre de l'Institut;
DRIENCOURT, ingénieur hydrographe en chef de la Marine;
CLAUDE, membre adjoint du Bureau des longitudes.

et en Angleterre :

M. CHRISTIE, directeur de l'Observatoire royal de Greenwich.

b. Au sujet de nos observations météorologiques et déterminations d'altitudes :

MM. ANGOT, directeur du Bureau central météorologique;
CHAUVEAU, chef du Service de la météorologie générale, au
Bureau central météorologique.

c. Au sujet de nos observations magnétiques :

M. MOUREAUX, alors directeur de l'Observatoire météorologique et magnétique du Parc-Saint-Maur.

d. Au sujet du débit des affluents du Tchad :

M. LÉVY-SALVADOR, ingénieur du Service de l'hydraulique agricole.

e. Au sujet de nos études d'histoire naturelle (géologie, anthropologie, ichtyologie, herpétologie, botanique, etc.) :

MM. LACROIX, professeur de géologie au Muséum;
VAILLANT, professeur d'herpétologie au Muséum;
VERNEAU, professeur d'anthropologie au Muséum;
GERMAIN, assistant du Laboratoire de géologie au Muséum;
PELLEGRIN, assistant du Laboratoire d'herpétologie au Muséum.
RIVET, assistant du Laboratoire d'anthropologie au Muséum;

MM. BOUQUET DE LA GRYE, GUYOU et LACROIX, de l'Académie des Sciences, ont bien voulu nous témoigner l'intérêt qu'ils portaient aux travaux de nos collaborateurs en communiquant à l'Institut diverses notes relatives aux résultats obtenus par notre Mission. Qu'ils reçoivent l'hommage de nos remerciements respectueux !

Enfin que M. Charles RABOT, à l'érudition de qui nous avons eu si souvent recours, trouve ici l'expression de notre amicale reconnaissance !

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES DE LA MISSION TILHO

(1906-1909)

PREMIÈRE PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE GÉOGRAPHIQUE.

AVERTISSEMENT.

L'étude qui suit ne constitue en aucune façon une monographie du lac Tchad; une telle tâche nous a paru en dehors de notre programme; elle eût exigé, d'ailleurs, plus de temps de séjour en France que nous ne pouvions espérer raisonnablement y consacrer. Nous nous sommes bornés, dans la première partie de ce travail, à indiquer les points essentiels signalés, à propos du grand lac centre-africain, par les principaux géographes depuis Léon l'Africain, ou par les explorateurs, afin de préciser le degré des connaissances acquises sur ce lac au moment de l'arrivée de notre mission (1907).

La deuxième partie est l'exposé sommaire des reconnaissances et des études d'ordre géographique exécutées par les divers membres de la Mission à travers toute l'étendue de la cuvette du Tchad, tant par terre que par eau.

Enfin, la troisième partie comprend les conclusions qu'il nous paraît possible d'apporter, dès maintenant, d'une façon qui ne soit pas trop hasardeuse, à la suite de ces travaux.

Il nous sera possible, vraisemblablement, de formuler de nouvelles conclusions lorsque les études spéciales du géologue Garde et du D^r Gaillard seront achevées. M. Garde étudie actuellement au Muséum d'histoire naturelle les matériaux qu'il a recueillis; une partie des échantillons d'eaux, de vases, etc., rapportés par le D^r Gaillard, ont été soumis à l'analyse de M. le D^r Johs Schmidt, à Copenhague, et à M. F. Marre, expert-chimiste près les Tribunaux de Paris; d'autres seront présentés à l'Institut océanographique de Monaco.

La plupart des ouvrages traitant du Tchad, parus depuis le commencement du XIX^e siècle, sont signalés dans les renvois qui accompagnent cette étude; nous y renvoyons le lecteur.

CHAPITRE PREMIER.

LES EXPLORATEURS DU TCHAD ⁽¹⁾.

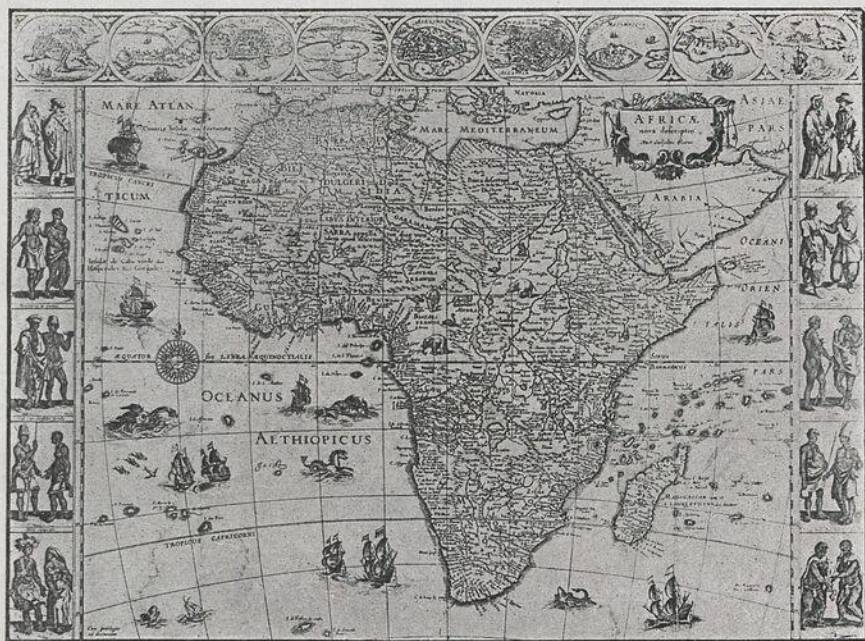
La première mention du Tchad se rencontre au commencement du XIX^e siècle, dans le récit des voyages de Hornemann au Fezzan et en Egypte⁽²⁾. Auparavant, il n'est question que de l'existence de nappes intérieures sans qu'on puisse les localiser.

Au commencement du XIV^e siècle, Léon l'Africain⁽³⁾ écrit : « Le fleuve Niger dresse son cours par le milieu de la terre des Noirs, lequel sort en un désert appelé Seu; c'est à savoir du côté du levant, prenant son commencement dans un grand lac, puis vient à se détourner devers ponant, jusqu'à ce qu'il se joint avec l'Océan; et, selon qu'affirment et nous donnent à entendre nos cosmographes, le Niger est un bras provenant du Nil, lequel, se perdant sous terre, vient surgir en ce lieu-là, formant ce lac. Combien que plusieurs soient d'opinion que ce fleuve sort de quelques montagnes, et, courant vers l'Occident, se convertit en un lac, ce qui ne peut être, et n'a aucune apparence de vérité, parce que nous naviguâmes du royaume de Tombut vers la partie du levant, toujours tournoyant par mer, découvrant jusqu'aux royaumes de Ghinée et de Melli, qui, à comparaison de Tombut, se retrouvent devers ponant; et les

⁽¹⁾ La Société de géographie a bien voulu mettre à notre disposition les divers ouvrages nécessaires à cette étude; ceux rédigés en allemand ont été traduits par le capitaine Philippot, de l'infanterie coloniale. Cet officier avait été chargé, au cours de la délimitation du Niger au Tchad, de prendre possession, au nom de la France, des territoires entrant dans notre zone d'influence dans la région du Tchad. Il séjourna ainsi avec la mission de novembre 1907 à mars 1908.

⁽²⁾ Voir plus loin, p. 6 à 7.

⁽³⁾ Maure d'origine, né à Grenade en 1483, Alhassan ibn Mohammed Alvazzan, plus connu sous le nom de Léon l'Africain, s'enfuit en Barbarie lors de la prise de la ville par le roi Ferdinand V le Catholique « et s'adonna aux lettres arabesques en la cité de Fez », « puis courut toute la Barbarie, les royaumes des noirs, Arabie, Surie, écrivant toujours ce qu'il voyoit et entendoit. Finalement, durant le règne de Léon, il fut pris au-dessus de l'île de Zerbi, par quelques fustes de corsaires, et, de là, mené à Rome, où il en fut fait présent au Pape; lequel ayant vu et entendu qu'il se méloit de la géographie et qu'il en avoit écrit un livre qu'il portoit avec soi, il le reçut gracieusement, en le caressant merveilleusement, jusqu'à lui bailler bons gages, afin qu'il ne partit point de là; puis l'incita à se faire chrétien, et, en le baptisant, lui donna ses deux noms, Jean et Léon. Ainsi, il habita longuement à Rome où il apprit la langue italienne et lire et écrire; tellement qu'il se mit à traduire, le mieux qu'il put, ce présent livre de langue arabesque. . . . » (In *De l'Afrique*, contenant la description de ce pays, par LÉON L'AFRICAIN, traduction de Jean TEMBORAL, imprimé à Paris aux frais du Gouvernement pour procurer du travail aux ouvriers typographes, août 1830, t. I, préface, xiv à xvi.)



Pl. I (1^{re} partie). — LE CONTINENT AFRICAÏN, D'APRÈS GUILLAUME BLAUEW (1632)

plus beaux royaumes qui soient en la terre des Noirs sont situés sur le fleuve Niger⁽¹⁾.

« Ghir, dit plus loin le pittoresque écrivain, est un fleuve qui prend son origine aux montagnes d'Atlas, et, devers la partie du Midi, descend par certains déserts, puis vient sortir par une habitation appelée Benigumi, et de là passe en un désert au milieu duquel il se réduit en lac⁽²⁾. »

La carte ci-contre⁽³⁾, dressée en 1632 par le géographe hollandais Guillaume Blauew, d'après la *Description* de Léon l'Africain et les renseignements nouveaux qui ont pu être recueillis depuis l'apparition de l'ouvrage du voyageur maure, indique un Borno lacus alimenté par un fleuve né dans l'hémisphère Sud, au Nord du lac Zaïre; dans la partie Ouest de ce lac s'amorce le Niger, orienté généralement Est-Ouest; à une certaine distance dans l'Est se trouve le Nuba Palus. Le Borno lacus correspond à peu près à l'emplacement du Tchad; Nuba Palus serait alors le lac Fittri ou les parties, marécageuses en hivernage, du Bahr el Ghazal. Les fleuves Chari, Yoobé et Niger interviennent, chacun pour une part, pour constituer le Niger fluvius de ce document géographique (pl. I, 1^{re} partie).

Par le raisonnement, Ali Bey⁽⁴⁾ arrive à la conception de l'existence au centre de l'Afrique d'une vaste mer intérieure : « S'il est une fois prouvé, dit-il, autant que possible, que le Sahhara était une mer. . . . , il résulte que sa surface étant très peu élevée au-dessus du niveau de la mer doit former une espèce de grand bassin où se précipitent les eaux de pluie qui arrosent tous les pays environnants. Il est encore probable qu'au centre de l'Afrique il sera resté un grand lac ou mer Méditerranée, qui serait peut-être un monument irréfragable de la retraite de la mer Atlantique du Sahhara. . . . »

« Il y a dans l'intérieur de l'Afrique un espace de trente-trois degrés et demi d'Est à Ouest, depuis la source du Niger jusqu'à la source du Misselad, et de plus de vingt degrés de Nord à Sud, depuis le penchant méridional des monts Atlas et des autres montagnes qui avoisinent la Méditerranée, jusqu'au penchant septentrional des montagnes de Kong, et jusqu'aux sources du Bahar

(1) In *De l'Afrique*, op. cit., t. II, p. 274 à 275 (Ziz et Ghir).

(2) In *De l'Afrique*, op. cit., t. II, p. 274 à 275.

(3) L'original de cette carte nous a été communiqué aimablement par M. Morton Fullerton, correspondant du *Times* à Paris.

(4) Ali Bey el Abbassi, fils d'Othman Bey, prince des Abbassides, fit ses études en Europe, puis effectua, de 1803 à 1807, des voyages au Maroc, à Tripoli de Barbarie, en Égypte, à la Mecque et dans le Levant. Appartenant à la religion musulmane, il put recueillir auprès de ses coreligionnaires des renseignements intéressants sur les pays qu'il n'eut pas l'occasion de visiter.

Koulla, surface immense d'où il ne sort aucune goutte d'eau pour aller se jeter dans les mers extérieures de l'Afrique.

« D'après même les suppositions les plus défavorables à mon système, ajoute Ali Bey, qui compare les apports dans cette mer à la perte par évaporation, dans une mer aussi grande que la mer Caspienne ou la mer Rouge au centre de l'Afrique, l'évaporation n'emporterait pas encore la moitié de l'eau que les pluies doivent répandre chaque année sur la surface en question, et il en resterait plus de la moitié pour les autres moyens d'absorption. »

Un rapprochement entre le Sénégal et le Niger l'amène à conclure que le Niger doit se perdre dans cette « Caspienne d'Afrique » qu'il fait commencer à 150 lieues environ de Gimbala pour « arriver près du lac Fitré⁽¹⁾ où se jettent la rivière des Gazelles, le Misselad et autres, et qui communique au lac de Semegonda. »

Cette hypothèse, pense Ali Bey, trouve une justification dans les faits suivants :

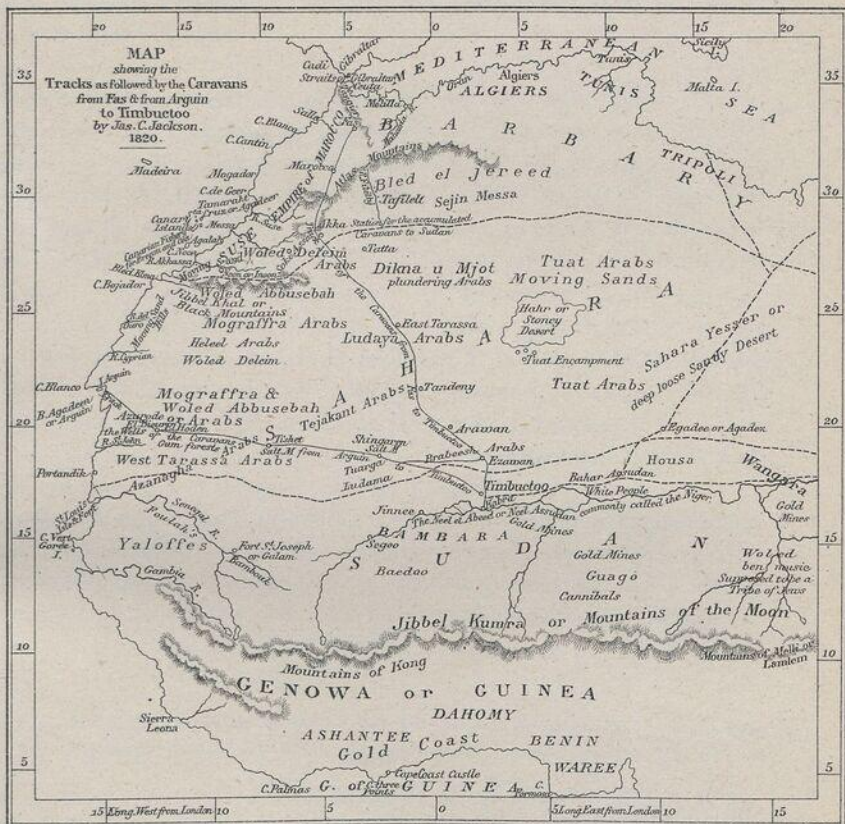
« On trouve déjà, dit-il, dans les auteurs anciens, qu'il est fait mention de plusieurs grands lacs existant dans l'intérieur de l'Afrique : le Nigrites Palus, les lacs Clonia, Libia, Nili, Nuba, Gira, Chelonides, ne pourraient-ils pas être des golfes ou des baies d'un seul et même grand lac, auquel on aurait donné ces différents noms ? »

Enfin, des négociants africains, intelligents et de bonne foi, lui fournissent des renseignements qui viennent corroborer ces déductions. « Dans le bâtiment qui me conduisit de Laraisch à Tripoli, en octobre 1805, écrit-il, se trouvait un négociant de Maroc, nommé Sidi Matte Bouhlal, qui avait résidé pendant plusieurs années à Tombout ou Tomboutou et dans d'autres pays du Soudan ou de la Nigritie, où il faisait le commerce. Le Nil Abid (Niger), d'après ce commerçant, se dirige vers l'intérieur de l'Afrique, où il forme une grande mer sans communication avec les autres. Dans cette mer, les barques des nègres naviguent quarante-huit journées de marche terre à terre, mais sans apercevoir la terre opposée. »

« On rapporte que cette mer communique avec le Nil d'Égypte, mais il n'y a rien de certain sur cela. »

« Comme dans ces entretiens nous parlions l'arabe, et que Bouhlal faisait toujours usage du mot Bahar, je ne manquais jamais de lui demander des explications sur le sens qu'il attachait à ce mot : il me répéta plusieurs fois qu'il entendait par là une mer de plusieurs journées de traversée en longueur

(1) Il est possible, comme nous l'a fait remarquer l'explorateur Ch. Rabot, que cette Caspienne corresponde aux lacs de Tomboutou; mais comme Ali Bey la fait arriver près du lac Fitré, on peut l'assimiler également, semble-t-il, au Tchad actuel.



Pl. II (1^{re} partie). — L'AFRIQUE SEPTENTRIONALE, D'APRÈS JACKSON (1820).

et en largeur, comme celle sur laquelle nous naviguions dans notre bâtiment; et c'était la Méditerranée.

« Un fait aussi remarquable, conclut l'auteur, ôte jusqu'à la plus légère apparence de doute sur l'existence de la mer intérieure, ou de la mer Caspienne africaine, que Boulhal appelait toujours Bahar Soudan ou mer de la Nigritie; d'ailleurs, elle était démontrée à mes yeux, avant mon voyage à Maroc, par les calculs de la saine physique. . . . (1) »

L'Anglais Jackson, consul successivement à Agadeer, Santa Cruz et Susse, « parlant et écrivant la langue des marchands et des voyageurs de l'Afrique (l'arabe) »⁽²⁾, recueille auprès d'un musulman, natif de Tétuan, venu en Angleterre après avoir été capturé par un navire russe⁽³⁾, El Hage Abd Salam Shabeeny, le récit de ses voyages du Maroc à Tombouctou et aux pays Haoussas, puis en Égypte, à la Mecque et à Médine. Ce récit l'amène à conclure que le Nil d'Égypte a une communication avec le Nil du Soudan (Niger) « or with some river that connects itself with the Nile of Egypt, which opinion is confirmed by M. Hornemann, an African authority. It is very probable that this junction is formed by a stream that flows westward towards Wangara through the country called Bahar Kulla and Lake Dwi, from the source of the Nile of Egypt, or from the part of the Jibbel Kumri, or Lunar mountains, which form the southern boundary of Donga »⁽⁴⁾ (pl. II, 1^{re} partie).

Un peu plus tard⁽²⁾, Jackson écrivait : « I have invariably maintained mine (my opinion), founded as it is on the concurrent testimony of the best informed, and most intelligent native African travellers, and I still assert, on the same foundation, the identity of the two Niles and their continuity of waters. . . .

(1) In *Voyages d'Ali Bey el Abbassi en Afrique et en Asie, pendant les années 1803, 1804, 1805, 1806, 1807*. Imprimerie de P. Didot l'aîné, imprimeur du Roi, à Paris, 1814, t. I, p. 376, et *passim*.

(2) In *An account of Timbuctoo and Housa Territories in the interior part of Africa, by El Hage Abd Salam Shabeeny*, by James GREY RICHARDSON, Ir traduction, p. xi. London, printed for Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown, 1820.

(3) *An account*, op. cit. Introduction, p. 11.

(4) Traduction : « ou bien avec quelque rivière qui relie celui-ci au Nil d'Égypte, opinion qui est confirmée par M. Hornemann, dont l'opinion fût autorité en matière africaine. Il est très probable que cette jonction est établie par un cours d'eau qui coule vers l'Ouest du côté de Wangara, à travers le pays appelé Bahar Kulla et Lac Dwi, depuis la source du Nil d'Égypte, ou bien de la partie du Jibbel Kumri, ou montagnes de la Lune, qui forment la frontière Sud de Donga ». In *An account*, op. cit., p. 444. (Lettre à l'éditeur du Monthly magazine. London, Jan. 25, 1817.) On trouve en note, même page : Bahar Kulla is an arabic term signifying the sea altogether, implying an alluvial country (probably forming a part of the mediterranean sea of Central Africa). See Major Rennell's Map, in the *Proceedings of the African Association*, vol. I, in-8°, p. 209, lat. N. 10°, long. 18°. Cette appellation de Bahar Kulla est à rapprocher de celle de Koulou, « grand amas d'eau », sous laquelle les Kanembous désignent le Tchad actuel.

«I really think it must appear to every unbiassed investigator of African Geography, that every iota of African discovery, made, successively, by Hornemann, Burckhardt, and others, tends to confirm my water communication between Timbuctoo and Cairo. . . .⁽¹⁾»

Quelques années après qu'Ali Bey eut fait connaître ses recherches sur la mer intérieure de l'Afrique, M. Jackson, dit l'éditeur des *Voyages d'Ali Bey en Afrique et en Asie*, «publia que des habitants de Tombouctou lui avaient dit que, à quinze journées de marche à l'Est de cette ville, se trouve un vaste lac, nommé Bahr Soudan, ou mer de Soudan. Mais, comme il ne donne pas d'autres renseignements sur cette mer, il n'ajoute rien à la découverte antérieure d'Ali Bey qui, au contraire, fournit beaucoup plus de renseignements que lui sur l'objet en question. Néanmoins, il y a quelque chose de frappant dans la coïncidence de l'emplacement qu'on donne à cette mer, à quinze journées à l'Est de Tombouctou, c'est-à-dire à un peu plus de cent lieues, à raison de sept lieues par journée de marche de chameau, ce qui est précisément le même rapport calculé par Ali Bey⁽²⁾».

Une ombre profonde continue donc à s'étendre sur tout le Centre-Africain; et les voyages de Burckhardt, ceux effectués jusqu'alors par Hornemann, n'ont pas révélé le mot de l'énigme quand ce dernier voyageur entreprend son expédition au Centre du continent noir.

Allemand d'origine, Frédéric Hornemann⁽³⁾, envoyé par «l'Association for promoting the discovery of the interior part of Africa», semble être le premier Européen qui ait entendu prononcer le nom de Tchad au cours de ses voyages au Fezzan et en Égypte⁽⁴⁾ (1797-1800).

«La rivière que vit M. Park⁽⁵⁾ dans son voyage à Tombouctou, dit Horne-

⁽¹⁾ Traduction : «Je pense réellement qu'il doit paraître à tout critique impartial de géographie africaine qu'il n'est pas une découverte faite en Afrique, successivement par Hornemann, Burckhardt et d'autres, qui ne tende à confirmer mon opinion sur la communication par eau entre Tombouctou et le Caire.» *An account*. . . ., p. 516 et 517, lettre du 7 avril 1820.

⁽²⁾ *Voyages d'Ali Bey*. . . ., op. cit., t. I, p. 391 (note de l'éditeur).

⁽³⁾ Confiné dans un château du Caire, avec plusieurs autres Européens, lors du débarquement des troupes françaises en Égypte, Hornemann recouvra sa liberté à la suite de l'intervention de Bertholet et de Monge, après l'entrée de nos troupes dans la ville. Bonaparte lui offrit de l'argent et tout ce qu'exigeait son entreprise et lui fit délivrer les passeports nécessaires. Voir F. HORNEMANN, *Voyages dans l'Afrique septentrionale*, préface, p. xv. Dentu, éditeur, an xi (1803). Hornemann était accompagné dans son expédition par l'Allemand Joseph Freudembourg, qui remplissait auprès de lui les fonctions d'interprète. Freudembourg, qui avait été contraint, dix ou douze ans plus tôt, d'embrasser la religion mahométane, avait fait deux ou trois fois le voyage de la Mecque et parlait parfaitement l'arabe et le turc (op. cit., préface, p. xxii). Il contracta à Mourzouk les fièvres du pays et succomba (1798 ou 1799).

⁽⁴⁾ Voir F. HORNEMANN, *Voyages dans l'Afrique septentrionale*, op. cit., traduction française.

⁽⁵⁾ Voir MUNGO PARK, *Voyage dans l'intérieur de l'Afrique, fait en 1795-1796 et 1797*, 2 vol. in-8°, traduit de l'anglais par J. CASTERA. Dentu, éditeur.

mann, coule au Sud de l'Haoussa. Elle arrose le Nyffé et le Cabi, où on la nomme Julbi, et elle continue de couler à l'Est dans le territoire de Bornou. Là elle prend le nom de «Zad», qui signifie la grande eau. Dans quelques cantons du Haoussa on l'appelle Goara, mot dont le sens est le même.

«Tous les habitants du Bornou et de l'Haoussa que j'ai questionnés relativement aux pays éloignés qu'arrose cette rivière se sont accordés à me dire qu'elle traversait la contrée des Mâdjous (c'est-à-dire des idolâtres), près de Sennaar; d'autres m'ont assuré que son cours se prolongeait à l'Est au delà du Darfour, qu'elle se dirigeait vers le Caire, et ne composait qu'un seul fleuve avec le Nil d'Égypte.

«Un Égyptien d'Ocyouth. m'apprit que cette rivière était celle qui portait le nom de Bahr el Abyâdh.

«Je n'ai pu me procurer de renseignements sur l'existence d'un grand lac situé dans l'intérieur des terres, quoique je n'aie rien négligé pour en obtenir.

«Quelques personnes m'ont assuré que le Zad avait un mille de largeur; il en a deux, suivant d'autres. Mais, dans le temps des pluies, on estime sa largeur à une journée de huit heures. Les Budumas se tiennent toujours au milieu de cette rivière. C'est un peuple idolâtre et très sauvage.

«Le fleuve que vous nommez Niger, qui, dans le Soudan, porte le nom de Gulbi ou Goara, et que le peuple de Bornou appelle Zad, est très considérable, et reçoit plus de douze rivières. Il vient de Tombouctou, à ce qu'on m'a dit; coule au Sud de l'Haoussa, ou Soudan, dans l'empire du Bornou. Là, il prend une direction plus méridionale et se jette dans le Nil, au sud du Darfour; au moins n'ai-je rencontré personne qui m'ait dit le contraire. Une autre rivière vient du Darfour, passe par le Ouady et le Metho, et se termine à un grand lac appelé Fiddri.

«Le lac Fiddri a quatre journées de tour; mais, dans la saison des pluies, il est beaucoup plus étendu et il inonde le pays qui l'environne⁽¹⁾.»

Ainsi donc, au début du XIX^e siècle, on n'a pas encore acquis la certitude de l'existence d'un grand lac au Centre-Afrique, et, pour Hornemann, le Zad est un fleuve.

Mais les difficultés que présente la pénétration des régions inconnues du continent noir ne font qu'exciter l'ardeur des explorateurs, et l'on peut espérer que bientôt, enfin, sera élucidée la question de la «Caspienne d'Afrique».

Ritchie, secrétaire d'ambassade anglais, et son compagnon, le capitaine

⁽¹⁾ In *Voyages de F. Hornemann*, op. cit., p. 164 à 169. Fiddri est évidemment le lac Fitri actuel.

Lyon, quittent Tripoli le 25 mars 1819 pour se rendre au Centre-Afrique. Mais Ritchie meurt à Mourzouk, et Lyon ne peut aller plus loin que l'oasis de Tegawi (un peu au sud de Mourzouk). Il signale, à son retour, que le «Zad» de Hornemann doit être un lac et non un fleuve.

La nature du Tchad se précise donc dans l'esprit des géographes et des voyageurs; mais aucun Européen, jusqu'à ce jour, n'a atteint ses rives mystérieuses.

Cet honneur était réservé, quelques années plus tard, à quatre compatriotes de Lyon. Le 5 mars 1822, le major anglais Dixon Denham⁽¹⁾ (17th Reg^t of foot) quitte Tripoli, pour rejoindre à Memoom, sur la route de Mourzouk, ses compagnons le lieutenant de vaisseau Hugh Clapperton et le docteur Walter Oudney, de la Marine royale. Le charpentier de marine William Hilmann fait partie de l'expédition. Le 4 février 1823, un peu avant d'atteindre N'Guigmi, on aperçoit les eaux du Tchad brillant sous le grand soleil.

Denham et ses compagnons passent ensuite à Woudi, franchissent la Komadougou Yoobé à Yoo et arrivent à Koukaoua, où les rejoint plus tard le lieutenant Toole, parti d'Europe après eux. Denham et Toole, au cours de leur excursion au Logone, s'embarquent à Chaoui pour descendre le Chari jusqu'à son embouchure et entrent, le 3 février 1824, dans le Tchad, qu'ils dénomment lac Waterloo⁽²⁾. Incommodés par un fort clapotis du Nord-Est, qui remplissait leurs embarcations, ils doivent, après avoir parcouru 2 milles environ dans le lac, chercher un abri et regagner Chaoui sans avoir pu naviguer au large ni reconnaître les îles. «The nearest Biddooma island, écrit Denham, is said to be three days voyage on the open lake, from the mouth of the river, in a north-east direction, say ninety miles, during two of wich these canoes lose sight of land. . . . »⁽³⁾.

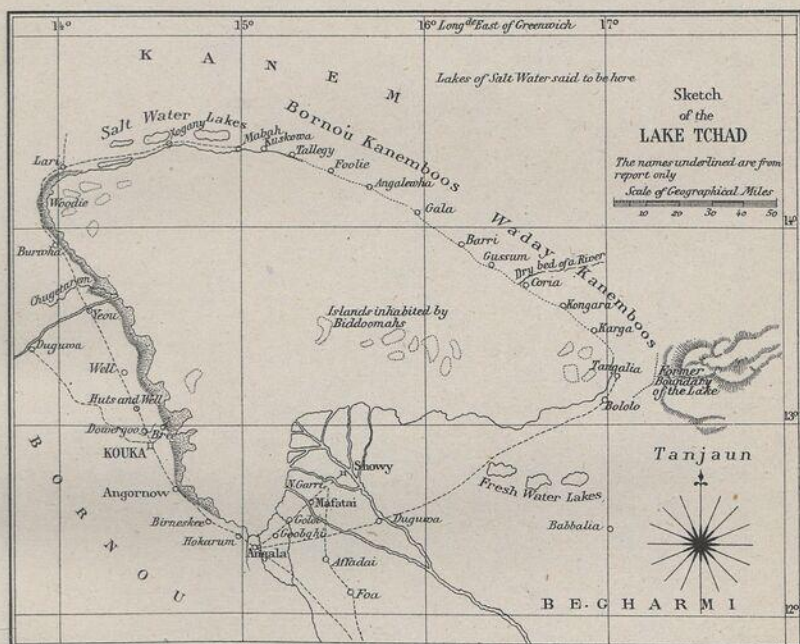
C'est au retour de cette reconnaissance dans le Tchad que le lieutenant Toole meurt à N'gala, le 26 février 1824. Le 12 du mois précédent, le docteur Oudney avait succombé à Murmur, près de Katagoum, au cours du voyage qu'il avait entrepris avec Clapperton à Kano et à Sokoto.

Rentré à Koukaoua, Denham se propose de faire le tour du Tchad en passant par le Sud et par l'Est. Ayant été rejoint le 20 mai par Tyrwhitt, envoyé par le Gouvernement anglais pour renforcer l'expédition et porter des présents au Sultan du Bornou, il quitte Koukaoua avec son nouveau compagnon, à la suite

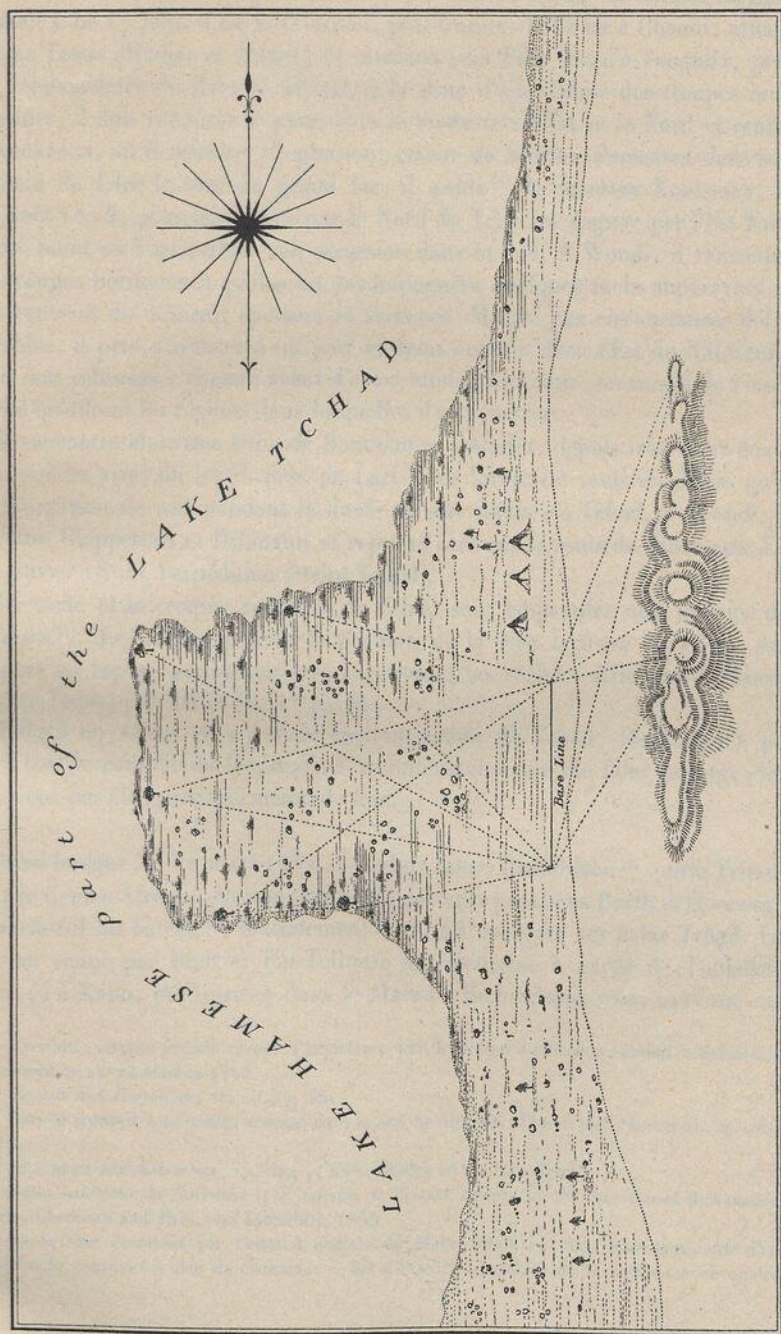
⁽¹⁾ Les notes qui suivent ont été puisées dans *Narrative of travels and discoveries in Northern and Central Africa*, London: John Murray, Albemarle street, 1826. Cet ouvrage a été mis gracieusement à notre disposition par la Société de géographie de Paris.

⁽²⁾ *Travels and discoveries*, op. cit., p. 229.

⁽³⁾ *Traduction* : «L'île Boudouma la plus proche, écrit Denham, se trouve, dit-on, dans le N. E. de l'embouchure de la rivière, à trois jours au large dans le lac, c'est-à-dire à 90 milles; pendant deux jours les (ces) embarcations perdent la terre de vue. . . » *Travels and discoveries in Northern and Central Africa*, op. cit., p. 230.



Pl. III (1^{re} partie). — LE LAC TCHAD, D'APRÈS DENHAM (1824).



PL. IV (1^{re} partie). — POSITIONS RELATIVES DU LAC TCHAD ET D'HADDER EL HAMIS, D'APRÈS DENHAM (1824).

d'une armée bornouane expédiée du côté du Kânem contre les Arabes La Sala (Assalé). Le 17 juin, il est à N'Gornou, puis traverse le Chari à Chaoui, atteint Hager Teous (Hadjer el Hamis) et continue vers l'Est jusqu'à Tangalia, près de l'embouchure du Bahr el Ghazal. A la suite d'une défaite des troupes bornouanes, il doit renoncer à poursuivre sa route vers l'Est et le Nord et rentre à Koukaoua, où il retrouve Clapperton, retour de Sokoto. Persistant dans son dessein de faire le tour du grand lac, il quitte⁽¹⁾ de nouveau Koukaoua, le 16 août 1824, pour faire route par le Nord du Tchad et gagner par l'Est Tangalia, point où s'est arrêtée son excursion dans le Sud. A Woudi, il rencontre les troupes bornouanes qu'il avait accompagnées quelques mois auparavant et qui rentrent du Kânem, épuisées et vaincues. Malgré ces circonstances défavorables, il peut s'avancer à un jour et demi environ dans l'Est de N'Guigmi, mais doit rebrousser chemin avant d'avoir atteint Kiskaoua, en raison de l'insécurité qu'offrent les régions dans lesquelles il va pénétrer.

Il rencontre alors une tribu de Boudoumas installés, depuis trois mois environ, sur les rives du lac⁽²⁾, près de Lari⁽³⁾; ce furent les seuls insulaires qu'il eut l'occasion de voir pendant la durée de son séjour au Tchad. A Woudi, il retrouve Clapperton et Hillmann et reprend avec eux la route de Mourzouk. Le 26 janvier 1825, l'expédition atteint Tripoli.

La carte et le croquis ci-contre du Tchad sont empruntés aux travaux de Denham⁽⁴⁾. Le croquis précise la position de la rive lacustre en 1824 par rapport au repère permanent que constituent les rochers d'Hadjer el Hamis (Hager Teous) [pl. III et IV, 1^{re} partie].

Malgré un séjour de 19 mois environ autour du Tchad, Denham n'a pu lever tout le contour du lac; aucune reconnaissance n'a été faite au large; les îles n'ont pas été aperçues, même de loin.

Aussi lorsque, le 30 mars 1850, l'Anglais James Richardson⁽⁵⁾ quitte Tripoli pour le Centre-Afrique, en compagnie des docteurs prussiens Barth et Overweg, emporte-t-il un bateau⁽⁶⁾, spécialement destiné à naviguer sur le lac Tchad. La mission venue par Rhât et Tin-Telloust se fractionne à partir de Taghelel; Barth va à Kano, et Overweg dans le Maradi; Richardson, seul, continue sur

⁽¹⁾ Tyrwhitt, accepté comme consul d'Angleterre par le Sultan du Bornou, restait à Koukaoua. Il y mourut le 22-23 octobre 1824.

⁽²⁾ *Travels and discoveries*, op. cit., p. 24.

⁽³⁾ Lari se trouvait à 10 milles environ dans le sud de Métimé (*Travels and discoveries*, op. cit., p. 45).

⁽⁴⁾ In *Travels and discoveries*, op. cit., p. 226, Sketch of the lake Tchad.

⁽⁵⁾ Notes extraites de *Narrative of a mission to Central Africa*, by the late James RICHARDSON. London, Chapman and Hall, 193 Piccadilly, 1853.

⁽⁶⁾ Ce bateau, construit par l'arsenal anglais de Malte, était en deux morceaux, afin d'en permettre le transport à dos de chameau; il fut d'ailleurs nécessaire de le sectionner en quatre parties.

Zinder et Koukaoua. Épuisé par le climat, il succombe à Ngouroutoua (Bornou), le 4 mars 1851, sans avoir vu le Tchad.

Barth⁽¹⁾, devenu le chef de l'expédition, arrive à Koukaoua le 2 avril 1851 et profite de son séjour dans cette ville pour faire une excursion sur la rive orientale du lac, à hauteur de N'Gornou, jusqu'au nord de Madouari. Il peut entrer en relations avec quelques insulaires et apprend d'eux « que le lac était complètement libre (de végétation) jusqu'à la distance d'une journée de voyage à partir de Kaïa, le petit port de Madouari, et que l'eau franche (Nki Boul) s'étendait ensuite à double hauteur d'homme, dans la direction de Schaoui, localité située dans le delta du Schari. Il faut conclure de toutes les indications qui me furent données, dit-il, que la pleine eau du Tsad, en s'éloignant du fleuve comme une sorte d'évasement de l'embouchure, se porte vers la rive occidentale, tandis que le reste du lac, c'est-à-dire sa plus grande partie, ne consiste qu'en prairies submergées⁽²⁾ ».

Mais il ne navigue pas sur le lac et doit même renoncer à se rendre à cheval dans l'île de Seyorom, en raison de la profondeur de l'eau. De même que Denham, il constate la douceur des eaux du Tchad et « l'abondance des poissons et animaux de toute espèce, tandis que l'intérieur du lac, dit-il, serait, d'après Overweg, entièrement vierge d'êtres vivants⁽³⁾ ».

Barth, s'étant mis en route par l'Adamaoua, Overweg⁽⁴⁾ entreprend l'exploration du Tchad avec le bateau apporté de Tripoli, le *Lord Palmerston*⁽⁵⁾. « Parti de Madouari, il visita, dit Barth, une grande partie des îles qu'il renferme, et dont les unes n'étaient que de simples dunes de sable, tandis que d'autres s'étendaient au loin, couvertes d'herbes verdoyantes. Pendant ce voyage de deux mois⁽⁶⁾, Overweg s'était trouvé fréquemment en rapport avec les peuplades qui vivent dans ces îles et y forment un petit monde à part, en conservant leur

(1) Voir note 4 ci-dessous.

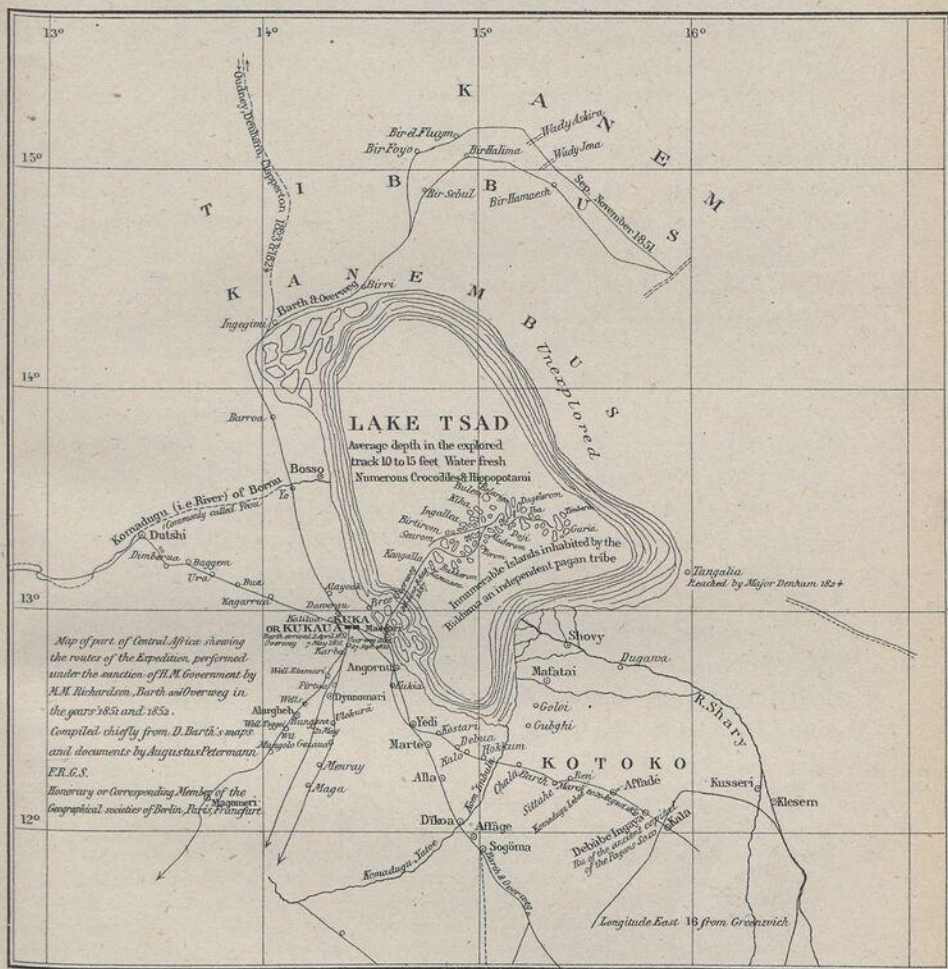
(2) Barth, *op. cit.*, t. II, p. 146 et 147.

(3) Barth, *op. cit.*, t. II, p. 149.

(4) Overweg, géologue de profession, avait été emmené par Richardson comme naturaliste. (Voir *Progress of the expedition to Central Africa*, by Augustus PETERMANN. London, 1854. Barth était professeur. Sa thèse de doctorat est une dissertation sur le commerce des Corinthiens.

(5) Le lieutenant anglais Boyd Alexander a signalé dans son ouvrage, *From the Niger to the Nile* (t. II, p. 66), qu'il avait trouvé une pièce de bois de *chêne* qu'il suppose avoir appartenu au *Lord Palmerston*. Nous croyons devoir signaler à cette occasion qu'en décembre 1903 l'enseigne de vaisseau Delevoe, membre de la Mission Niger-Bénoué-Tchad (capitaine Lenfant), a perdu une pirogue kotoko dans les mêmes parages. Est-ce une pièce de cette embarcation qui, construite comme toutes les pirogues kotokos en planches longues de 2 à 3 mètres, d'un bois dur (le mourraya, de Nachtigal) dont l'aspect rappelle le chêne, a été prise par le lieutenant Boyd Alexander pour un morceau du bateau de Richardson ? Il serait intéressant, en tous les cas, d'être renseigné sur l'espèce de bois employée par l'arsenal de Malte pour la construction du *Lord Palmerston*. *A priori*, un bois aussi lourd que le chêne ne paraît pas indiqué pour un bateau qui était destiné à être transporté à dos de chameau pendant des milliers de kilomètres à travers des régions désertiques inconnues, et dont l'usage était limité à une période de quelques mois seulement.

(6) Voir *Progress of the expedition to Central Africa*, by Augustus PETERMANN. London, 1854.



Pl. V (1^{re} partie). — LE LAC TCHAD, D'APRÈS BARTH (1851).

indépendance nationale. » On sait qu'une mort prématurée empêcha Overweg « d'offrir à la science un rapport détaillé sur son voyage d'exploration du Tchad. C'est à peine si les documents qu'il a laissés nous apprennent quelque chose de plus que ce que renferme le travail du docteur Petermann sur notre expédition ⁽¹⁾ ».

Il conserve la gloire d'avoir été le premier Européen qui ait navigué sur le Tchad et ait visité une partie de son archipel.

L'itinéraire d'Overweg ⁽²⁾ commencé à Madouari le 28 juin 1851 passe par les îles ⁽³⁾ de Kangallam, Seurom, Marea, Berom, Belarigo, où l'explorateur séjourne pendant quatre jours, du 3 au 7 juillet, Doji, Guria, qui comprend, d'après ses notes six villages considérables ⁽⁴⁾ (Shikokuro, Buggoromi, Mudi, Yirebu, Ingellemia, Kaïa). Le 12 juillet, Overweg reprend la route du Bornou, par Belarigo, et arrive à Madouari le 8 août 1851, en suivant une route au Nord de celle prise à l'aller ⁽⁴⁾ (pl. V, 1^{re} partie).

La profondeur du lac a été de six à neuf pieds anglais autour de Marea, et de quinze pieds environ entre Kangallam et Doji.

« The depth and volume of water as well as the superficial extent of the Lake varies greatly in different seasons, and periods, dit Petermann ⁽⁵⁾; inundations and droughts succeeding each other produce such changes that the channels between various islands, through which Dr Overweg sailed without obstruction, are frequently laid dry, and, at other times, the islands are inundated to such a degree that the inhabitants have to retreat with their property to the ranges and summits of the sandhills found in many of the islands ».

Barth, retour de l'Adamaoua, et désireux « d'explorer les contrées qui entourent le Tsad et pousser, s'il était possible, jusqu'à la célèbre vallée Bahr el Ghazal » ⁽⁶⁾ se met en route de Koukaoua le 11 septembre 1851 pour

⁽¹⁾ Barth, *Voyages et découvertes*, op. cit., t. II, p. 274 (trad. Paul ITHIER).

⁽²⁾ Notes extraites de *An account of the progress of the expedition to Central Africa... in the years 1850, 1851, 1852 and 1853*, by Augustus PETERMANN. London, 1854. Cet ouvrage a été mis gracieusement à notre disposition par la Société de géographie de Paris.

⁽³⁾ Voir carte 1/2,000,000^e du Service géographique de l'Armée. Plusieurs de ces noms d'îles ou de villages ne sont plus employés aujourd'hui. Seurom est peut-être le « Seyorom » de la carte de notre mission; Belarigo est le Belarigue de cette carte; Guria (Gouria) est le nom d'une tribu Boudouma; les villages cités par Overweg sont des îles de ces Gourias (Buggoromi est le Bougromi actuel; Mudi est le nom de deux îles, Moudi Kouta et Moudi Koura (petite et grande Mondî); Yirebu est Irebou; Marea est un mot boudouma qui désigne l'ambach (*herminiera elaphrozylon*).

⁽⁴⁾ Voir carte 1/2,000,000^e du Service géographique de l'Armée.

⁽⁵⁾ Traduction : « La profondeur et le volume de l'eau ainsi que la superficie du lac varient beaucoup suivant les saisons et les périodes, dit Petermann; les inondations et les sécheresses, en se succédant alternativement, produisent de tels changements, que les canaux séparant les diverses îles et sur lesquels le Dr Overweg navigua sans difficulté, sont souvent asséchés, tandis que, d'autres fois, les habitants sont obligés de se réfugier avec leurs biens au sommet des collines de sable que l'on trouve sur plusieurs îles. » *Progress of the expedition*, op. cit., p. 8.

⁽⁶⁾ BARTH, *Voyages et découvertes*, op. cit., t. II, p. 274 (traduction Paul ITHIER).

le Kânem; il est rejoint, quelques jours plus tard, par Overweg. Leur route passe par Yoo, Baroa, N'Guigmi, Beri « grand village à l'angle septentrional du Tsad, célèbre dans l'histoire du Bornou »⁽¹⁾. A Baroa, les deux voyageurs ont, « pour la première fois au cours de ce voyage, une vue du Tchad, ou du moins, des prairies submergées par ses eaux »⁽²⁾; de N'Guigmi à Beri, la plus grande partie du chemin suivi est submergée⁽³⁾.

Obligés à Alali de revenir en arrière en raison de l'hostilité des populations, ils retournent à Koukaoua, qu'ils quittent le 25 novembre 1851 pour le pays de Mousgou. Après un voyage de Barth au Baguirmi (fin mars-20 août 1852), et d'Overweg dans le Sud-Ouest du Bornou (24 mars-22 mai 1852), ce dernier va étudier pendant trois semaines environ la Komadougou Yoobé, entre Yoo et Doutchi, constate que ce cours d'eau est un affluent et non un effluent du Tchad, et rentre à Koukaoua le 14 septembre suivant. Complètement épuisé, il se fait transporter à Madouari pour y prendre du repos, et succombe le 27 septembre 1852 « justement au bord de ce lac dont l'exploration a rendu son nom immortel »⁽⁴⁾.

Privé de son dernier compagnon, Barth entreprend néanmoins le 25 novembre 1852 l'exploration des pays à l'Ouest du Bornou, s'avance jusqu'à Tombouctou, et rentre à Koukaoua plus de deux années après, le 11 décembre 1854; il quitte définitivement cette ville le 10 mai 1855 pour effectuer son retour en Europe par Yoo, Baroa, N'Guigmi, Kaouar et Tripoli. Il constate que l'aspect du pays entre Baroa et N'Guigmi a subi, depuis son précédent passage (voyage au Kânem), « des changements considérables; toute (son) ancienne route était entièrement submergée, la crue du Tsad ayant été, en cette année, extrêmement forte et les eaux du lac n'étant pas encore rentrées dans leur lit; de même que près de N'Gornou⁽⁵⁾, la rive semblait s'être effondrée et avoir baissé d'environ cinq pieds »⁽⁶⁾. N'Guigmi avait dû fuir devant l'inondation, et l'emplacement qu'occupait ce village, lorsque Barth le visita en se rendant au Kânem en 1851, était entièrement submergé depuis l'hiver 1853-1854⁽⁷⁾.

Barth arrive enfin à Londres le 6 septembre 1855⁽⁸⁾.

Ainsi donc, après cinq ans et demi de voyages à travers le continent noir, dont deux années environ passées dans les régions qui avoisinent le Tchad,

(1) BARTH, *Voyages et découvertes*, op. cit., t. II, p. 275. — Voir également, t. III, p. 5.

(2) *Op. cit.*, t. II, p. 289.

(3) *Op. cit.*, t. II, p. 292.

(4) *Op. cit.*, t. III, p. 153.

(5) *Op. cit.*, t. II, p. 141.

(6) *Op. cit.*, t. IV, p. 225.

(7) *Op. cit.*, t. IV, p. 225.

(8) BARTH ramenait en Europe le sapeur anglais MACGUINNE qui avait dû se séparer de son chef, le Docteur Vogel.

Barth «le prince des explorateurs africains»⁽¹⁾ n'avait pu, en présence de l'hostilité des indigènes, effectuer, comme il en avait le désir, le tour du grand lac centre-africain; Richardson était mort avant d'avoir atteint Koukaoua; Overweg seul, qui put accomplir un voyage de deux mois dans le lac et visiter les îles, rapportait des documents absolument nouveaux; une mort prématurée ne lui permit pas de les mettre au point. Le Tchad restait donc encore profondément mystérieux.

Et le docteur Vogel, envoyé par le Gouvernement anglais à l'aide de Barth, avec deux sapeurs anglais, le caporal Church et le soldat Macguire, avait devant lui une tâche vaste et passionnante dans la seule exploration du Tchad. Astronome de profession⁽²⁾, ayant de bonnes connaissances botaniques, pourvu d'instruments astronomiques et magnétiques, Vogel quittait Tripoli le 28 juin 1853, accompagné jusqu'à Mourzouk par Frédéric Warrington, fils d'un ancien consul britannique à Tripoli, très au courant des choses et des gens de ce pays. Le 1^{er} décembre 1854, venant de Koukaoua, qu'il avait atteinte en janvier 1854, il rencontre à Boundi, près de Machena, Barth revenant de Tombouctou.

Revenu à Koukaoua en compagnie de Barth, Vogel visite les bords du Tchad à hauteur de la capitale et constate que «le marais est tellement large sur les rives qu'on ne peut voir l'eau libre qu'à l'extrême horizon avec une lunette «d'approche»⁽³⁾.

En janvier 1854, s'étant rendu vers Gurno (Angornou de Denham), il avait trouvé cette ville, située à 19 milles anglais au S. S. E. de Koukaoua, couverte, depuis trente jours, par les eaux du lac. L'inondation s'étant propagée en trois jours, et les villages voisins n'ayant pas été atteints, alors que, d'après ses renseignements, ils seraient au niveau de Ngornou, Vogel attribue l'inondation à un affaissement du sol de vingt pieds environ aux abords de la ville.

Ses observations astronomiques, faites au sextant, ont été, quatorze ans durant, les seuls points fondamentaux employés par les cartographes de ces régions⁽⁴⁾. La longitude de Koukaoua, déterminée par des distances lunaires (une centaine), qu'il croyait pouvoir assurer à un demi-mille près⁽⁵⁾, place la capitale du Bornou à 10' environ trop à l'Ouest.

Sur la foi de renseignements indigènes, le voyageur allemand signale que le lac Fittri n'existe pas.

Telles sont les choses essentielles que les lettres et les courts rapports parvenus en Europe nous ont fait connaître de l'œuvre de Vogel au Tchad.

(1) In «*Fachoda*», par G. Hanotaux.

(2) Vogel était assistant à Londres du célèbre astronome V. R. Hind.

(3) In *Mittheilungen* von A. PETERMANN, 1856, p. 168.

(4) *Mittheilungen*, 1905, p. 327.

(5) *Mittheilungen*, 1855, 13^e lettre, de Koukaoua, 20 février 1854.

Après divers voyages qui le conduisent à Mousgou, dans le Mandara et dans l'Adamaoua, il se rend au Ouadaï. D'abord bien accueilli, il reçoit peu après l'ordre de quitter la résidence qui lui a été assignée, Nimro près de Ouara, et est lâchement assassiné au moment de sa mise en route, ses serviteurs ayant été expédiés en avant (février 1856)⁽¹⁾.

L'allemand Moritz von Beurmann, parti de Tripoli en 1861 à la recherche de Vogel dont on était sans nouvelles, visite également les régions circonvoisines du Tchad. Il subit lui-même le sort de son malheureux compatriote et meurt assassiné sur l'ordre de l'aguid Chommi, du Ouadaï, «près d'un petit hameau de l'enneri Djougou⁽²⁾, longue vallée couverte de dattiers superbes»⁽³⁾ (février 1863)⁽⁴⁾. Les résultats de ses efforts ne nous sont pas parvenus. D'après Rohlfs⁽⁴⁾, le gouverneur de Mao aurait été destitué après la mort de Beurmann et conduit à Ouara. Le sultan Ali, du Ouadaï, aurait confisqué les divers objets du voyageur européen; mais, sur les conseils d'un commerçant étranger, il aurait conservé, sans les détruire, les papiers sur lesquels Beurmann rédigeait ses observations. Le pavillon français ayant été planté dernièrement sur Abécher, capitale du Ouadaï, il n'est pas impossible qu'une partie de ces documents soient retrouvés.

Gerhard Rohlfs, Allemand lui aussi, effectue, de 1865 à 1867, un grand voyage à travers l'Afrique. Parti de Tripoli le 20 mai 1865, il atteint le Tchad le 14 juillet de l'année suivante à N'Guigmi, venant de Mourzouk par Kaouar.

«Celui qui se représenterait le Tchad comme un miroir nu, écrit-il⁽⁵⁾, serait profondément désillusionné, car on ne voit d'eau libre que par places, dans une étendue couverte de roseaux.» «En saison sèche, trouve-t-on plus loin, le lac donne plutôt l'impression d'un marais immense.» Longeant la rive du Tchad, de N'Guigmi à Woudi, Rohlfs atteint Koukaoua le 20 juillet 1866, par Yoo. Le 31 août, après une heure et demie de trot allongé dans l'Est de Kaoua, il trouve la rive du lac et constate, une fois de plus, la douceur de l'eau, exception faite pour quelques endroits où la présence du natron lui communique un goût salé.

Après un voyage au Mandara (8 septembre-12 octobre 1866), au cours duquel il suit la berge du Tchad de Ngornou à N'Guéléoua, il séjourne de nouveau dans la capitale du Bornou qu'il quitte définitivement le 13 décembre

(1) In G. ROHLFS, *Quer durch Africa*, 2^e partie, chap. v.

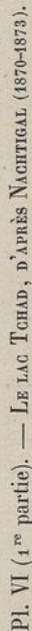
(2) Près de Gala (Kânem). Voir carte 1/2,000,000^e du Service géographique de l'Armée.

(3) *Sahara et Soudan*, traduction J. GOURDAULT, p. 449.

(4) In ROHLFS, *Quer durch Africa*, 2^e partie, chap. v.

(5) *Quer durch Africa*, chap. XIV, 1^{re} partie.

Réduction au 1: 2.666.667



1866 pour gagner la côte Ouest d'Afrique par Yakouba, l'embouchure de la Bénoué, Ellorin, Ibadan et Lagos.

Les observations de Rohlf s n'ont donc porté que sur un petit nombre de points des rives Nord et Est du lac.

Le 20 novembre 1866, Rohlf s constate que le lac atteint son niveau maximum, supérieur, dit-il, *à tous ceux constatés antérieurement, de mémoire d'homme*; au moins égal, estime-t-il, à celui observé par Nachtigal, un peu plus tard, en 1870. « Alors, les affluents grossis de la Komadougou Yoobé interrompirent longtemps toute communication entre pays bornouans et haoussas, et, au Nord de N'Guigmi, coulait dans le lac un puissant fleuve qui était vraisemblablement formé des eaux venant de la Komadougou ».

En ce qui concerne l'étendue de la nappe liquide du Tchad, Rohlf s pense qu'il est impossible que des masses d'eau aussi considérables que celles apportées par les tributaires puissent être absorbées par l'évaporatoire ou par les infiltrations, et il penche pour un écoulement souterrain du lac par le Bahr el Ghazal; se basant, pour formuler cette opinion, et à défaut de *constatations personnelles*, sur les renseignements indigènes recueillis par Denham et sur les observations de Nachtigal ⁽¹⁾.

Le médecin allemand Nachtigal ⁽²⁾, venu en Algérie et Tunisie pour soigner une affection de poumon dont il était atteint, entreprend en 1869 un grand voyage au Centre-Afrique. Il est « porteur des présents que Sa Majesté Guillaume, non encore empereur d'Allemagne, avait décidé d'envoyer au cheik Omar, sultan du Bornou, comme témoignage de reconnaissance pour le fidèle appui et l'aide matérielle que ce prince n'avait cessé de prêter si généreusement aux voyageurs allemands Barth, Vogel, Beurmann et Rohlf s » ⁽³⁾. Après un voyage au Tibesti, au cours duquel il faillit trouver la mort, il arrive le 28 juin 1870 à N'Guigmi, où il a un premier aperçu du Tchad ⁽⁴⁾. Il séjourne un an environ à Koukaoua, puis visite la rive Nord du lac en se rendant au Kânem et au Borkou. Dans une tournée au Baguirmi, il longe la rive Sud-Ouest; enfin, après quatre années d'efforts, pendant lesquelles il a visité les régions avoisinant le Tchad, il rentre en Europe par le Ouadaï et le Nil; son itinéraire, au départ de Koukaoua, passe par Goulfeï et va joindre le Bahr el Ghazal en un point voisin de Tegaga. Nachtigal n'a donc pu naviguer sur le lac ni visiter son archipel; mais il a pu recueillir auprès des indigènes, notamment auprès « d'une Kanembou intelli-

⁽¹⁾ Voir *Quer durch Africa*, I, chap. xvi.

⁽²⁾ Nachtigal était accompagné du Piémontais Giuseppe Valpreda, son cuisinier, qui se convertit au mahométisme, à Koukaoua, et, sous le nom de Mohamed el Mouselmani, se fixa au Bornou comme cuisinier du Sultan. Le lieutenant-colonel Monteil le rencontra à Koukaoua en 1892.

⁽³⁾ In *Sahara et Soudan*, traduction GOURDAULT, *op. cit.*, p. 9.

⁽⁴⁾ In *Sahara et Soudan*, traduction GOURDAULT, *op. cit.*, p. 295 et suivantes.

gente qui avait habité longtemps avec son mari l'archipel du lac⁽¹⁾ », des renseignements précieux sur la géographie du Tchad, sur ses îles, ses habitants, leurs mœurs et leurs usages⁽²⁾ (pl. VI, 1^{re} partie).

Quoi qu'il en soit, le lac Tchad proprement dit demeure à peine défloré et l'étude méthodique en reste toujours à faire.

Le 10 avril 1891, le lieutenant-colonel Monteil et l'adjudant Badaire, avec 8 tirailleurs sénégalais, arrivent à Koukaoua, venant de Saint-Louis, Wagha-dougou, Say, Sokoto et Kano. Pendant son séjour de plus de quatre mois dans la capitale du Bornou, Monteil recueille sur le bassin du Tchad des renseignements qui l'amènent à conclure « qu'autrefois le lac n'était probablement qu'une expansion du Chari, qui devait en sortir vers l'Est pour rejoindre le Nil aux environs de Berber »⁽³⁾; « le soulèvement partant des sources du Nil pour aboutir à l'Atlas, ajoute-t-il, a eu pour double effet d'amener l'écoulement des eaux de la mer saharienne et de séparer le Tchad de son exutoire naturel, le Nil »⁽⁴⁾.

Le 15 août, l'expédition quitte Koukaoua, pour prendre la route du désert par Yoo, Baroa, N'Guigmi, Kaouar et Mourzouk; elle atteint Tripoli le 10 décembre 1892, après avoir accompli, dit le vicomte Melchior de Vogüé, un voyage qui « surpasse tout ce qu'on avait fait chez nous depuis notre admirable René Caillé, et qui a placé son auteur parmi les plus grands explorateurs pacifiques, les Barth, les Nachtigal, les Livingstone »⁽⁵⁾.

Monteil est le premier Européen qui ait réussi à atteindre le Tchad en venant de l'Ouest; le lieutenant de vaisseau Mizon a échoué dans cette tâche, en remontant le Niger et la Bénoué; Gentil tente de résoudre le problème par le Sud et réussit⁽⁶⁾ à faire passer le petit vapeur *Léon-Blot* du bassin de l'Oubangui dans celui du Chari; le 1^{er} novembre 1897, pour la première fois, un navire à vapeur flotte sur le Tchad, et ce navire bat pavillon français.

L'outil est donc à pied d'œuvre qui permettra de lever le voile qui couvre encore le lac mystérieux.

Mais le bois fait défaut sur les rives; Rabah, tyran puissant et sanguinaire, maître du Bas-Chari, est un voisin dangereux pour la petite troupe d'audacieux qui montent le *Léon-Blot*; Gentil doit se décider à rentrer dans le Chari et à regagner Gribingui.

(1) In *Sahara et Soudan*, traduction GOURDAULT, op. cit., p. 356.

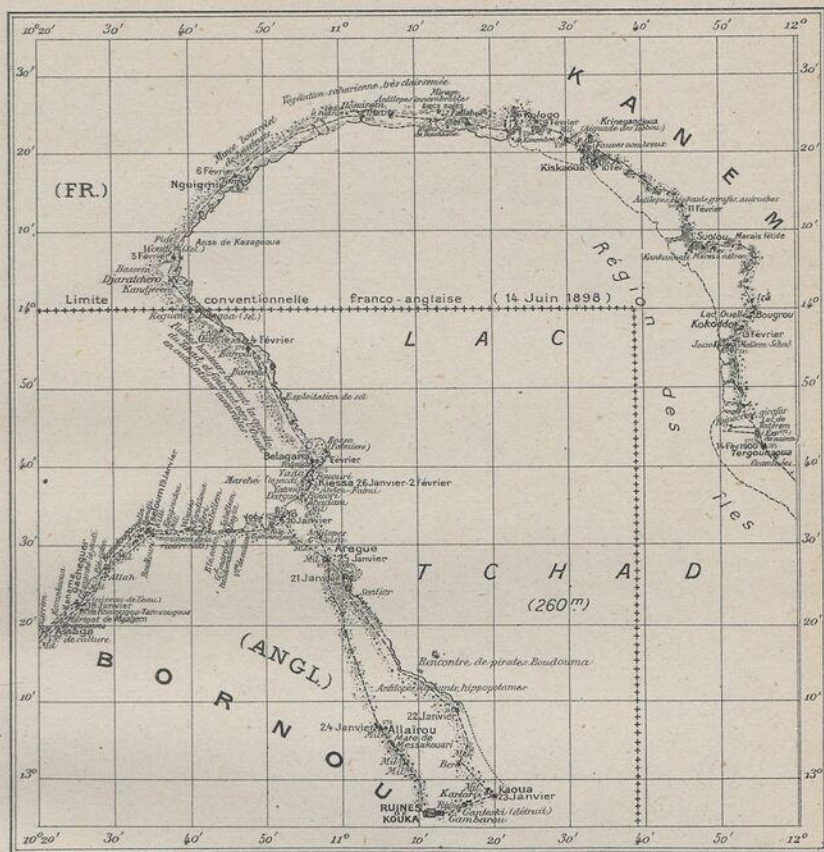
(2) *Sahara und Sudan*, 4^e vol., édit. F. A. Brockhaus, Leipzig, 1889.

(3) In *De Saint-Louis à Tripoli par le Lac Tchad*, par le lieutenant-colonel MONTEIL, p. 340. Félix Alcan, éditeur.

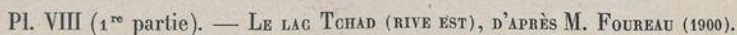
(4) In *De Saint-Louis à Tripoli par le lac Tchad*, op. cit., p. 340.

(5) In *De Saint-Louis à Tripoli*, op. cit., préface, p. VII.

(6) *La chute de l'Empire de Rabah*. Hachette et C^{ie}, éditeurs, 1902.



Pl. VII (1^{re} partie). — LE LAC TCHAD (RIVES OUEST ET NORD), D'APRÈS M. FOUREAU (1900).



Une fois de plus, les circonstances n'ont pas permis de naviguer au large sur le Tchad, ni d'en visiter l'archipel.

Mais l'ère des raids épiques va prendre fin; l'occupation du bassin du Tchad est décidée; trois missions françaises : mission Saharienne (Foureau-Lamy), partie d'Algérie; mission Afrique Centrale⁽¹⁾ (Joalland-Meynier), partie du Soudan; mission du Chari (Gentil), partie du Congo, opèrent leur concentration dans le Bas-Chari en avril 1900 et mettent fin, par la victoire de Kousséri, à la puissance et aux dévastations de Rabah.

La mission Afrique Centrale, venant de l'Ouest par Zinder et Myr, contourne le Tchad par le Nord et, par le Kânem, gagne le Chari. Le lieutenant Meynier, dans un raid audacieux, joint le capitaine de Cointet (mission Gentil), le 13 février 1900 à Sada, poste le plus avancé, à cette date, de notre occupation du Chari. Un peu plus tard, le capitaine Joalland fait sa jonction au Kânem avec la mission Saharienne. Absorbée par des préoccupations d'ordre politique et militaire, la mission Joalland-Meynier n'a pu se consacrer à l'étude du lac Tchad.

La mission Saharienne, venue par Ouargla, Iferouane, Agadès et Zinder, suit la Komadougou Yoobé de Bagara⁽²⁾ à Yoo, passe par Koukaoua, remonte vers le Nord par Argué, Baroa, Woudi, Yara (près N'Guigmi), Kiskaoua, Kokkoddou, franchit le Bahr el Ghazal à Tegaga et le Chari à Mara. M. F. Foureau, chef de la mission, note quelques profondeurs du lac dans le voisinage des rives⁽³⁾ et constate que l'eau du Tchad même est *absolument douce* et ne déceie au goût aucune trace de sels de nature quelconque⁽⁴⁾. Après avoir vu le Bahr el Ghazal à Tegaga et recueilli l'opinion d'indigènes « tant kanembou que gens de Koukaoua, de l'entourage d'Ahmar Scinda qui accompagnaient la mission⁽⁵⁾, M. Foureau a beaucoup de tendances à croire que l'on se trouve (au Bahr el Ghazal) en présence d'un affluent, desséché pour une raison non encore déterminée, et qui, peut-être, gît seulement dans ce fait que là, comme dans le monde entier, la quantité des pluies diminue de façon constante, et que l'on se trouve en face d'un phénomène régulier de régression »⁽⁵⁾.

Les constatations faites par M. Foureau sont du plus haut intérêt, car c'est la première fois qu'un voyageur dispose de la force militaire suffisante pour subordonner, en partie, le choix de ses itinéraires aux recherches et aux études qu'il se propose d'effectuer. Aussi nous croyons devoir renvoyer le lecteur aux travaux originaux par lesquels le chef de la mission Saharienne rend compte

⁽¹⁾ Ancienne mission Voulet-Chanoine.

⁽²⁾ Village voisin de Tourbanguida, en aval de ce point.

⁽³⁾ In *Documents scientifiques de la mission Saharienne*, par F. FOUREAU, t. I, p. 273. Masson et C^{ie}, éditeurs, 1905.

⁽⁴⁾ In *Documents scientifiques de la mission Saharienne*, par F. FOUREAU, t. I, p. 273. Masson et C^{ie}, éditeurs, 1905.

⁽⁵⁾ In *Documents scientifiques*, op. cit., t. I, p. 279.

de l'accomplissement du programme qui lui avait été tracé ⁽¹⁾, nous bornant ici à reproduire la carte des contours du lac qui accompagne l'ouvrage ⁽²⁾ (pl. VII et VIII, 1^{re} partie).

Comme on le voit aucun des itinéraires effectués ne pénètre dans l'intérieur du Tchad; les parties Sud-Ouest, Sud et Sud-Est du rivage n'ont pas été visitées, les routes suivies passant à une assez grande distance des bords du lac.

Ainsi donc, au commencement du xx^e siècle nous en sommes réduits, en ce qui concerne l'archipel, ses populations, la profondeur des eaux, la constitution géologique des îles et du fond de la cuvette, etc., aux renseignements sommaires des lettres adressées par Overweg, mort en cours d'exploration après un rapide voyage de Madouari à Belarigo (Belarigo) ⁽³⁾.

La mort de Rabah marque le début de l'occupation française d'abord, de l'occupation allemande et anglaise plus tard, dans le bassin du Tchad.

Le lieutenant-colonel Destenave ⁽⁴⁾, commissaire du Gouvernement par intérim des pays et protectorats du Tchad, détruit les dernières bandes rabistes, et fait effectuer la reconnaissance des régions placées dans notre zone d'influence par les conventions internationales.

L'enseigne de vaisseau d'Huart effectue à bord du *Léon-Blot* diverses tournées dans l'archipel, de Bérérem à Mishiléla, Kindin et Djoléa; le capitaine Dubois étudie la rive Sud-Est du Tchad, de l'embouchure du Chari jusqu'au delta du Bahr el Ghazal; le capitaine Bellion et le lieutenant Dhomme reconnaissent cette dernière vallée; le capitaine Truffert explore pendant plusieurs mois, et pacifie, l'archipel Kouri; des reconnaissances à la côte Est du lac sont accomplies par les lieutenants Avon, Dhomme et Duperthuis; le lieutenant Lacoïn effectue des levés dans la partie Sud de l'archipel Boudouma. Le capitaine Truffert lève l'itinéraire de Dikoa à Fort-Lamy et le capitaine Dangeville

⁽¹⁾ *Documents scientifiques*, op. cit., t. I.

⁽²⁾ *Documents scientifiques*, cartes, op. cit.

⁽³⁾ Voir plus haut, p. 10 et 11.

⁽⁴⁾ Les renseignements qui suivent sont extraits de *La Géographie*, 15 mars 1903. Reconnaissance géographique de la région du Tchad.

Voir également à ce sujet : in *La Géographie*, Exploration des îles du Tchad par le lieutenant-colonel Destenave;

Deux années de commandement dans la région du Tchad (1900-1901) par le lieutenant-colonel Destenave (*Revue de géographie*, juillet 1903);

Région du Tchad, Le Bahr el Ghazal et l'archipel Kouri, par le capitaine Truffert (*Revue de géographie*, juin-juillet 1903);

Bas-Chari, rive Sud du Tchad et Bahr el Ghazal, par le capitaine R. Dubois (*Annales de Géographie*, t. XII, 1903, n° 64 du 15 juillet 1903);

Région de l'Oubanghi, du Chari et du Tchad, par le lieutenant Lacoïn (*Bulletin de la Société géologique de France*, 4^e série, t. III, p. 484 à 496);

Le lac Tchad, 1^{re} et 2^e parties, par le lieutenant-colonel Destenave (in *Revue générale des sciences*, 1902, p. 649, 661 et 717-727);

Le Tchad et ses habitants, par l'enseigne de vaisseau d'Huart (in *La Géographie*, 13 mars 1904).

ILES DU TCHAD

et
Côte du Kanem,

travaux sous la direction du Lieutenant-Colonel DESTENAVE,

Comité de la *Territoire Militaire du Tchad*

(1900 - 1902)

par M.M. d'Haart, *États de Vénétie*Traffort, *Capitaine d'Artillerie H.C.*Dubois, *Capitaine d'Artillerie H.C.*Bézu, *Capitaine d'Artillerie H.C.*Lacoin, *Lieutenant d'Artillerie H.C.*Tétart, *Chef de Bataillon d'Artillerie H.C.*Bablon, *Capitaine d'Artillerie H.C.*Clérin, *Capitaine d'Artillerie H.C.*Duperré, *Capitaine de Cavalerie*Dhomme, *Lieutenant d'Artillerie H.C.*Avon, *Lieutenant de Cavalerie*

Travail d'assemblage du Capitaine Bézu.

Echelle : 1/600,000

0 10 20 30 40 50 60

Positions astronomiques

Makilla (Latitude 13° 25' N - Longitude 12° 15' E)

Bjinnilich (Latitude 12° 15' N - Longitude 12° 15' E)

Bongrand (Latitude 12° 15' N - Longitude 12° 15' E)

Kindili (Latitude 12° 15' N - Longitude 12° 15' E)

N'Gallini (Latitude 12° 15' N - Longitude 12° 15' E)

Djola (Latitude 12° 15' N - Longitude 12° 15' E)

Nord magnétique
(Mars-Juillet 1902)

DAGANA

Matschou

celui de Dikoa à Koukaoua et à N'Guigmi (rives Sud-Ouest, Ouest et Nord-Ouest du Tchad). Un archipel, comprenant plusieurs centaines d'îles, peuplé de 45,000 habitants environ et renfermant d'abondants troupeaux de bœufs est révélé aux géographes. Absorbés par des préoccupations d'ordre militaire, insuffisamment pourvus des instruments nécessaires à la détermination des coordonnées géographiques, les officiers du territoire militaire du Tchad n'ont pu dresser qu'une carte très imprécise, mais qui, sous cette forme, n'en constitue pas moins le document le plus complet publié jusqu'alors. La carte ci-contre (pl. IX, 1^{re} partie), empruntée à *La Géographie*, juin 1903, pl. 2, montre les progrès considérables réalisés dans la connaissance de ces régions après quelques mois d'occupation française.

Le lieutenant-colonel Destenave est remplacé, à l'expiration de sa période de commandement, par l'administrateur en chef de 1^{re} classe des colonies Alfred Fourneau. Sous la direction du commandant Largeau, commandant les troupes, la reconnaissance de l'archipel et du lac est complétée; nombre d'îles nouvelles sont reconnues; l'impôt est établi dans les îles. Le capitaine d'Adhémar, le lieutenant Hardellet, l'enseigne de vaisseau Audoin, dressent une carte complète de l'archipel. Les eaux libres du Tchad, à l'exception de la poche Sud-Est, étant restées presque complètement en dehors des reconnaissances effectuées antérieurement, le périple du lac est effectué, et une série d'itinéraires transversaux renseignent sur l'étendue et la profondeur de sa vaste nappe d'eau. L'assèchement qui se manifeste avec intensité au cours de cette période, le développement de la végétation qui en est la conséquence, amènent à envisager le Tchad comme un marécage bien plus que comme un lac.

En 1903, les docteurs Chevalier et Decorse⁽¹⁾ arrivent dans le Bas-Chari par le Congo⁽²⁾. Chevalier, venant de N'Gouri, longe la rive Sud-Est du lac par Bérérem et Hadjer el Hamis; Decorse, à bord d'une pirogue Kotoko, va de l'embouchure du Chari vers Hadjer el Hamis et retourne peu après à Djimtilo. Les résultats rapportés par la mission Chari-Lac Tchad ont été présentés dans l'important ouvrage publié en 1908 par le chef de mission : *L'Afrique centrale française. Mission Chari-Lac Tchad (1902-1904)*. Les études effectuées se rapportent indirectement au lac proprement dit, que les deux voyageurs n'ont fait qu'effleurer.

À la fin de 1903, l'enseigne de vaisseau Delevoye⁽³⁾ venant de l'embouchure du Chari, se rend, à bord du chaland *Benoit-Garnier*, à la rive Ouest du Tchad qu'il atteint à hauteur de N'Gornou, longe cette rive, sans entrer dans la Koma-

(1) *Mission scientifique Chari-Lac Tchad (1902-1904)*.

(2) *L'Afrique Centrale française*, par Aug. Chevalier. Challamel, éditeur. 1908.

(3) LENFANT, *La grande route du Tchad*. Hachette et C^{ie}, éditeurs, 1905.

dougou Yoobé, jusqu'en un point situé à 10 kilomètres environ dans le Sud-Ouest de N'Guigmi, puis regagne le Chari *sans pénétrer dans l'archipel*. La carte de la planche X (1^{re} partie) extraite de *La grande route du Tchad* indique le chemin suivi au cours de cette reconnaissance accomplie exclusivement dans les eaux libres du lac. La conclusion du lieutenant-colonel Lenfant, chef de la mission Niger Bénoué-Tchad, à laquelle appartenait l'enseigne de vaisseau Delevoe, relativement à l'écoulement du trop plein du Tchad dans l'Atlantique par le Toubouri et la Bénoué, a été reconnue inexacte ⁽¹⁾.

La Commission franco-anglaise de délimitation du Niger au Tchad arrive à Koukaoua dans les premiers jours de janvier 1904. Le capitaine Moll, chef de la Section française, désigne le capitaine Tilho, membre de sa mission, pour dresser la carte générale du lac. Le capitaine Tilho ⁽²⁾ s'embarque à Seyorom, étudie de concert avec l'enseigne de vaisseau Audoin toute la côte jusqu'à N'Guigmi, pendant que son adjoint, le sergent Cosson, faisant route par terre, en longeant la rive, en effectue le levé topographique. De N'Guigmi, le capitaine Tilho se rend par eau à Kiskaoua, quitte le lac en ce point pour se rendre au Kânem et vient reprendre ses travaux quelques jours plus tard à Bol. De concert avec le lieutenant Hardellet, il étudie l'archipel boudouma de Bol à Kiskaoua et quitte définitivement le Tchad à N'Guigmi le 15 mai 1904, pour effectuer son retour en France; son travail est appuyé sur un certain nombre de positions astronomiques qui lui permettent, avec l'aide des levés des officiers du territoire militaire du Tchad, de dresser la *première carte d'ensemble* précise du grand lac centre-africain. Les circonstances, et le peu de temps dont il a disposé, ne lui ont pas permis, malheureusement, d'étudier le rivage Sud, et aucune position astronomique n'a été déterminée dans cette région. Les sondages effectués sur les itinéraires reproduits sur cette carte montrent : 1° que la profondeur moyenne du lac est de 2 mètres environ (elle a été trouvée une seule fois égale à 6 mètres); 2° qu'une ligne de hauts-fonds s'étend entre l'archipel et les eaux libres; ces hauts-fonds se prolongent par un épi s'étendant des îles à pâturages devant Kindin jusqu'à la rive Ouest du lac (Seyorom). En avril 1904, ce plateau, couvert de 1 mètre d'eau environ, n'offrait qu'un seul passage de quelques mètres de largeur permettant de se rendre de la partie Nord dans la partie Sud des eaux libres (pl. XI, 1^{re} partie).

La commission anglo-allemande de délimitation Yola-Lac Tchad (1903-1904) étudie la partie Sud-Ouest du lac en vue de ses travaux d'abornement.

⁽¹⁾ Voir à ce sujet *Le Cercle du Moyen Logone*, par G. BRUEL, publication du Comité de l'Afrique française, p. 64 à 66.

⁽²⁾ Voir *Exploration du lac Tchad* (février-mai 1904) par le capitaine J. Tilho (in *La Géographie*, 15 mars 1905).

COMMANDANT LENFANT

MISSION

NIGER-BÉNOUË-TCHAD

CARTE

DU CHAMP D'EXPLORATION ET DES PAYS TRAVERSÉS

dressée sous la direction du Commandant

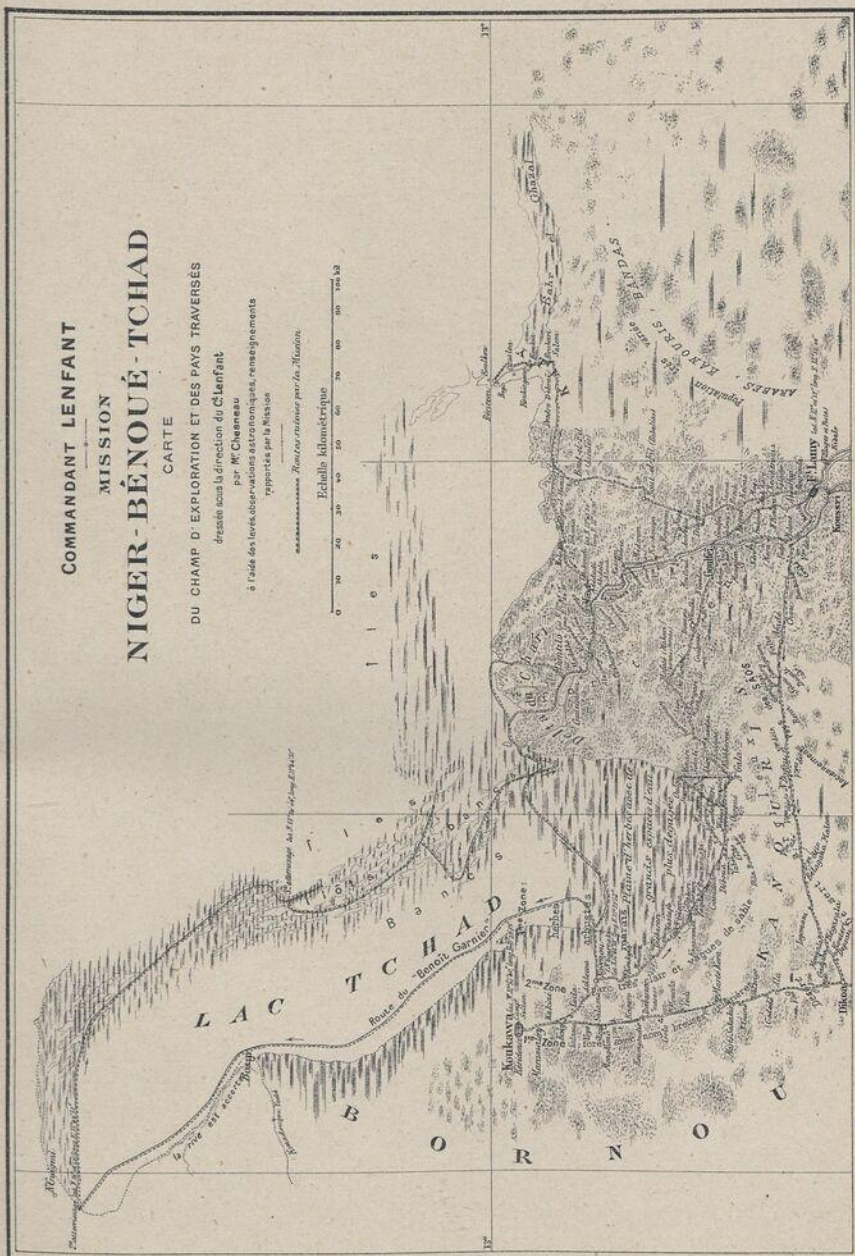
par M. Clesneau

à l'aide des levés, observations astronomiques, renseignements
rapportés par la Mission

----- Routes suivies par la Mission

Echelle kilométrique

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640 660 680 700 720 740 760 780 800 820 840 860 880 900 920 940 960 980 1000



On sait, en effet, que la frontière entre les possessions anglaises et allemandes, dans ces régions, a pour origine, dans le Nord, l'intersection du méridien à 35' Est du centre de Koukaoua avec la rive Sud du Tchad. Les travaux de la section allemande sont résumés brièvement dans les « Mittheilungen von Petermann » de 1905. Ces travaux modifient d'une façon appréciable la position en latitude de la rive méridionale du lac placée à 15 kilomètres trop au Sud par Vogel, et confirment à peu près la longitude attribuée par cet explorateur à Dikoa. Une partie des cours d'eau de la partie allemande du Bornou est étudiée.

A la fin de novembre 1904, l'expédition anglaise ⁽¹⁾ Alexander-Gosling, venant de Koukaoua par le Niger, la Bénoué et la route Yola-Maifoni, atteint la rive occidentale du Tchad à Kaddai, à 35 kilomètres environ dans le Nord de Koukaoua ⁽²⁾. Avec les deux embarcations en fer qu'il a amenées d'Angleterre, Boyd Alexander effectue entre Kaddai, l'embouchure de la Komadougou Yoobé et les îlots-bancs de l'archipel, une série de reconnaissances rendues très laborieuses par la baisse des eaux dans le lac, et doit renoncer à atteindre de ce côté les îles habitées d'une façon permanente.

Depuis avril 1904, la végétation a obstrué le passage sur le plateau signalé par la carte du capitaine Tilho entre Kindin et Seyorom, et les embarcations de Boyd Alexander doivent être démontées et transportées à Seyorom; l'énergique officier réussit, cette fois, à gagner l'archipel; il passe à Karraga, Bol, Mishiléla et entre dans le Chari en mai 1905, en traversant, au Nord de Kandeïa, la zone des îlots-bancs, suivant la voie pratiquée par les piroguiers indigènes. Visitant le Tchad à une période de très basses eaux, le lieutenant Boyd Alexander n'a pu effectuer que des reconnaissances peu étendues; il ne faut donc pas s'étonner que sa carte (dont ci-joint une reproduction empruntée à l'ouvrage *From the Niger to the Nile*, [pl. XII, 1^{re} partie]), ne donne qu'une idée très incomplète du lac et de son archipel.

Cependant les officiers et sous-officiers du territoire militaire du Tchad continuent, sous la direction des lieutenants-colonels Gouraud et Largeau, l'étude du Tchad et l'administration de l'archipel.

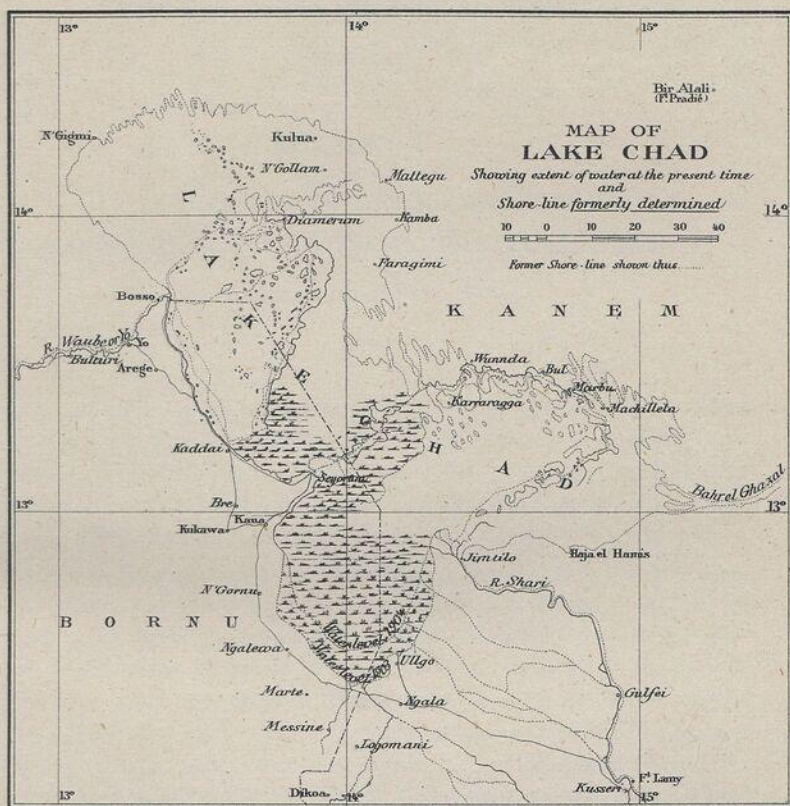
⁽¹⁾ Cette expédition, qui se proposait spécialement d'étudier les oiseaux et les poissons du Tchad, comprenait le lieutenant Boyd Alexander (Rifle Brigade), les capitaines Claud Alexander (Scots Guards) et G. B. Gosling (Rifle Brigade), M. P. A. Talbot (B. A.), l'interprète et aide José Lopes. Le capitaine Claud Alexander succomba à Maifoni le 14 novembre 1904; M. Talbot, qui lui était adjoint pour les observations astronomiques et topographiques, rentra peu après en Angleterre; le capitaine Gosling mourut à Niangara, sur l'Ouellé, le 12 juin 1906.

⁽²⁾ Voir carte annexée à l'ouvrage du Lt Boyd ALEXANDER, *From the Niger to the Nile*. Edward Arnold, London 1907, 2 vol.

Le capitaine Freydenberg⁽¹⁾, en particulier, au cours de l'année 1905, pendant laquelle les eaux ont été très basses, a l'occasion de visiter toute la cuvette Nord du Tchad et de faire sur l'ensemble du lac et de ses fies des remarques très importantes qu'il présente en une thèse de doctorat à la Faculté des Sciences de Paris (9 avril 1908).

Le Tchad, si longtemps mystérieux, a donc été vu dans toutes ses parties. Il importe maintenant de préciser chacun des points particuliers. Après la délimitation de la frontière franco-anglaise dans le lac, ce sera la tâche que s'efforcera de réaliser notre mission.

⁽¹⁾ Freydenberg, *Le Tchad et le bassin du Chari*. Fernand Schmidt, impr.-éditeur, Paris, 1908.



Pl. XII (1^{re} partie). — LES ITINÉRAIRES DANS LE LAC TCHAD DU LIEUTENANT BOYD ALEXANDER (1904).

CHAPITRE II.

L'OEUVRE DE LA MISSION AU TCHAD.

SECTION I.

LE LAC TCHAD À LA FIN DE L'ANNÉE 1907.

RECONNAISSANCE À TRAVERS LA CUVETTE LACUSTRE.

(9 NOVEMBRE-6 DÉCEMBRE 1907.)

Les travaux effectués par la Mission au lac Tchad proprement dit s'étendent du 28 octobre 1907 au 21 août 1908. La première tâche à accomplir fut la reconnaissance, à l'intérieur du lac, de la frontière entre les possessions françaises et anglaises en vue de l'abornement. Le protocole franco-anglais du 29 mai 1906 avait défini dans les termes suivants le tracé théorique de cette ligne :

« A partir de l'embouchure de la Komadougou Yoobé dans le lac Tchad, la frontière suivra, vers l'Est, le parallèle de latitude passant par le thalweg de l'embouchure de ladite rivière jusqu'au point de ce parallèle situé à une distance de 35 kilomètres du centre du village de Bosso. De ce point, elle se dirigera, en ligne droite, sur le point d'intersection du 13° parallèle de latitude Nord avec le méridien qui passe à 35' à l'Est du centre de la ville de Koukaoua, méridien visé dans les conventions du 14 juin 1898 et du 8 avril 1904.

« Article 2. Il est convenu que les îles du Tchad qui se trouvent situées à l'intérieur de la ligne déterminée par le dernier paragraphe de l'article 1^{er} feront partie intégrante des Territoires britanniques, et que celles qui se trouvent en dehors de cette même ligne feront partie intégrante des Possessions françaises.

« Les deux Hautes Parties contractantes s'engagent mutuellement à assurer aux citoyens et protégés français, aux sujets et protégés britanniques, pour leurs personnes comme pour leurs biens, la libre navigation sur le lac. »

Au commencement de l'année 1904, lors de l'arrivée de la Mission Moll à la côte Ouest du Tchad, le capitaine Tilho avait pu se déplacer en chaland, sur le lac, de Seyorom à l'embouchure de la Komadougou Yoobé, puis à N'guirmi

et à Kouloa; son embarcation s'était rendue ensuite à Bol en passant dans l'Ouest de l'archipel.

Le capitaine Freydenberg ⁽¹⁾ divisait, en 1905, le Tchad en deux régions principales : Tchad Nord et Tchad Sud, séparées l'une de l'autre par un barrage herbeux s'étendant de Seyorom à Kindin.

M. le géologue Chudeau constatait à son passage (15 février-9 mars 1906) que toute la partie Nord du lac était asséchée ⁽²⁾. Cependant, au Sud, le vapeur *Léon-Blot* continuait à effectuer le voyage de l'embouchure du Chari à Bol.

Sous quel aspect allions-nous voir, à la fin de 1907, ce lac original qui, visité à des époques diverses par des voyageurs différents, s'est montré à chacun d'eux sous une forme chaque fois différente?

Quoi qu'il en soit, deux embarcations ⁽³⁾ de la flottille avaient été demandées, à la date du 15 juillet 1907, à M. le lieutenant-colonel Largeau, commandant le Territoire militaire du Tchad; ces embarcations, dont l'arrivée à Bosso était prévue pour la première quinzaine d'octobre, étaient destinées à assurer les déplacements de la Mission sur le lac pour les travaux astronomiques et le placement des bornes-frontières. Le 6 octobre, une lettre du kachella Hassan, de Bosso, reçue à Adebour, signalait qu'aucune nouvelle ne lui était parvenue concernant des embarcations venant du Chari et cherchant à atteindre l'embouchure de la Komadougou Yoobé. Le 28 octobre, à l'arrivée à Bosso du premier détachement de la Mission ⁽⁴⁾, même absence de renseignements; depuis deux semaines, cependant, des cavaliers du chef de Bosso sont en route pour recueillir auprès des riverains du lac toutes indications utiles au sujet des *baleinières* ⁽⁵⁾. Au dire des indigènes, d'ailleurs, l'assèchement du lac est très prononcé dans les parages de l'embouchure de la Komadougou; dans le Nord, une route de terre directe, fréquentée normalement par les caravanes qui se rendent du Bornou au Kânem ⁽⁶⁾, relie Bosso à Ngollom; dans le Sud, la végétation, suivant la même source de renseignements, a envahi le N'gui Boul sur lequel on naviguait encore en 1904, et personne ne fréquente plus ces parages, pas

⁽¹⁾ Voir *Le Tchad et le bassin du Chari*, thèse présentée par H. FREYDENBERG (Fernand Schmidt, éditeur), p. 30.

⁽²⁾ Voir *La Géographie*, 15 avril 1907, p. 265 (R. CHUDEAU).

⁽³⁾ Les embarcations en question, dénommées *baleinières*, sont des canots en acier doux galvanisé, pointus aux deux extrémités, longs de 8^m,50, portant 3,600 kilogrammes au maximum. Deux saisons étanches, à l'avant et à l'arrière de l'embarcation, assurent à celle-ci une réserve de flottabilité après avarie (voie d'eau à la suite d'un échouage ou d'un choc quelconque, déchirure dans la coque produite par un hippopotame, remplissage dans un rapide ou par gros temps, etc.). Sur le Tchad, il y a intérêt à ne pas charger les *baleinières* au delà de 1,800 kilogrammes.

⁽⁴⁾ Ce détachement comprenait le lieutenant de vaisseau Audoin et l'Adjoint des affaires indigènes, aujourd'hui administrateur-adjoint des colonies, Roserot de Melin.

⁽⁵⁾ Ces caravanes, composées surtout de Bornouans et de Haoussas, apportent au Kânem des étoffes, des kolas, de la verroterie, des allumettes, etc., et en ramènent des bœufs qu'ils revendent, avec un très gros bénéfice, à Kano, ou à Zinder, et autres grands centres.

même les pêcheurs boudoumas dont les pirogues ne pourraient se frayer un passage dans le réseau inextricable des arbres (ambachs)⁽¹⁾ et des herbes⁽²⁾. Bien que les renseignements indigènes doivent être, *a priori*, considérés comme suspects, la venue des baleinières de la flottille parut, dès lors, très improbable, et l'on avisa aux moyens de résoudre, avec les seules ressources de la Mission, le programme tracé.

Il importait, en outre, que l'étude systématique des régions parcourues marchât de front avec l'abornement. Les dispositions furent prises aussitôt pour l'installation à Bosso d'une station météorologique fixe qui recueillerait les divers éléments météorologiques de nature à fixer la climatologie de cette partie du Centre-Africain; en même temps on étudiait le régime de la Komadougou Yoobé. Le rôle du Directeur de la station météorologique était défini de la façon suivante par les instructions en date du 29 octobre 1907 du Chef de mission :

« Les observations à faire à la station météorologique de Bosso comprennent :

« 1° Toutes celles prévues par le bulletin mensuel (imprimé mod. n° 3) du Bureau central météorologique de France [températures extrêmes; température et humidité; état du ciel; pression barométrique; vent; pluie; forme et direction des nuages; remarques diverses et phénomènes accidentels (orages, tempêtes, rosée, neige)];

« 2° L'observation du niveau de la Komadougou Yoobé;

« 3° L'observation de la température de l'eau de cette rivière.

Ces diverses observations ont lieu à 7 heures matin, 1 heure soir, 6 heures soir.

« Autant que possible, la température de l'eau de la rivière doit être prise à une certaine distance de la berge, dans une zone dans laquelle le courant se manifeste nettement, *sans remous*.

« Les instruments dont dispose la station sont :

Thermomètre à maxima de Négretti n° 23338 (Tonnelot);

— à minima de Négretti n° 22602 (Tonnelot);

— fronde, n° 19528 (Tonnelot);

— sans numéro, provenant de la fourniture de baromètres de la maison Naudet et C^{ie};

Baromètre holostérique, n° 13485 (Naudet).

Les corrections de ces instruments, telles qu'elles résultent des comparaisons faites au Bureau central météorologique sont :

Thermomètre à maxima, n° 23338 (correction nulle);

— à minima, n° 22602 (correction nulle);

⁽¹⁾ Ambach (herminiera elaphroxylon). — Voir *Documents scientifiques de la mission saharienne*, F. FOUREAU, t. I, p. 446; classement des végétaux, n° 258.

⁽²⁾ Ces herbes comprennent des papyrus, des roseaux, des liserons, des nénuphars, du sed, etc.

Thermomètre fronde, n° 19528 : de 0 à + 10° (correction nulle); au-dessus de + 10°, retrancher 0°,1;

Thermomètre, sans numéro, de Naudet : (correction inconnue); comparer ses indications à celles du précédent;

Baromètre, n° 13485. Régulé à la pression de 760^{mm}, les corrections d'échelle sont les suivantes :

A 760 ^{mm}	0 ^{mm} ,0	A 710, <i>ajouter</i>	1 ^{mm} ,0
A 750, <i>ajouter</i>	0 ^{mm} ,2	A 700.....	1 ^{mm} ,2
A 740.....	0 ^{mm} ,3	A 690.....	1 ^{mm} ,4
A 730.....	0 ^{mm} ,6	A 680.....	1 ^{mm} ,5
A 720.....	0 ^{mm} ,8		

« Le relevé des observations effectuées à la station (1 bulletin mensuel du Bureau central, 1 état pour les variations du niveau et pour la température de la Komadougou Yobé) sera adressé *mensuellement* au Chef de mission.

« Les observations commenceront le 1^{er} novembre prochain, et se poursuivront sans interruption jusqu'à nouvel ordre. La vitesse du courant de la rivière sera notée tous les dix jours.

Bosso, 29 octobre 1907.

Pour le capitaine, Chef de mission et p. o.,

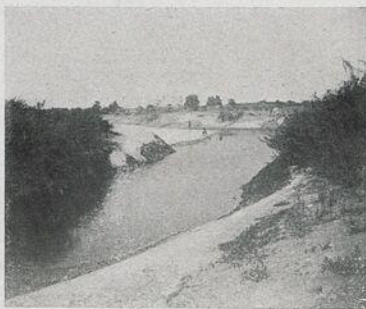
Le lieutenant de vaisseau, chef du 2^e groupe,

AUDOIN.

C'est donc à la date du 1^{er} novembre 1907 que la station météorologique de Bosso commence son service normal. Cependant le cours de la rivière est levé depuis Bosso jusqu'à la limite de l'inondation du lac, et l'on détermine, par une reconnaissance hydrographique du petit delta de la Komadougou, celui de ses bras dont l'embouchure définira le parallèle frontière dans le Tchad. Le 9 novembre 1907, ce delta se présente comme suit : à partir de la limite de l'inondation jusqu'au point E du croquis ci-contre (fig. 1, 1^{re} partie), le lit de la rivière est bien défini, entre deux berges accores, les fonds variant de 2 à 4 mètres. En E, deux bras, dissimulés sous les hautes herbes, se dirigent vers le S. E.; un troisième bras, au cours apparent, est orienté vers le N. E.; les rives sont moins bien accusées, des bancs de sable émergent en divers points du lit; les fonds sont très variables et des gués existent en plusieurs endroits : on est entré dans la zone des bancs de sable formés par les alluvions de la rivière à son embouchure; l'inondation s'étend vers le Nord et vers le Sud.

Enfin, 80 mètres environ avant d'atteindre le « canal creusé par les indigènes pour la pêche » (voir fig. 1, 1^{re} partie), on ne trouve plus de lit défini; la rivière divague suivant trois directions principales : Nord, Est, S. E.; les

KOMADOUGOU YOOBÉ.



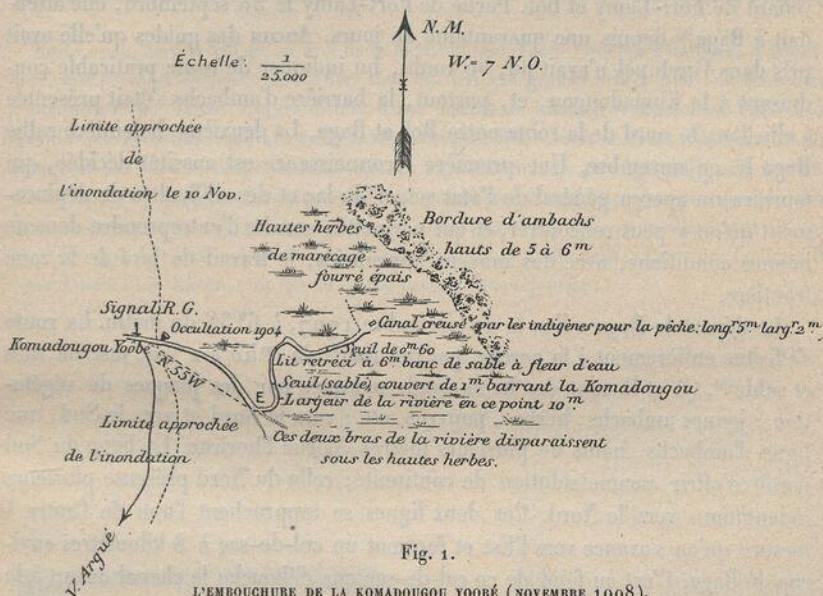
Rivière temporaire dont l'écoulement dure cinq mois environ par an (août-janvier), la Komadougou Yoobé constitue la frontière entre les possessions françaises et anglaises sur une longueur de 150 kilomètres environ, de Kanama à son embouchure dans le lac Tchad. Son cours sinueux se déroule entre des berges de sable absolument plates, hautes de 4 à 5 mètres environ, sur lesquelles croît la végétation arbustive du steppe soudanais, et parfois aussi des arbres de belle venue, tels que des tamariniers.



Le Komadougou Yoobé est guéable le plus souvent; on la franchit aux hautes eaux au moyen de calebasses évidées, reliées entre elles par des traverses de bois sur lesquelles on se place à califourchon, à moins que le nombre des calebasses ne permette d'installer une plate-forme qui recevra bagages et passagers; la propulsion de ce radeau est assurée par un homme qui plonge alternativement chacune de ses mains dans l'eau à la façon d'avirons.

banes de sable sont à peine couverts, ou même émergent, bien qu'on soit à peu près au moment des plus hautes eaux (le niveau maximum fut, en effet, atteint à Bosso le 15 novembre suivant).

En résumé, à partir de E, on ne retrouve plus, en suivant les sillons que s'est creusé le courant, les caractéristiques qu'offre le fleuve en amont de ce point (berges accores, fonds à peu près réguliers de 2 à 4 mètres); on n'a plus affaire qu'à une région inondée. C'est donc en E que se trouve l'embouchure de la Komadougou Yoobé dont le parallèle de latitude définit la frontière dans le lac jusqu'au point à 35 kilomètres du centre de Bosso. Ce fut là, effec-



tivement le terme du voyage du cadavre d'un noyé que nous avons rencontré le 9 novembre au matin, dérivant avec un tirant d'eau de 0^m 40 environ.

Les hautes herbes commencent immédiatement après les banes de sable de l'embouchure; elles forment un réseau tellement serré, que l'eau est généralement invisible, et qu'il est possible, après les avoir couchées pour se frayer un passage, de se déplacer presque à pied sec en marchant dessus. Quelques centaines de mètres plus loin, on trouve la barrière d'ambachs présentant des arbres hauts de 5 à 8 mètres avec des troncs de 0 m. 10 à 0 m. 40 de diamètre, par des fonds de 1^m 50 et davantage.

Ces premières constatations suffirent à nous convaincre de la nécessité de

disposer d'embarcations solides pour se déplacer au milieu de cette forêt inondée; les pirogues des riverains, ou des insulaires, construites en jone, n'auraient pu résister longtemps aux fatigues de toute sorte qu'elles auraient éprouvées dans ces parages (frottements contre la végétation; trainage sur les petits fonds); enfin il apparaissait qu'un débroussement important s'imposerait s'il n'était pas possible d'atteindre le point situé à 35 kilomètres du centre de Bosso sur le parallèle de l'embouchure, en partant de la partie asséchée du lac au Nord de la rivière.

Sur ces entrefaites nous apprîmes, le 10 novembre, deux jours après le commencement de la reconnaissance, l'arrivée à Baga de l'une des baleinières venant de Fort-Lamy et Bol. Partie de Fort-Lamy le 30 septembre, elle attendait à Baga⁽¹⁾ depuis une quarantaine de jours. Aucun des guides qu'elle avait pris dans l'archipel n'avait pu, ou voulu, lui indiquer de route praticable conduisant à la Komadougou, et, partout, la barrière d'ambachs s'était présentée à elle dans le nord de la route entre Bol et Baga. La deuxième baleinière rallie Baga le 19 novembre. Une première reconnaissance est aussitôt décidée, qui fournira un aperçu général de l'état actuel du lac et des difficultés de déplacement qu'on y peut rencontrer, et qui permettra ensuite d'entreprendre dans de bonnes conditions, avec des moyens appropriés, le travail de levé de la zone frontière.

Le départ de Baga a lieu le 20 novembre 1907, à 6^h 38 du matin. La route s'effectue entièrement à la perche, par des fonds de 1^m 50 à 2^m 40, vase ou vase et sable⁽²⁾. Ça et là sont des hauts-fonds marqués par des plaques de végétation : jeunes ambachs, herbes, papyrus, etc.; vers le Nord et vers le Sud, une ligne d'ambachs, hauts de plusieurs mètres, borne l'horizon. La ligne du Sud paraît n'offrir aucune solution de continuité; celle du Nord présente plusieurs indentations vers le Nord. Ces deux lignes se rapprochent l'une de l'autre à mesure qu'on s'avance vers l'Est et forment un cul-de-sac à 8 kilomètres environ de Baga. C'est au fond de ce cul-de-sac que débouche le chenal ouvert à la hache dans la forêt palustre par les Boudoumas de l'archipel pour permettre le passage des pirogues de paille sur lesquelles ils apportent les produits dont ils trafiquent avec le Bornou sur le marché de Baga (natron, poisson séché, bœufs, etc.)⁽³⁾. La végétation, dans cette partie du lac, forme une voûte presque

⁽¹⁾ *Baga* est un nom commun boudouma qui traduit notre mot «marché». Le point ainsi désigné n'est autre que le «Seyorom» indiqué sur les cartes de la mission Moll. L'appellation de *Baga* est plus communément employée aujourd'hui que celle de *Seyorom*. Il n'existe à Baga aucune case permanente, mais le marché hebdomadaire est très fréquenté et l'on y voit parfois 200 bœufs porteurs venus pour charger le natron apporté par les insulaires. Une piste large de plusieurs mètres relie ce marché à Kaoua.

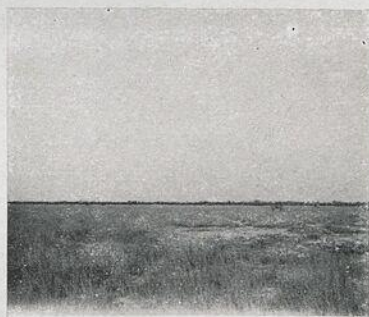
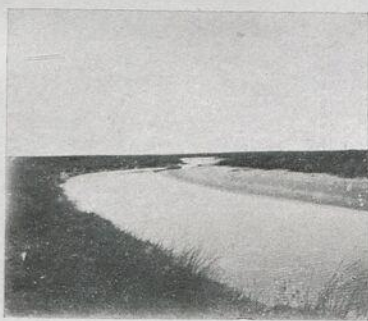
⁽²⁾ L'épaisseur de la vase molle varie de 0^m 40 à 0^m 70 environ; au-dessous, le fond est dur.

⁽³⁾ Ces pirogues sont faites en liant ensemble au moyen de cordes d'oschar des herbes aquatiques séchées (des «folé», sorte de papyrus, notamment), de façon à constituer un flotteur

KOMADOUGOU YOOBÉ.



Bosso est le dernier village en aval de la Komadougou Yoobé; quelques dattiers, d'aspect chétif, dominant les cases en pisé; ces dattiers sont les derniers grands arbres que l'on rencontre avant d'atteindre le lac Tchad, qui est distant d'une dizaine de kilomètres seulement. Visité à diverses époques par les divers explorateurs du Centre-Afrique, Bosso, avec son mur d'enceinte en terre, ne manquait pas, alors, d'une certaine allure; aujourd'hui, son prestige a disparu, ses murailles s'écroulent, sa population diminue régulièrement, la sécurité, chaque jour plus grande, qui règne dans ces parages, permettant aux indigènes d'abandonner les villes pour aller vivre au milieu de leurs terrains de culture. Actuellement, Bosso n'est plus qu'un petit village sur la ligne d'étapes entre Zinder et le Kânem; où les caravanes passent sans séjourner.



Les rives de la Komadougou Yoobé s'abaissent à mesure qu'on approche du lac Tchad et sont inondées en partie aux hautes eaux; la végétation arbustive disparaît progressivement; vers l'Est, à hauteur de l'embouchure, l'horizon est barré par une ligne de végétation palustre, haute de 6 à 8 mètres, constituée principalement par des ambachs (*herminiera elaphroxylon*), des roseaux, des papyrus, etc., donnant l'impression d'une forêt impénétrable. Cette forêt, qui dissimule des marécages étendus, c'est le lac Tchad en 1908.

continue au-dessus du chenal, dont la longueur est de 3 kilomètres environ. Elle comprend des ambachs, dont plusieurs atteignent 0^m30 de diamètre, des nénuphars, des liserons⁽¹⁾ d'eau, quelques papyrus, des herbes de fond⁽²⁾ dont l'aspect rappelle certaines herbes de nos tourbières de France, des herbes de surface (sed), etc.

Malgré cette intensité de la végétation, les fonds ne diffèrent pas sensiblement de ceux rencontrés précédemment et varient de 1^m5 à 2^m4. A la sortie du chenal, on retrouve le même aspect du lac qu'à l'entrée : large voie d'eau, bordée au Nord et au Sud par la végétation. On dirait d'un fleuve très large dont les rives présenteraient de vastes échancrures. Et le même paysage se reproduit, monotone, à mesure qu'on avance, sans rien qui permette de distinguer sûrement un point d'un autre déjà vu; les échancrures se ferment successivement, d'autres s'ouvrent, et l'on a l'impression de transporter avec soi le même panorama attristant. La vie animale, dans ces parages, est peu développée. Pas d'oiseaux, pas d'animaux! c'est le domaine à peu près exclusif des moustiques et des mouches. Parfois apparaît une pirogue montée par quelques insulaires qui se hâtent de quitter ces lieux inhospitaliers où l'on ne peut camper à terre qu'en des points très rares; seuls, les gros poissons qui peuplent les bahrs troublent le silence de la nature du bruit sec qu'ils produisent en retombant dans l'eau au cours de leurs chasses.

Ngoréa⁽³⁾ est le premier îlot rencontré par la reconnaissance permettant de passer la nuit à terre; il émerge de 0^m50 environ, et, en de nombreux points près des rives, le sol, encore humide, est inconsistant comme la tourbe. En quelques parties de l'île, émergées depuis un certain temps, on voit du sable siliceux. La végétation se compose de roseaux, de jones, de liserons, de plantes rampantes, d'ambachs, d'acacias aquatiques, de quelques oschars. C'est le lieu de relâche des Boudoumas se rendant au Bornou ou en revenant. Ils y trouvent du bois pour la cuisine et pour le séchage du poisson qu'ils pêchent; un peu d'herbe pour faire paître les bœufs ou les chevaux qu'ils transportent parfois sur leurs pirogues; ils y réparent également leurs embarcations que la traversée de la forêt palustre a déliées.

allongé; la partie arrière présente une surface plane verticale; la partie avant s'affine et les dernières touffes d'herbes sont relevées de façon à former proue; elles sont maintenues dans cette position au moyen de cordes. Les dimensions de ces pirogues sont très variables; les grandes ont comme dimensions approximatives : largeur, 2^m5; longueur, 8 mètres. Leur durée est faible, les liaisons manquant de rigidité et de solidité; en outre, les herbes pourrissent rapidement. On construit parfois des pirogues de même forme en liant des branches souples d'ambach.

⁽¹⁾ Malvacées.

⁽²⁾ Des échantillons de ces herbes ont été rapportés par le docteur Gaillard.

⁽³⁾ Ngoréa, au sens propre, désigne un boudouma un oiseau (kanouri : *n'gagara*), non palmé, à bec recourbé et à longues pattes, couleur vert foncé; il se tient généralement sur le bord de l'eau, dans les herbes de bordure. (Renseignements recueillis par l'officier interprète Landeroïn, membre de la Mission.)

En continuant vers l'Est, on trouve des terres dont l'altitude au-dessus du niveau du lac s'élève progressivement : N'tioukou (ou Tchoukou)⁽¹⁾, N'tioukou Kourlougui, Malamdam, Nguéléa, Kika, Ararum, etc., fréquentées, à tour de rôle, par les nombreux troupeaux de bœufs qu'élèvent les insulaires.

Koulbou et N'guéléa sont les deux premières îles rencontrées n'ayant pas complètement le caractère de bancs récemment émergés; leur altitude est plus grande⁽²⁾; les oschars⁽³⁾ y sont plus nombreux.

Dans ces parages, la profondeur du lac sur l'itinéraire suivi varie de 1^m5 à 2^m6, le fond étant de vase ou de vase et sable.

Karraga est la première île habitée d'une façon permanente qui ait été visitée par la reconnaissance. Elle offre, ainsi que les îles avoisinantes, un relief sensible (4 à 5 mètres environ d'altitude maxima); une ceinture d'ambachs et de papyrus la borde du côté du lac; le sol est de sable siliceux; les oschars y sont nombreux et de belle taille; quelques épineux (hedjilidjs⁽⁴⁾, mimosas) s'y rencontrent. On est entré dans l'archipel proprement dit.

Plus à l'Est, les îles présentent des caractères analogues, leur relief atteignant 10 à 12 mètres au-dessus du rivage; la végétation arborescente se développe progressivement.

La reconnaissance passe par Ouannnda, de façon à intercaler le levé d'itinéraire effectué entre deux positions astronomiques déjà déterminées⁽⁵⁾, Baga à la rive Ouest du lac, Ouannnda à la rive Est. Une pointe poussée au Sud d'Iba donne un aperçu sur la route actuellement suivie par les vapeurs de la Flottille entre l'embouchure du Chari et Bol.

La profondeur des « bahrs »⁽⁶⁾, sur l'itinéraire entre Karraga, Ouannnda et Iba, varie de 1^m9 à 4^m1, la nature du fond étant vase ou vase et sable, et, auprès des îles, sable dur.

Après Iba, la reconnaissance est dirigée sur Samia, port d'embarquement⁽⁷⁾ à destination du Bornou (Baga). Les fonds entre Ouannnda et Samia varient entre 1^m5 et 2^m5 (vase, vase et sable, sable vasard, sable).

A partir de Samia, la reconnaissance s'effectue par voie de terre; un bahr guéable (1 mètre environ le 3 février 1907) s'étend entre Samia et Togoun,

(1) N'tioukou, ou Tchoukou, désigne, en boudouma, une île inondée aux hautes eaux, couverte en partie d'herbes et d'ambachs; ces îles servent de pâturages aux troupeaux de bœufs aux basses eaux. (Renseignements indigènes recueillis par l'officier interprète Landeroin.)

(2) Koulbou, à 2 mètres environ d'altitude au-dessus du lac.

(3) Oschar (*calotropis procera*).

(4) Hedjilidj (*balanites aegyptiaca*).

(5) Observations astronomiques du capitaine Tilho en 1904 (Mission Moll).

(6) En arabe : fleuve; le mot « bahr » désigne au Tchad les diverses nappes d'eau séparant les îles les unes des autres; les formes sinueuses de ces îles, leurs positions relatives expliquent suffisamment l'application, dans ce cas, du mot bahr.

(7) On y charge surtout du natron provenant des mares à natron de Kilboumou.

LAC TCHAD.

LA ZONE ASSÉCHÉE DU NORD.



Dans le premier semestre de l'année 1908, toute la partie nord du lac Tchad jusqu'à hauteur de la frontière franco-anglaise (parallèle du thalweg de l'embouchure de la Komadougou Yoobé) était entièrement asséchée, alors qu'en 1904 on naviguait normalement dans ces mêmes parages par des fonds de 1 mètre à 1 m. 20. La frontière marque approximativement la limite atteinte par les eaux du lac en février 1908; la végétation de cette zone comprend des ambachs, des roseaux, des « badingoms » (*mentha sp.*).



Là où, quatre ans auparavant, le lac Tchad, sous l'action des grands vents d'Est, roulait ses flots grisâtres en vagues hautes de près d'un mètre, s'étend aujourd'hui une steppe désolée, au sol gris ardoise, profondément fendillé sous l'effet du soleil, où déjà la végétation arbustive est représentée par quelques oschars (*calotropis procera*). Les caravanes de bœufs porteurs et de chameaux traversent couramment cette zone qui représentait, au commencement de 1908, le quart environ de la superficie totale de la cuvette lacustre, soit à peu près le cinquième de celle de la Belgique.

qui est séparé des régions asséchées du Nord par un gué de 0^m60 seulement de profondeur à la même date.

Après le gué de Togoun, la route s'effectue entièrement à pied sec jusqu'à hauteur de Kindin, en longeant, à distance variable, la rive Ouest du bahr qui, en 1902, conduisit le vapeur *Léon-Blot*⁽¹⁾ jusqu'à Djoléa. Actuellement envahi par la végétation sur une grande partie de sa longueur, ce bahr, profond de 3 mètres en moyenne, n'est plus fréquenté qu'aux points de passage des indigènes, à Forrom par exemple, et à Kindin.

Entre Togoun et Kindin, le sol est de sable siliceux; l'herbe pousse par touffes maigres, les oschars⁽²⁾ couvrent de vastes superficies, notamment un peu après le gué de Togoun; les mimosas épineux et les hedjilidjs apparaissent sur les terres élevées; quelques hyphènes se montrent; sur les rives des bahrs, on trouve papyrus, roseaux, ambachs, etc. Cette région est fréquentée par les insulaires qui y mènent paître leurs bœufs; les antilopes du steppe, les gazelles, les cobas (antilope bubale), les hippopotames, les rhinocéros, les girafes s'y complaisent. Le soir, autour des campements, les hyènes font entendre leur plainte lamentable, tandis que les chacals, en chasse, poussent leurs cris aigus. Les guépards y sont nombreux.

Entre Kindin et Kadelou, les terres se relèvent légèrement; le sol et la végétation conservent les mêmes caractères que précédemment; un bahr⁽³⁾, guéable, précède Kadelou.

De Kadelou, la reconnaissance se dirige sur Farguimi, Kolékorarum, Madeï, Madiorou, Korio, Bidellam, Biguéram, Garoua, Baroa, et prend fin à Bosso. Tous les bahrs traversés sont secs, les uns depuis trois ans, d'autres depuis quelques mois seulement. Dans les premiers, la végétation se manifeste avec intensité (sauge, *mentha sp.* principalement); dans ceux le plus récemment asséchés, on trouve l'ambach, l'acacia aquatique⁽⁴⁾, des liserons, des joncs, des roseaux; dans ceux qui achèvent de mourir, près de Bourrom par exemple, il subsiste encore des flaques d'eau croupissante dans lesquelles se débattent des poissons qu'étreint déjà l'asphyxie. Le lit du bahr est jonché de cadavres de poissons, desséchés par le soleil, et les jeunes ambachs n'érigent plus que des tiges mortes.

La physionomie de cette partie de l'archipel s'est donc modifiée d'une façon

(1) Le *Léon-Blot* et la flottille du Tchad étaient commandés à cette époque par le lieutenant de vaisseau d'Huart, qui fit, en 1902, la première reconnaissance hydrographique de l'archipel.

(2) Oschar (*calotropis procera*).

(3) Ce bahr, situé à 2 kilomètres environ au Sud de Kadelou, avait, au commencement de décembre 1907, une profondeur de 1^m20 environ; le passage était rendu assez laborieux par la présence d'une couche épaisse de vase et par les inégalités du fond; deux mois plus tard on ne trouvait, au gué, que des flaques d'eau, et la piste était devenue très praticable.

(4) *Acacia aquatique* (*acacia sp.*). (Voir *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, t. 1; Classement des végétaux, p. 444, n° 239.)

considérable depuis 1904, lors du passage de la mission Moll⁽¹⁾. Il suffit, pour s'en faire une idée, de songer que le bahr séparant N'gollom de Bidellam, qui, en mars 1904, offrait des fonds de 3 mètres environ, n'est plus aujourd'hui qu'un steppe désolé⁽²⁾, de couleur gris ardoise. Et il semble que les eaux, en se retirant, aient emporté tout ce qui faisait le charme de cette région. La vie des indigènes, d'ailleurs, y paraît moins large que par le passé; les récoltes, ici comme dans les régions plus à l'Ouest, ont souffert de la sécheresse, et une épizootie⁽³⁾ — périodique, il est vrai — ravage les troupeaux de bœufs. L'eau d'alimentation, recueillie dans les puits creusés dans les bahrs⁽⁴⁾, est déjà légèrement natronnée, et si sa saveur continue à être tolérable, en revanche elle dissout mal le savon.

D'après les renseignements recueillis, l'itinéraire Bidellam, Biguéram, Kaïoua, Garoua, serait à 45 kilomètres environ au Nord de la nappe lacustre; et, pour atteindre cette dernière, il faudrait traverser un certain nombre de bahrs va-

(1) Capitaine Tilho, sergent Cosson, de l'infanterie coloniale.

(2) En 1905-1906, le capitaine Freydenberg a trouvé dans ces parages (archipel de Madiorou) «une série de bahrs en général vaseux, plus ou moins profonds, contenant de l'eau en abondance». (Voir *Le Tchad et le Bassin du Chari*, par H. FREYDENBERG. F. Schmidt, éditeur, p. 41).

(3) Cette épizootie consisterait dans une affection du foie (*banami*, en boudouma) provoquée par la mauvaise qualité des eaux stagnantes. Cette maladie, qui sévissait sur les troupeaux, a-t-elle frappé également les animaux sauvages? Il est difficile de le préciser; toutefois il est incontestable que le gibier, dans le lac et sur les rives, est beaucoup moins abondant qu'au début de l'occupation française (1902-1903). Ce fait peut être attribué, en grande partie, aux coups de fusil tirés par les Européens et les tirailleurs, coups de feu qui effraient le gibier et l'éloignent; cependant, en plein lac, dans des parages où l'on ne passe qu'exceptionnellement et où la chasse avec de telles armes est tout à fait accidentelle, on ne voit plus que très peu d'hippopotames comparativement au grand nombre (des troupes de plusieurs centaines d'individus parfois) que l'on rencontrait de 1902 à 1904; nous n'avons pas trouvé, pourtant, un plus grand nombre de squelettes de ces mammifères qu'il n'est habituel; peut-être le développement de la végétation aquatique leur offre-t-il des facilités plus grandes pour se dissimuler, l'expérience leur ayant appris à connaître «la rage de meurtre et de destruction qui distingue des hommes civilisés» (NACHTIGAL, *Sahara et Soudan*, p. 295). L'hypothèse d'une épidémie ayant sévi sur ces animaux, cependant, ne serait pas complètement dépourvue de vraisemblance, comme on peut en juger d'après ce passage de Nachtigal: «Quant à la gent des hippopotames, elle était visiblement atteinte d'une épidémie qui avait déjà fait force victimes, et qui ne semblait pas le moins du monde être en décroissance. Presque chaque jour nous rencontrions des cadavres frais, ou à demi réduits en squelettes, de ces bêtes énormes; chaque jour aussi nous apercevions de ces amphibiens atteints par le mal, et qui, couchés sur les îlots de sable émergeant du bassin, paraissaient attendre, entourés de leurs parents et amis, l'heure de la guérison ou de la mort. Dès que je poussais mon cheval dans l'eau pour marcher sur eux, le groupe se disloquait aussitôt; le gros du tas, à mon approche, plongeait au sein de l'élément liquide; mais un certain nombre d'individus, sans doute les plus proches parents du malade, se postaient au-devant de celui-ci comme pour le défendre, en ouvrant d'un air de menace leurs énormes mâchoires». (*Sahara et Soudan*, p. 460 et 461.)

Ajoutons, en ce qui concerne les bœufs, que les habitants de Kelbou ayant, sur nos conseils, varié les emplacements de l'abreuvoir, des pacages et des stationnements de leurs troupeaux, l'épizootie a paru diminuer dans ce village.

(4) Ces puits ont en moyenne 1 mètre de profondeur.

LAC TCHAD.

LA ZONE ASSÉCHÉE DU NORD.



La partie nord de l'archipel du Tchad n'a pas échappé à l'assèchement, et le lit vide des bahrs apparaît aujourd'hui comme le fond de vastes tranchées entre les îles, tantôt dénudé, tantôt envahi par une épaisse végétation.



L'eau, en se retirant, a emporté, semble-t-il, tout ce qui faisait le charme de ces contrées; la vie indigène est, d'ailleurs, moins large que par le passé : les cultures, en 1907, ont donné un rendement médiocre; une épizootie a ravagé les troupeaux de bœufs. Le Sahara, qui confine à la partie septentrionale du Tchad, a-t-il déjà marqué ces régions de son empreinte? Les indigènes ne doutent pas de voir les eaux du lac baigner de nouveau leurs îles, des cas d'assèchement analogues à celui constaté par la Mission, sinon aussi accentué, s'étant produits au siècle dernier.

seux. (Cependant *Kangalia*, fréquenté par les troupeaux de Bidellam, serait riverain du lac et à 20 kilomètres seulement de Bidellam.)

Après Bidellam, en faisant route sur Garoua, on entre dans la zone d'«*îles en formation et d'îlots-bancs*» qui, en 1904, occupaient toute la partie Nord du Tchad jusque dans le voisinage du parallèle de l'embouchure de la Komadougou Yoobé⁽¹⁾. Cette région est entièrement asséchée au moment où nous y passons; les îlots, de sable siliceux, s'élèvent de 1^m5 à 2 mètres environ au-dessus du fond des bahrs; des oschars s'y montrent, par intervalles.

Garoua est un village de fondation récente; il a été élevé, il y a deux ans (1905), par des gens venus de la rive N. E. du lac, après le retrait des eaux. C'est aujourd'hui un centre indigène de 200 cases environ, et un marché assez actif de mil. Les deux routes qui reliaient, naguère, Nguigmi à Kouloa, au Nord et au Sud des dunes de bordure du lac⁽²⁾, sont à peu près abandonnées pour le moment, et la voie normale entre ces deux postes militaires passe par Garoua.

Entre Garoua et Baroa, il n'existe pas de route à proprement parler; depuis quelques mois seulement, le lit des bahrs, dans ces parages, est suffisamment asséché pour permettre aux chevaux et aux hommes de s'y déplacer sans trop de difficultés. L'altitude moyenne des îlots au-dessus du fond des bahrs est de 1 mètre à 1^m2, souvent même elle est inférieure à 1 mètre; le sol, de sable siliceux mélangé de vase et de matières organiques pulvérulentes, est jonché de coquilles de bivalves⁽³⁾, au moins sur les îles le plus récemment émergées; une véritable ceinture de coquillages très blancs⁽⁴⁾ couvre les rives, contrastant violemment avec la couleur gris ardoise du lit des bahrs; la végétation herbacée est maigre; les roseaux couvrent une partie importante des îles; quelques oschars apparaissent çà et là. Dans les bahrs, le sol est formé de vase sèche, généralement dure, profondément crevassée par le soleil; dans certaines parties, sur lesquelles l'eau a séjourné le plus longtemps, les matières organiques et végétales, encore humides, n'ont pas été entraînées par le vent; le sol est mou et ne permet pas de se déplacer dans de bonnes conditions. L'eau se trouve, en général, en creusant dans les divers bahrs des puits de 1 mètre à 1^m5. Quelques campements boudoumas abandonnés, les troupeaux s'étant rapprochés de la nappe liquide et des pâturages de bordure du lac, complètent la physionomie de ces parages.

⁽¹⁾ Voir Carte générale du lac Tchad, dressée par le capitaine Tilho. (Masson et C^{ie}, éditeurs, 1906.)

⁽²⁾ Voir Carte générale du lac Tchad, dressée par le capitaine J. Tilho (op. cit.).

⁽³⁾ *Mutela Chevalieri Germain, Mutelina Joubini Germain*, etc. (Voir *L'Afrique centrale française*, par A. CHEVALIER, p. 586. Challamel, éditeur, 1908.)

⁽⁴⁾ Ces coquillages comprennent, d'après les échantillons recueillis par M. G. Garde, membre de la Mission, et déterminés par M. Germain, des Physes, des Vivipares, des Bythinies, des Mélanies, des Unios, des Corbicules.

Cet aspect de la partie Nord du Tchad se continue jusqu'au moment où l'on atteint la rive Ouest de la cuvette. Au commencement de décembre 1907, de belles cultures de mil (planté tardivement dans un bahr récemment asséché) précèdent le rivage qui s'élève en pente douce jusqu'au village de Baroa. Les oschars, puis divers épineux (mimosas, hedjilidjs) sont nombreux; enfin l'hyphène⁽¹⁾ apparaît de nouveau.

Entre Baroa et Bosso, la reconnaissance suit la route levée par la Mission Moll en 1904; le sol est de sable siliceux; de part et d'autre de la route poussent épineux, oschars, hyphènes. Après Yébi Kinyaye, on aperçoit la cime légère des dattiers de Bosso dominant les fourrés épais qui, sur une largeur de 1 kilomètre environ, bordent la Komadougou Yoobé, en amont de Bosso.

La reconnaissance prend fin à Bosso le 6 décembre 1907.

SECTION II.

LA ZONE FRONTIÈRE DANS LE LAC TCHAD.

RECONNAISSANCES ET TRAVAUX EN VUE DE L'ABORNEMENT.

I

La reconnaissance sommaire exécutée par le lieutenant de vaisseau Audoin à travers le Tchad, du 9 novembre au 6 décembre 1907, fournit une idée d'ensemble approchée sur l'aspect du lac au moment où vont commencer les travaux d'abornement. La partie de la cuvette lacustre, au Nord du parallèle de l'embouchure de la Komadougou Yoobé, semble entièrement asséchée, et une route de caravanes relie les rives Ouest et Est (Bosso-Kouloa). Au Sud, la navigation est restreinte par le développement de la végétation; mais les fonds, dans les parties du lac non couvertes par la forêt palustre, sont suffisants, en général, pour permettre aux baleinières de la flottille de s'y déplacer.

Dans ces conditions, partant de points aisément accessibles, on s'efforcera d'atteindre, par terre ou par eau, la frontière théorique, et, en tous les cas, de la comprendre entre deux séries de levés effectués de part et d'autre, à la limite des régions accessibles.

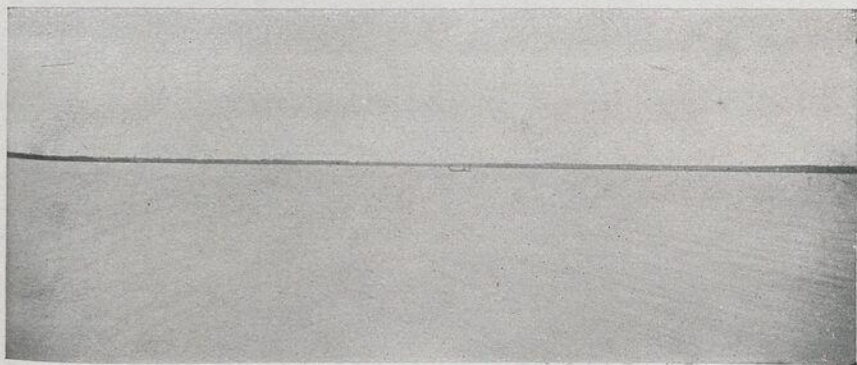
⁽¹⁾ Hyphène, ou doum, ou palmier d'Égypte : *Cucifera thebaica*. (Voir Documents scientifiques de la Mission saharienne, t. I, p. 454, n° 328.)

LAC TCHAD.

LA ZONE DES EAUX LIBRES.



En quelques rares points, notamment à hauteur de l'embouchure du Chari, le marais sans profondeur qu'est le lac Tchad donne l'illusion de la mer.



Mais l'illusion est de courte durée, et dans une autre direction l'horizon est borné par une ligne de végétation palustre (ambachs, roseaux, papyrus, liserons, herbes de fond et de surface) haute de plusieurs mètres. D'ailleurs on aperçoit, par intervalles, des pirogues de paille que des pêcheurs boudoumas déplacent à la perche; la pagaie n'est utilisée qu'exceptionnellement, en particulier lorsque la couche de vase qui constitue le fond du lac est trop molle pour assurer un point d'appui suffisant à la perche.

II

RECONNAISSANCE DE LA ROUTE BOSSO-KOULOA (10-13 JANVIER 1908).

Un premier détachement⁽¹⁾ effectue la reconnaissance et le levé de l'itinéraire Bosso-Kouloa à travers le lac. De Bosso à Yébi Kinyaye, la route suivie est celle qui mène à Baroa. Elle en devient distincte à partir de Yébi, et atteint la cuvette lacustre au milieu de plantations de coton et de mil appartenant à des indigènes de Bosso. Dans la cuvette même, le sol ne présente pas de relief sensible jusqu'à 4 kilomètres environ au Nord-Est du puits de Kiessa Kayé, où l'on trouve le premier mouvement de terrain un peu net constitué par un ancien *îlot-banc*⁽²⁾, formé de sable siliceux, élevé de 1 mètre environ au-dessus du fond des bahrs voisins. Les îlots de cette nature deviennent ensuite de plus en plus nombreux jusqu'à Kindjiria. Cette île⁽³⁾, qui appartient à l'ancien archipel, était, avant l'assèchement, un lieu de pêche très fréquenté; aujourd'hui, des milliers de poissons, desséchés par le soleil, régal d'innombrables marabouts et autres échassiers, garnissent le lit des bahrs voisins.

La piste entre Bosso et Kindjiria, parcourue par de nombreuses caravanes venant du Bornou, à destination du Kânem, constitue une route commode; à droite et à gauche, au contraire, le sol, profondément crevassé sous l'effet du soleil, envahi par les liserons, les roseaux, les ambachs, les acacias aquatiques, la sauge⁽⁴⁾, etc., offre aux piétons et, *a fortiori*, aux animaux de bât, des difficultés considérables, sinon presque insurmontables. En un grand nombre de points, des puits, creusés par les caravaniers dans certains bahrs, donnent de l'eau à des profondeurs variant entre 1 et 2 mètres.

Après Kindjiria, les bahrs, également secs, sont plus encaissés, mieux dessinés; les oschars deviennent la végétation dominante des îles.

Biguéram⁽⁵⁾, puis Kiskaoua, sont les deux premiers villages rencontrés depuis Yébi, avant d'atteindre le poste de Kouloa.

(1) Lieutenant de vaisseau Audoin, caporal-armurier Porcon.

(2) Voir, au sujet de cette appellation d'*îlot-banc*, *La Géographie*, 15 novembre 1905 (Audoin), et *Le Tchad et le bassin du Chari*, par H. FREYDENBERG, Schmidt, éditeur, 1908.

(3) *Kindjiria* est caractérisée, en outre, par l'affleurement dans la partie S. W. de l'île d'une formation blanche très friable, à petites coquilles d'eau douce, de nature calcaire, utilisée par les indigènes dans le filage du coton, pour fixer entre elles les fibres. Il est employé par les Européens, en guise de lait de chaux, pour le blanchiment intérieur et extérieur des murailles des postes militaires.

(4) Il s'agit ici d'une plante de la famille des Labiées, sorte de sauge à feuilles très odorantes, poussant dans le lit des bahrs asséchés et sur les terres basses, appelée par les Boudoumas *badin-gom*. M. FOUREAU (Voir *Documents scientifiques de la mission saharienne*, t. I, p. 441, n° 221) désigne cette plante sous le nom scientifique de *mentha* sp. n.

(5) Biguéram, ou Diguéram, ou Kafirum. Quelques cartes du territoire du Tchad portent Diagakopirum.

Kiskaoua, village du kachella Choukounn, et Kouloa avaient été visités en 1904 par le capitaine Tilho, à bord du chaland *Benoît-Garnier*; tous les bahrs des environs sont actuellement secs, et l'on extrait l'eau de puits profonds de 2 à 3 mètres, creusés dans le lit de ces bahrs.

III

RECONNAISSANCE ⁽¹⁾ DE LA ROUTE BOSSO-N'GOLLOM (17-23 JANVIER 1908).

Cette route se confond avec celle de Bosso à Kouloa jusqu'à l'ilot de N'Goréa, situé à 12 kilomètres environ au Nord-Est de Kindjiria. Après avoir franchi successivement la zone de mimosas et autres épineux, puis celle d'oschars, qui bordent la cuvette du lac, la reconnaissance traverse des cultures de mil et de coton, puis entre dans une partie couverte d'une végétation très dense de roseaux hauts de 2 à 3 mètres; les roseaux cessent et sont remplacés par des liserons ⁽²⁾ et diverses plantes rampantes recouvrant le sol, qui est partout crevasé jusqu'à 1 mètre et 1^m,5 de profondeur sur une largeur de 10 à 30 centimètres; ces crevasses rendent les déplacements en dehors de la piste pratiquement impossibles.

A partir de Kindjiria, on pénètre dans l'ancien archipel du Nord-Est; la végétation des bahrs, après N'Goréa, se compose d'arbrisseaux secs, sur lesquels on voit encore la trace du niveau atteint par les eaux en 1907 (0^m,70 environ). Cette même région présentait en 1906 des fonds de 1^m,5 à 2^m,5, alors que la nappe des « eaux dites libres » n'avait que quelques centimètres de profondeur recouvrant une vase molle ou dure, suivant les endroits ⁽³⁾.

Au moment du passage de la reconnaissance, le sol est mou et incertain dans la plupart des bahrs de cette partie de l'archipel; l'eau se trouve à une profondeur de 0^m,40 à 0^m,60; elle est nettement saumâtre.

La superficie des îles croît; les bahrs deviennent plus profonds et sont mieux dessinés; le fond de leur lit est jonché de poissons desséchés, ayant été surpris par la baisse des eaux.

IV

RECONNAISSANCE ⁽⁴⁾ DE LA RÉGION VOISINE DU PARALLÈLE FRONTIÈRE

(7-28 JANVIER 1908).

En même temps que sont reconnues les routes Bosso-Kouloa et Bosso-N'gollom, un détachement ⁽⁴⁾ est chargé d'étudier la région voisine du parallèle frontière, de l'embouchure de la Komadougou Yoobé au point de ce parallèle

⁽¹⁾ Capitaine Vignon, sergent Brocard.

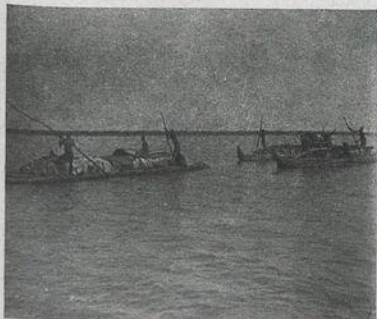
⁽²⁾ Ces liserons appartiennent à la famille des Malvacées.

⁽³⁾ *Le Tchad et le Bassin du Chari*, op. cit., p. 39 (zone des bahrs).

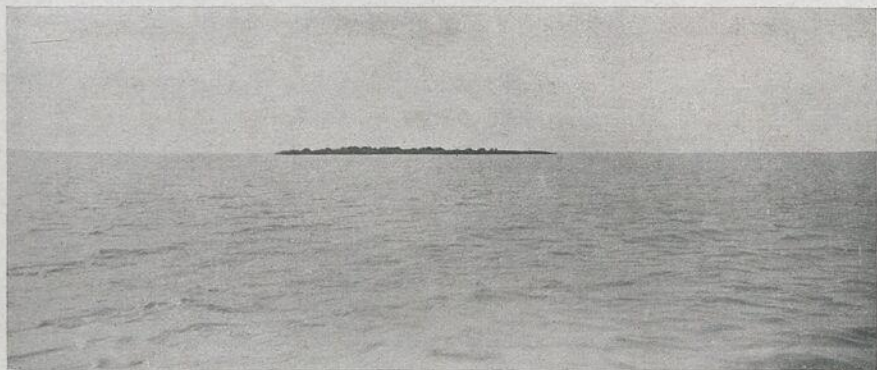
⁽⁴⁾ Lieutenant Mercadier.

LAC TCHAD.

LA ZONE DES EAUX LIBRES.



Les insulaires transportent sur leurs pirogues, à travers le lac, du natron, des bœufs, du poisson sec qu'ils échangent sur les marchés de la rive Ouest contre des étoffes, des chevaux, des bijoux. — Le moyen le plus simple pour rechercher, au cours de cette navigation, un chenal praticable consiste à mettre dans l'eau quelques hommes qui forment autant de balises indiquant la route à suivre.



On se hâte, pour atteindre avant la nuit l'*ilot-banc* qui permettra, si la montée des eaux ne l'a pas submergé, de réparer les pirogues déliées par le voyage, de renouveler la provision de bois pour faire sécher le poisson, de camper à terre auprès d'un bon feu dont la fumée éloignera les moustiques.

situé à 35 kilomètres du centre du village de Bosso. Au cas où cette région ne serait pas accessible dans toute son étendue, le chef de détachement devra s'efforcer d'en déterminer un certain nombre de points, en prenant comme base de ses reconnaissances la route Bosso-N'gollom, ou bien certains villages ou campements de l'archipel.

Pendant les journées des 7, 8, 9, 10, 11, 12 janvier, la reconnaissance, partie de Bosso, essaye d'atteindre la frontière en se frayant un passage au travers de la végétation. Quatre tentatives sont faites, en prenant successivement comme point de départ :

- 1° L'embouchure de la Komadougou Yoobé;
- 2° Le campement de Tchoukou Bouloutoungour;
- 3° Deux autres points de la route Bosso-N'gollom.

A la date du 7 janvier 1908, la Komadougou se prolonge dans le Tchad par un marécage, que la reconnaissance longe vers le Nord pendant 7 kilomètres environ; arrêtée par une barrière extrêmement dense de hauts ambachs, elle est contrainte de tourner cet obstacle pour faire choix d'une nouvelle base. Tchoukou Bouloutoungour, campement occasionnel des troupeaux de bœufs et de moutons de Bosso, Baram N'gui Gouboua et Baram Barokba, puits de la route Bosso-N'gollom, sont essayés successivement. Partout, les mêmes difficultés se présentent : en certains points, une végétation épaisse de liserons et de plantes rampantes dissimule des crevasses larges et profondes du sol; en d'autres, les roseaux rendent la marche très lente et des plus pénibles. Nulle part, d'ailleurs, en dehors de la route Bosso-N'gollom, on n'a trouvé d'eau pour boire, et le personnel indigène souffre sérieusement, au physique et au moral, du travail effectué dans ces conditions pénibles. Un puits est creusé par le détachement; mais toutes ces opérations absorbent un temps considérable, et la frontière ne paraît pas près d'être atteinte. Les efforts très réels qui ont été faits permettent d'affirmer que la frontière est, à l'époque présente, pratiquement inaccessible en partant des points considérés. D'ailleurs, les vivres de la troupe commencent à s'épuiser; il importe de gagner, dès que possible, un centre de ravitaillement. Le détachement se rend à Bidellam, où il arrive le 14 janvier; le 18, s'étant réapprovisionné en mil, il reprend la route de Kindjiria, qui va devenir la base d'une nouvelle tentative vers la frontière. Le 20, on se fraye un passage au milieu des roseaux sur un terrain crevassé; le campement est pris sur l'ilot ⁽¹⁾ d'Agaléa Maréa. Le 21, on atteint l'ilot ⁽¹⁾ Daléram, en traversant une zone de fondrières, couverte de buissons, de roseaux, de liserons, formant un fourré épais. Un puits, creusé dans la partie Nord de l'île, donne une eau, peu abondante, à 1 mètre de profondeur; bientôt tari, il doit

⁽¹⁾ Il s'agit ici d'anciens « ilots-bancs ». Toute la région considérée est entièrement asséchée au moment du passage de la reconnaissance (janvier 1908).

être remplacé par un deuxième puits, creusé dans le voisinage et profond de 1^m,3.

Le 22, la reconnaissance se heurte à une barrière très dense d'ambachs et, à la hache, se fraye un chemin jusqu'à l'îlot⁽¹⁾ Quodomellom; au Sud de ce point, la végétation est plus épaisse encore; après plusieurs heures de travail, force est de renoncer à passer de ce côté; on retourne à l'îlot⁽¹⁾ précédent; un puits est creusé pour faire boire le personnel; à 5 mètres de profondeur, l'eau ne paraissant pas proche, on continue jusqu'à Daléram.

Le 23, reprise de la marche vers le Sud, à travers les roseaux et un fouillis de liserons formant une brousse très dense au-dessus d'un sol crevassé; à midi, on atteint un îlot sans nom (îlot n° 2), après avoir parcouru 3 kilomètres environ en 5 h. 30 min. Il faut creuser cinq puits pour trouver la quantité d'eau nécessaire au détachement.

Le changement d'itinéraire à partir de Daléram avait pour but d'éviter la barrière d'ambachs rencontrée au Sud de Quodomellom; mais les difficultés éprouvées la veille se reproduisent dès après la traversée de l'îlot n° 2. Les guides boudoumas, d'ailleurs, affirment que cette végétation, bordure de la nappe lacustre à une époque récente, s'étend, sans solution de continuité, jusqu'à Tchoukou Bouloutoungour, et, par suite, jusqu'à l'embouchure de la rivière de Bosso⁽²⁾. En conséquence, la route est mise franchement au Sud, à travers la forêt palustre, pour atteindre le point à 35 kilomètres du centre de Bosso, sur le parallèle frontière.

Le 24, le plateau n° 3 est atteint sans trop de difficultés, malgré les crevasses et fondrières du sol, les coupeurs de bois débroussant la route à travers une première barrière d'ambachs. On franchit ensuite une nouvelle barrière de végétation très touffue, qui précède un marécage asséché envahi par les papyrus et de hautes herbes; un fouillis inextricable de « maréa » arrête la reconnaissance, qui est contrainte d'aller prendre un campement sur l'îlot Kararaga. Deux puits sont creusés, qui donnent l'eau respectivement à 1^m,2 et 1^m,5 de profondeur.

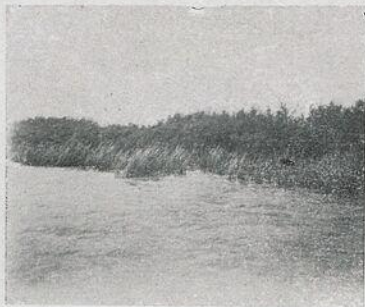
Enfin, le 25 janvier, on atteint la nappe liquide du Tchad à l'îlot n° 5, situé à proximité du coude de la frontière. La profondeur du marécage varie de 0^m,50 à 0^m,80 près de la rive de l'île, et atteint 1 mètre dans l'Est et dans l'Ouest du campement; les ambachs empêchent toute navigation; la nature du fond (couche épaisse de vase molle) rend les déplacements à pied à peu près impossibles. On doit renoncer à pousser plus avant. La reconnaissance gagne le poste militaire de Kouloa, où elle campe le 28 janvier.

(1) Voir la note de la page précédente.

(2) Komadougou Yoobé (rivière de Yoo), qui passe également à Bosso.

LAC TCHAD.

LA ZONE DES ÎLOTS-BANCS.



La zone des eaux dites libres du Tchad est séparée de l'archipel par une zone d'îlots-bancs, formée par des hauts-fonds recouverts d'une épaisse végétation palustre; quelques-uns de ces hauts-fonds émergent aux basses eaux et servent de lieu de relâche aux piroguiers et pêcheurs boudoumas.



Quelques passes seulement conduisent de la zone des eaux libres dans l'archipel à travers la zone des îlots-bancs; à mesure qu'on avance vers l'Est, le nombre des terres émergées croît, en même temps qu'augmente leur hauteur au-dessus du niveau du lac; mais les rives se dissimulent obstinément sous la végétation palustre.

V

L'étude de la région frontière continuant par voie de terre, la nappe lacustre est atteinte⁽¹⁾ le 28 janvier à l'île X⁽²⁾, située à 42 kilomètres environ au S. 18° W. de N'gollom; dans le Sud et dans l'Ouest de X, des îlots apparaissent au milieu d'une végétation aquatique très dense. La profondeur du lac est de 1^m,5 environ. Aucun établissement permanent ne se trouve dans la direction de la frontière, qui, d'ailleurs, reste à 20 kilomètres au moins; le détachement rallié, par une route entièrement asséchée, le village le plus proche, Farguimi, en suivant un itinéraire voisin de la nappe liquide du Tchad, qui apparaît, à un moment donné⁽³⁾, à 5 kilomètres environ au Sud.

Le terrain, de N'gollom à Farguimi, présente les mêmes caractéristiques; le paysage a le même aspect qu'entre Bosso et N'gollom (lits des bahrs asséchés, formés de vase grise généralement dure avec une végétation de roseaux, liserons, sauge, etc.; îles de sable siliceux diminuant d'étendue et d'altitude à mesure qu'on se rapproche des eaux libres; sur les îles, la végétation est représentée surtout par des oschars.)

De Farguimi, la reconnaissance atteint Samia, par Kindin.

VI

Cependant la baisse annuelle du lac est déjà prononcée; une nouvelle tentative est faite pour reconnaître, d'une façon plus complète, la ligne frontière, en partant de la Komadougou Yoobé. Autant qu'on en peut préjuger, à la suite des reconnaissances de janvier, le parallèle frontière doit se trouver, approximativement, à la limite de la nappe liquide. Les opérations débutent⁽⁴⁾ le 5 février au matin, à l'embouchure de la rivière de Bosso; l'itinéraire parcouru est chaîné au moyen d'une corde de 50 mètres. A partir du point E de la carte schématique de la page 27, le lit de la Komadougou est entièrement sec; on se fraye un chemin dans les hautes herbes; à quelques centaines de mètres plus loin, on entre dans un bois d'ambachs clairsemés, puis route dans un marécage profond de 30 à 35 centimètres en moyenne, avec fond de vase molle; quelques trous présentent des fonds plus considérables; ambachs, grands roseaux, papyrus, herbes de surface rendent la marche lente et pénible; les hommes d'avant-garde

(1) Par le capitaine Vignon et le sergent Brocard.

(2) Les insulaires n'ont indiqué aucun nom pour cette île; il est possible qu'elle n'en ait effectivement pas, comme il arrive pour les îlots récemment émergés et de peu d'étendue.

(3) Visible d'un point situé approximativement à mi-chemin entre l'île X et Farguimi.

(4) La reconnaissance comprend : capitaine Tilho, capitaines Philippot et Lauzanne, officier interprète Landeroin.

écartent et foulent la végétation, sans être obligés de recourir à la hache. A midi, on fait halte sur le premier îlot rencontré⁽¹⁾; il a été parcouru 4^{km},5 en quatre heures. Après un repos de deux heures, la marche reprend, très laborieuse; les ambachs forment maintenant un véritable fourré, et le débroussaillage est très long; le sol est criblé de crevasses profondes, dissimulées en partie sous une végétation d'herbes rampantes, dans lesquelles les jambes s'embarassent. Progressivement les ambachs s'éclaircissent, et l'on foule un terrain de sable siliceux, défriché antérieurement par des indigènes de Bosso et de Yébi; mais bientôt le sol crevassé réapparaît, couvert d'une épaisse couche de cendres provenant d'un incendie de la brousse. On campe au coucher du soleil; 8 kilomètres ont été parcourus depuis le matin; un puits est creusé, qui ne donne pas d'eau. Un bâton prospecteur, enfoncé dans le sol jusqu'à 4 mètres de profondeur, est ramené sali d'une boue grise, compacte et argileuse, sans trace aqueuse. Comme il apparaît que le terrain dans l'Est doit continuer longtemps semblable, on renvoie des hommes vers l'arrière pour aller puiser de l'eau dans le marais traversé le matin.

Le 6 février, après une nuit froide pendant laquelle les moustiques ont fait rage, la marche reprend; on sonde, par intervalles, dans l'espoir de trouver l'eau, mais chaque fois sans succès. Cependant, vers 10 heures du matin, des herbes apparaissent au bout du steppe brûlé que l'on foule depuis la veille; ces herbes précèdent un bosquet de *badingom*⁽²⁾ extrêmement touffu, dont le débroussaillage est des plus laborieux; le pollen et les poussières qui se dégagent des fleurs de ces arbrisseaux aveuglent les travailleurs et les suffoquent. Après une cinquantaine de mètres parcourus dans ces conditions, la végétation devient plus clairsemée; la taille des arbres ne dépasse pas 2^m,50 de hauteur. On traverse alors une piste indigène se déroulant sur un sol de sable très fin; puis c'est, de nouveau, la terre crevassée, couverte d'herbes rampantes, et ensuite le steppe incendié. Vers midi, au milieu des roseaux et des ambachs, on trouve l'eau en creusant un puits de 1^m,1 de profondeur; cette eau, légèrement natronnée, apparaît d'abord trouble, puis bientôt claire et abondante, coulant du Sud au Nord en un courant sensible. On fait halte pour restaurer et reposer tout le monde. A 2 h. 30 min., la marche reprend sur un sol crevassé; l'eau ne tarde pas à apparaître, dans le fond des crevasses, à 0^m,40 environ de la surface du sol; les herbes forment un tapis spongieux, et on entre bientôt dans le marécage, au milieu de roseaux, de papyrus, de liserons, d'ambachs plus rares; de petits oiseaux se font entendre. Le lit du marécage est crevassé; on se trouve sur un terrain récemment inondé; la marche est lente et pénible. A l'approche de la nuit, une patrouille de découverte signale la terre

(1) Cet îlot, qui ne porte aucun nom indigène, est dénommé île Sir Eric Barrington, du nom de l'un des plénipotentiaires anglais signataires du protocole du 29 mai 1906.

(2) «Badingom». (Voir p. 35, note 4.)

LAC TCHAD.

L'ARCHIPEL.



L'archipel du Tchad est formé d'îles de sable siliceux, dont la hauteur au-dessus du niveau du lac varie de 1 à 12 mètres environ et dont les autres dimensions vont de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres. La végétation de ces îles comprend des oschars (*calotropis procera*), du rtem (*Retama Duriei*), des mimosas épineux, des hedjilidjs (*balanites aegyptiaca*); sur les îles basses, on trouve de beaux pâturages.



Depuis quelques années, la végétation palustre s'est développée dans une proportion surprenante dans tout le lac, et les rives de certaines îles sont bordées aujourd'hui par une ceinture d'herbes et d'ambachs haute parfois de 6 à 7 mètres; nous avons mesuré des troncs d'ambachs de 45 centimètres de diamètre.

à quelques centaines de mètres en avant. On y établit le campement à la nuit faite, après avoir franchi des fonds de 0^m,6 en moyenne. Cette terre est un îlot auquel on donne le nom d'île Sir Edward Grey, du nom du Ministre anglais signataire du traité du 29 mai 1906 définissant cette frontière. Le 7 février, à 7 heures du matin, après avoir traversé la ligne d'ambachs qui ceinture l'île Sir Edward Grey, on se retrouve de nouveau dans un marécage profond de 0^m,6 en moyenne et atteignant 1 mètre dans les crevasses du sol, au milieu de roseaux, de papyrus et d'herbes diverses; puis, le sol apparaît crevassé, sous une couche d'eau de 0^m,4 à 0^m,5 seulement; la végétation est brûlée en partie; là encore, l'immersion est récente : sous l'effet de la montée de l'eau, la végétation a repris de la vigueur; la marche, en débroussant, est lente. A 1 heure de l'après-midi, on trouve enfin une terre couverte de «badingom»; le terrain, de sable fin, s'incline en pente douce vers l'Est. C'est une île, longue de 850 mètres environ. On lui donne le nom d'île Paul Cambon, du nom de l'Ambassadeur français signataire du traité du 29 mai 1906.

Le 8 février, en route à 7 h. 30 du matin; l'eau commence presque aussitôt sous une forêt de hauts ambachs, aux pieds desquels les fonds atteignent 1^m,20. Le chaînage de l'itinéraire est très laborieux. Les ambachs franchis, on trouve de hautes herbes; l'eau atteint une profondeur de 1^m,10 à 1^m,20; en avant, un rideau de «badingom» révèle la présence de la terre, qu'on atteint à midi. Cette terre est une île encore, qu'on dénomme île Binger, du nom du second Plénipotentiaire français signataire du traité du 29 mai 1906. Le chaînage effectué indique que l'île Binger se trouve à 34 kilomètres environ du centre de Bosso et est proche du parallèle de l'embouchure de la Komadougou Yoobé, par conséquent dans le voisinage du changement de direction de la frontière dans le lac. Une patrouille de découverte reconnaît que ce point précis qui, aux termes du protocole, doit être à 35 kilomètres du centre de Bosso, sur le parallèle de l'embouchure de la rivière, tombe effectivement en plein marais par des fonds supérieurs à 1^m,20. En raison des difficultés qu'on aurait, dans ces conditions, à fixer et surtout à retrouver ultérieurement un poteau-frontière, il est décidé qu'un signal géodésique⁽¹⁾ sera élevé sur l'île Binger à sa partie culminante. Si, dans l'avenir, l'assèchement du Tchad s'accroît, ou bien si, au contraire, la navigation s'améliore, il sera toujours aisé de retrouver la frontière en prenant comme point de départ le signal de l'île Binger, signal dont les coordonnées géographiques ont d'ailleurs été déterminées d'une façon précise.

La reconnaissance de la frontière prend fin à l'île Binger, la profondeur du marécage ne permettant pas de s'y déplacer à pied, et la végétation empê-

⁽¹⁾ Ce signal est constitué par un poteau télégraphique en fer, de forme légèrement tronconique, du modèle en usage sur les lignes télégraphiques de la colonie anglaise de *Northern Nigeria*. Il a 4^m,5 environ de longueur, et est enfoncé de 0^m,80 environ dans le sol; il est cimenté à sa base.

chant d'y faire parvenir une baleinière ou toute autre embarcation. Le retour à Bosso s'effectue par la route suivie à l'aller. On constate alors que l'eau a monté entre les îles Paul Cambon et Binger; au contraire, le marécage de l'embouchure de la Komadougou est en voie d'assèchement.

VII

Un dernier détachement⁽¹⁾, opérant également par terre, va de Samia à Forrom, N'guilem, Kirimirom et Kindin, en longeant la nappe du Tchad (19-22 février 1908). Les terres parcourues sont très basses; la bordure de végétation aquatique du lac est visible à quelques centaines de mètres dans l'Ouest de l'itinéraire; certains des bahrs traversés sont secs; dans quelques-uns, l'eau apparaît par flaques; tous sont guéables, avec 0^m30 à 0^m50 d'eau, à l'exception de celui de Forrom que l'on passe en pirogue et qui a 2^m environ de profondeur.

Divers bahrs, voisins de Kindin, secs en 1903, sont inondés en totalité ou en partie; l'anse entre Kindin et Aikoulou, par exemple, sèche il y a cinq ans, est occupée aujourd'hui par une végétation palustre développée, les fonds étant de 1^m à petite distance de la rive.

Il semble donc que le niveau du lac se soit élevé, dans ces parages, depuis 1903⁽²⁾. Kirimirom était, d'ailleurs, six mois plus tôt, un village d'une cinquantaine de cases et le port d'embarquement des insulaires de l'archipel N. E. à destination de Baga. Une voie d'eau continue⁽³⁾, courant entre deux lignes de hauts ambachs, rejoint, à hauteur de N'goréa, la route de Samia à N'gollom. La montée de l'eau, le développement de la végétation aquatique et le pullulement des moustiques qui en sont résultés, ont contraint les habitants de Kirimirom à construire un village nouveau en un point plus favorable, plus éloigné de la nappe du Tchad, N'guilem.

L'itinéraire Samia-Forrom-N'guilem-Kirimirom passe à la limite, du côté de la frontière, des établissements permanents de cette partie de l'archipel. Il clôt la série des reconnaissances ayant pour objectif *l'étude par terre de la zone frontière*. Cette région a été, de la sorte, reconnue jusqu'à la limite accessible par terre.

Une deuxième série de travaux auront pour but la reconnaissance par eau de cette même frontière.

(1) Lieutenant de vaisseau Audoin.

(2) Nous aurons à faire une remarque analogue pour la partie S. E. du lac.

(3) Renseignements indigènes.

LAC TCHAD.

L'ARCHIPEL.



La végétation palustre forme une barrière tellement touffue en certains points que l'accostage des îles n'est possible qu'après un véritable débroussaillage à la hache.



Les insulaires du Tchad élèvent d'importants troupeaux de bœufs qu'ils conduisent d'une île à l'autre à mesure qu'ils en ont épuisé les pâturages. Les pasteurs, armés de pied en cap, emmenant avec eux femmes et enfants, passent ainsi une bonne partie de leur existence en dehors de leurs villages.

RECONNAISSANCES PAR EAU DE LA ZONE FRONTIÈRE.

A. DE SAMIA À BAGA PAR L'ÎLOT DE SEYOROM.

(10-13 février 1908.)

En vue de l'abornement, il convenait de définir d'une façon précise l'aspect de la zone frontière dans le lac, ses conditions d'accès et, le cas échéant, ses conditions de peuplement. La reconnaissance sommaire effectuée en novembre 1907, de Baga à Samia ⁽¹⁾, n'avait pu donner qu'un aperçu sur ces diverses questions. Le capitaine Vignon, assisté du sergent Brocard, reçut pour mission de parfaire le travail. Partant de Samia le 10 février, la reconnaissance hydrographique dirigée par cet officier passe au Sud de Kika, dans le Nord d'Aram, puis à N'goréa, première terre rencontrée en novembre 1907, en venant de Baga. La profondeur du lac, sur la route suivie, varie de 2^m40 à 1^m40, la nature du fond étant vase, vase et sable, sable et vase, et, quelquefois, sable. Le lendemain, un îlot, dénommé Seyorom par les insulaires, est rencontré à 12^{km} environ au S. 8° W. de N'goréa. A l'époque considérée, il émerge de 0^m50 environ au-dessus du niveau du lac et est recouvert, sur toute sa superficie, de hautes herbes; deux lignes successives d'ambachs et de roseaux bordent ses rives; le sol est de sable siliceux. Aucune installation permanente n'y a été faite par les gens du Tchad, et, seuls, par intervalles, quelques piroguiers, pêcheurs ou marchands de natron, viennent y relâcher, de même qu'à N'goréa ⁽¹⁾.

De Seyorom à Baga, la route suivie se confond avec celle de 1907 et présente, à cette époque, le même aspect que trois mois auparavant.

B. LA « POCHE D'EAU » DEVANT BAGA.

(13 février-2 mars 1908.)

Trois reconnaissances ⁽²⁾ expédiées de Baga furent chargées de parcourir la zone d'eaux libres devant Baga et d'en déterminer les limites. On constata alors que ces « eaux libres » constituaient une sorte de « poche d'eau » bordée de toutes parts par la forêt palustre et affectant la forme d'un triangle rectangle isocèle, dont l'hypoténuse, longue de 16^{km} environ, se trouvait du côté de la rive bornouane; dans le Nord, les ambachs formaient une ligne continue s'opposant à toute navigation; dans le Sud, la barrière était formée par des roseaux, des joncs, des nénuphars, des herbes de marais que dominaient, au second plan,

(1) Voir pages 28 et suivantes.

(2) Capitaine Vignon. — Officier interprète de 1^{re} classe Landeroin.

quelques touffes d'ambachs. Les fonds, dans la « poche d'eau », étaient réguliers, variant de 1^m4 à 2^m près de la bordure de végétation, et étant de 1^m90 en moyenne au large; la nature du fond était de sable ou sable vasard.

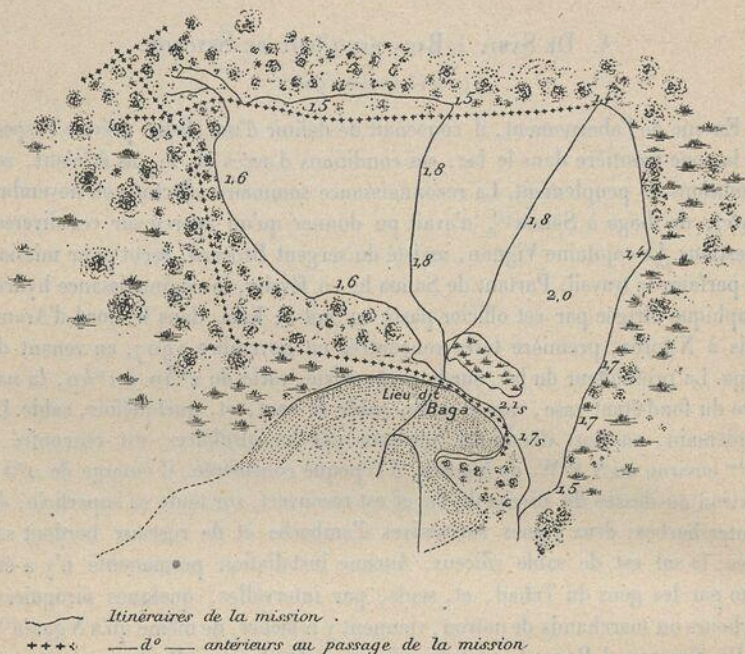


Fig. 2. — LA POCHÉ D'EAU DEVANT BAGA (FÉVRIER-MARS 1908).

Ainsi donc, il n'existait aucune possibilité d'atteindre la frontière en partant de Baga autrement que par la route conduisant à Seyorom et à Samia. En conséquence, Seyorom fut choisi comme base des travaux à poursuivre dans le lac.

C. LE LAC DANS LE SUD DE LA ROUTE BAGA-SEYOROM.

Après avoir franchi la forêt palustre sur la route de Baga à Seyorom, on trouve⁽¹⁾, dans le Sud, une barrière de végétation (ambachs, roseaux, papyrus, nénuphars, etc.) n'offrant, sur une longueur de 50 kilomètres environ, qu'une seule solution de continuité à 14 kilomètres dans le S. 33° E. de Seyorom. Les fonds, sur l'itinéraire suivi, varient de 1^m30 à 1^m80 (sable vasard ou sable). Plus au Sud, une solution de continuité assez nette étant apparue dans l'Ouest, la reconnaissance se dirige vers la frontière, au

(1) Reconnaissance du capitaine Vignon et du sergent Brocard.

LAC TCHAD.

L'ARCHIPEL.



Les villages des habitants du lac Tchad s'élèvent, au nombre d'un ou de deux, au sommet de certaines îles; les cases sont construites en roseaux ou en tiges de mil; elles sont disposées sans ordre les unes à côté des autres; aucune enceinte extérieure ne protège ces villages que les lagunes du Tchad mettent à l'abri de tout envahisseur.



Depuis que l'occupation française lui a enlevé la possibilité de rançonner les gens de la terre ferme, l'insulaire du Tchad passe sa vie au milieu de ses troupeaux, se livre à la pêche et cultive un peu de mil.

milieu d'îlots d'herbes et d'ambachs. Elle est arrêtée au bout de 20^{km} environ par la végétation, à 3^{km}400 du point du 13° parallèle de latitude situé à 35' du centre de la ville de Koukaoua, point qui, avec celui du parallèle de l'em-bouchure de la Komadougou Yoobé placé à 35 kilomètres du centre de Bosso, définit la frontière dans le lac ⁽¹⁾. Les fonds, dans cette dernière partie de la route, ont varié de 1^m10 à 2^m30 (sable vasard).

La reconnaissance gagne Seyorom en suivant, pendant la plus grande partie du temps, la route des jours précédents.

D. LE LAC DANS LE NORD DE LA ROUTE BAGA-SEYOROM-N'GORÉA.

(28 février 1908.)

Les recherches antérieures effectuées au Nord de la route Baga-Seyorom, aussi bien que les renseignements indigènes, avaient montré qu'il n'existait aucune terre habitable dans ces parages. De nouvelles tentatives pour atteindre la frontière furent faites ⁽²⁾ en partant de Seyorom, mais à 10^{km} environ dans l'Ouest de ce point, la barrière d'ambachs se dressa de nouveau devant l'embarcation; une seule coupure fut aperçue, conduisant à Kirimrom, port d'embarquement, à destination de Baga, des insulaires de l'archipel Nord.

Les fonds ont été, sur la route suivie, de 1^m20 à 1^m80 (vase, sable vasard, ou sable).

APERÇU D'ENSEMBLE SUR LA ZONE FRONTIÈRE DANS LE LAC.

Ainsi donc, la zone frontière dans le lac est envahie, sur la presque totalité de son étendue, par une végétation aquatique très développée formant, en certains endroits, une véritable forêt (ambachs); dans d'autres, une prairie aux herbes hautes et pressées (roseaux, jones, papyrus); parfois encore offrant l'aspect d'un simple marais (nénuphars, herbes de fond, sed ⁽³⁾). Aucune terre n'a été rencontrée aux abords de la frontière; aucun établissement permanent, non plus, n'existe dont la position soit douteuse par rapport à cette frontière; la navigation même est très restreinte dans toute l'étendue de ce qui fut, il y a quelques années, une zone d'eaux libres. On ne peut donc songer, dans ces conditions, à placer des bornes dans le Sud du parallèle de la Komadougou Yoobé, et l'on doit se contenter d'élever des repères permanents en des points aisément accessibles, aussi rapprochés que possible de la frontière, repères dont les coordonnées géographiques ont été déterminées d'une façon précise. Si, dans l'avenir, l'assèche-

⁽¹⁾ Voir page 23.

⁽²⁾ Capitaine Vignon; sergent Brocard.

⁽³⁾ Le «sed» ne se trouve qu'en très petite quantité.

ment du lac s'accroît ou bien si, au contraire, la navigation s'améliore, on pourra retrouver aisément la frontière en prenant comme base du travail les repères permanents en question ⁽¹⁾.

SECTION III.

ÉTUDE MÉTHODIQUE DU LAC AU POINT DE VUE HYDROGRAPHIQUE.

A. LIMITES DE LA NAPPE LACUSTRE AU COMMENCEMENT DE L'ANNÉE 1908.

Les reconnaissances effectuées aux abords du parallèle frontière ⁽²⁾ (parallèle du thalweg de l'embouchure de la Komadougou Yoobé), celles de N'gollom à Farguimi et à Samia ⁽³⁾, de Samia à Kirimirom ⁽⁴⁾, ont fourni des indications suffisantes pour tracer approximativement la limite atteinte par le lac entre l'embouchure de la Komadougou Yoobé et Samia, en passant par le Nord. Un certain nombre d'itinéraires menés de la route Bosso, Argué, Allairou, Kaoua, vers le Tchad ⁽⁵⁾ permettent de définir la rive du lac entre Baga et la rivière de Bosso.

Du 2 au 22 février, puis du 6 au 9 mars, la rive Est du lac est définie par une série de levés ⁽⁶⁾ passant par Samia, Toullouha, Ouannnda, Koudia, Tagal, Goudji, Solla, Dalimi, Ouassatou; du 16 au 23 avril, un détachement ⁽⁷⁾ venant d'Hadjer el Hamis effectue un travail analogue pour la partie Sud-Est du Tchad; son itinéraire atteint la nappe lacustre près de Matéram, et va ensuite, en se tenant à portée de la limite atteinte par les eaux, à N'guirom, Kelbou, Innguir, Martt, Arikalié et Irnougou. Ce dernier point se trouve dans l'Est et près de Ouassatou.

Enfin, en mai 1908, au moment de la mise en route pour France du premier groupe de la mission ⁽⁸⁾, la rive est définie entre Matéram, Hadjer el Hamis et l'embouchure du Chari.

Les circonstances n'ont pas permis, au cours de la traversée du territoire

⁽¹⁾ Les plus rapprochés de la frontière sont ceux de Seyorom et de N'goréa. A vrai dire, leur durée peut être assez limitée, mais la carte dressée par la mission permettra de retrouver avec certitude le point d'observation sur chacune de ces îles.

⁽²⁾ Voir pages 34 à 38.

⁽³⁾ Voir page 39.

⁽⁴⁾ Voir page 42.

⁽⁵⁾ Par le capitaine Lauzanne, en décembre 1907.

⁽⁶⁾ Par le lieutenant de vaisseau Audoin (de Samia à Ouannnda, Goudji et Ouassatou), et par l'officier interprète Landeroïn (de Samia à Ouannnda et Bol).

⁽⁷⁾ Capitaine Vignon, sergent Brocard.

⁽⁸⁾ Capitaine Tilho, lieutenant Mercadier, sous-lieutenant Richard, sergent Brocard.

LAC TCHAD.

L'ARCHIPEL.



Jusqu'en 1909, l'action politique et administrative de la France sur les insulaires du Tchad était assurée par le poste militaire de Bol; depuis la prise d'Abécher (Ouadaï), ce rôle incombe au poste créé dernièrement à Rig-Rig, situé en pleine terre, à une centaine de kilomètres au Nord du précédent.



Le poste de Bol, occupé depuis 1902, se trouvait dans une île du Tchad et ne pouvait exercer une surveillance efficace sur les nomades qui, partis du Borkou, viennent piller les populations soumises à notre autorité.

allemand, de Goulfeï à Dikoa, d'effectuer un travail aussi complet pour la rive Sud-Ouest du Tchad, mais les renseignements recueillis en route ont fourni, avec la carte de M. Moisel et le levé d'itinéraire de M. le major Simonds⁽¹⁾, un tracé suffisant de cette rive, entre le Chari et Baga, à l'époque du passage de la Mission.

La nappe lacustre, telle qu'elle se présentait dans les premiers mois de l'année 1908, se trouve ainsi comprise dans une série d'itinéraires enveloppants, s'appuyant sur des positions astronomiques nombreuses et convenablement réparties⁽²⁾; sa forme et son étendue se trouvent donc définies dans des conditions d'exactitude satisfaisantes; la comparaison de ces formes et de cette étendue pour 1908 à celles qu'on pourra obtenir dans l'avenir, apportera sans doute une intéressante contribution à l'étude du régime hydrographique du Tchad.

B. CONDITIONS DE NAVIGABILITÉ DU TCHAD EN DEHORS DE LA ZONE FRONTIÈRE, AU COMMENCEMENT DE L'ANNÉE 1908.

En mars 1908, le capitaine Vignon et le sergent Brécard, disposant chacun d'une baleinière, se rendent de Samia à l'embouchure du Chari. Leur itinéraire passe entre Gréa et Woloa, par des fonds de 1^m10 à 2^m70 (vase). Après Gréa, les bancs de végétation sont plus clairsemés, les eaux, moins natronnées dans cette partie du lac en raison de la proximité de l'embouchure du Chari, étant sans doute peu favorables au développement des herbes et des ambachs. Les fonds, de Gréa au Chari, sont de 1^m à 2^m50 (sable ou sable vasard).

Puis, le capitaine Vignon va reconnaître un des bras orientaux du Chari⁽³⁾, aujourd'hui envahi par la végétation, puis continue jusqu'au point du 13^e parallèle de latitude situé à 35' Est de Koukaoua, point qu'il avait déjà reconnu précédemment en venant de Baga et Seyorom⁽⁴⁾. Il regagne ensuite le Chari par une route nouvelle, à peu près libre de végétation et présentant des fonds de 0^m90 à 2^m50 (sable, sable vasard, vase).

Cependant le sergent Brocard a levé le delta du Chari; les deux embarcations regagnent alors l'archipel, le sergent Brocard par Gréa, Mommo, Moudikouta et Bol⁽⁵⁾, le capitaine Vignon en passant à la limite orientale de la zone

⁽¹⁾ Membre de la section anglaise de la Commission franco-anglaise de délimitation du Niger au lac Tchad. (Itinéraire Koukaoua-Mongono-Kabela-Wobbio-Madelheil.)

⁽²⁾ Voir note spéciale relative aux observations astronomiques dans la région du Tchad. (2^e partie.)

⁽³⁾ Ce bras, pour lequel les guides n'ont pu donner aucun nom, est probablement le bras de Massaki; il était déjà en partie envahi par les herbes en 1903.

⁽⁴⁾ Voir pages 44 et 45, § C.

⁽⁵⁾ Cette passe, actuellement pratiquée par les embarcations de la flottille, a été balisée en 1906 par les capitaines Bablon et Freydenberg. (Voir *Le Tchad et le bassin du Chari*, par H. FREYDENBERG, p. 34.)

navigable, puis dans le Sud de Nguéléoua, de Korémirom et d'Irébou, pour atteindre Bol. Les fonds, sur les routes suivies, ont varié de 1 mètre à 2^m70. Aucune terre n'a été rencontrée avant Téria; la végétation a envahi toutes les passes qui, en 1902, conduisaient du Chari dans l'archipel, entre Kandeïa et Bougromi.

La zone d'eaux libres du Tchad en 1908 est donc très restreinte, et les parties navigables paraissent diminuer progressivement d'étendue depuis 1902.

Dans l'archipel, les conditions de navigabilité se sont modifiées également; les bahrs de Bérirem et de Koukia, ceux autour de Kindin, par exemple, sont complètement envahis par la végétation, de même que celui entre Bol et Bérin.

D'ailleurs, ce développement de la végétation⁽¹⁾ est général dans tout l'archipel sur les rives des îles, aussi bien que dans les parties du lac, à l'Ouest de l'archipel, qui furent des zones d'eaux libres. C'est ainsi que l'île d'Ouannnda, qui, au commencement de 1903, avait sa rive Sud complètement dégagée, est bordée aujourd'hui par une ceinture d'ambachs hauts de 6 à 7 mètres, dont quelques-uns atteignent 0^m45 de diamètre.

Certains bahrs de l'archipel S.E., secs en 1903-1904, sont occupés par l'eau du lac en 1908; en quelques points même, le niveau paraît s'être élevé : augmentation des fonds dans les bahrs de la route Bol-Kanassarum; envahissement par l'eau de certains bahrs de la route Bol-Ngouri, asséchés en 1904 (bahrs Nord de Bol et Ouest de Kanassarum); accroissement de la profondeur du bahr séparant Bol de Bérin, de celui au Nord de Kanassarum sur la route de Goudji (ce dernier bahr, guéable en 1903, offrait, en février 1908, des fonds de plus de 2 mètres et exigeait une pirogue pour sa traversée); envahissement par l'eau des bahrs voisins de Koukia, complètement secs en 1904; apparition de flaques d'eau aux environs de Matéram et Nguïrom constatée en mai 1908 par le capitaine Tilho; augmentation de la profondeur dans le bahr Nord de Tindal, dans ceux de la route Mishiléla-Tatavirum-Kelbou.

Mais cette augmentation de la profondeur de plusieurs bahrs, l'envahissement par l'eau de certains autres, peuvent ne pas correspondre, forcément, à un accroissement du niveau du lac, bien qu'aucun repère permanent ne permette de l'affirmer d'une façon indiscutable. Remarquons que les points pour lesquels il a été constaté un accroissement de profondeur depuis 1903 sont des bahrs étroits, dont la largeur est parfois réduite encore par la présence, près des rives, d'une épaisse végétation palustre; sous l'effet du vent, il se forme dans ces sortes de canaux un courant assez fort pour draguer les vases molles ou les sables qui forment le fond du bahr et en accroître ainsi la profondeur; la

(1) Ambachs, roseaux, herbes, papyrus, joncs, etc.

LAC TCHAD.

RIVES EST ET SUD-EST.



Sur les rives est et sud-est du Tchad et dans les îles voisines la végétation comprend, en particulier, des palmiers doums (*hyphæna*) ou palmiers d'Égypte, dont le fruit entre dans l'alimentation des indigènes; cet arbre est le seul bois de construction de ces parages; il sert surtout comme solives dans la construction des cases des Européens.



L'ambach n'est pas suffisamment résistant pour être employé comme solives; il est, en effet, deux fois et demie plus léger que le liège; toutefois, les insulaires l'utilisent pour la confection de leurs boucliers en reliant plusieurs planches au moyen de lanières de peau de bœuf; il sert également de flotteur pour la traversée des bahrs.

Le paysage change à mesure que l'on s'éloigne du Tchad vers le Nord-Est : à la morne tristesse des forêts palustres succède la riante vision des cuvettes verdoyantes où l'on rencontre parfois de beaux dattiers.

même cause peut également provoquer l'arasement de certains seuils et amener, par suite, l'invasion de certains bahrs précédemment isolés de l'ensemble du lac et asséchés sous l'influence de l'évaporation.

Cet envahissement par l'eau constaté en 1908 dans quelques bahrs de la partie S.E., alors qu'au contraire la partie Nord du lac, dans le même intervalle de 1903 à 1908, s'asséchait complètement jusqu'à hauteur environ du parallèle de l'embouchure de la Komadougou Yoobé, peut recevoir une explication simple si l'on admet qu'au cours de cette période, le plateau reconnu par le lieutenant de vaisseau Audoin⁽¹⁾ entre Kindin et Seyorom et signalé sur la carte du capitaine Tilho (mission Moll) s'est élevé, sous l'influence des matières organiques et végétales et des alluvions, de telle façon qu'au commencement de 1908 il séparât complètement, comme en 1905, la partie Sud du Tchad (cuvette du Chari) de la partie Nord (cuvette de la Komadougou Yoobé). Ces deux cuvettes étant, dans l'hypothèse ci-dessus, isolées l'une de l'autre, leurs niveaux respectifs sont indépendants; et l'on conçoit dès lors que la cuvette Nord, qui représente près de la moitié de la superficie totale du lac et est alimentée par la seule Komadougou Yoobé, ait subi l'influence de l'évaporation dans une mesure plus large que la cuvette Sud, qui reçoit le Chari et plusieurs autres cours d'eau, les débits moyens annuels de la Komadougou Yoobé et des tributaires du Sud étant dans le rapport de 1 à 200 environ⁽²⁾. Mais le développement considérable de la végétation palustre en rendant impossibles à la fois la navigation et la marche à pied dans ces parages n'a pas permis de constater matériellement l'existence en 1908 de cette séparation, et nous ne faisons l'hypothèse ci-dessus que sous les plus expresses réserves. Nous ne voulons pas dire, non plus, que le barrage en question sépare *définitivement, ni même généralement*, les deux cuvettes; nous nous bornons à signaler la possibilité *accidentelle* de ce fait, car elle expliquerait, d'une façon simple, nous le répétons, que le niveau dans le Sud du Tchad soit resté stationnaire ou même ait pu croître légèrement alors qu'au contraire tout le Nord du lac, sur une distance de 60 kilomètres environ, s'est asséché.

En raison du développement de la végétation et du pullulement des moustiques, du mauvais état sanitaire en résultant pour les terres basses, certains villages ont dû abandonner leurs emplacements antérieurs et s'éloigner quelque peu du lac : Koukia et Douro-douro partis pour Matéram, qui avait été abandonné lui-même, il y a six ou sept ans⁽³⁾, pour des points plus proches de l'eau; Bérirém parti pour Kelbou, Kirimirom émigré à Ngüilem⁽³⁾.

(1) AUDOIN, « Notice hydrographique sur le lac Tchad », in *La Géographie*, 15 novembre 1905, p. 309.

(2) Voir plus loin, p. 67.

(3) Voir p. 42, § VII.

Nous avons exposé brièvement, dans ce qui précède, les constatations faites par chacun des détachements de la Mission ayant coopéré aux travaux d'abornement et d'études dans le lac Tchad, de novembre 1907 à mai 1908. Nous pensons qu'aucun résumé ne serait susceptible de fournir une idée plus exacte des résultats d'ensemble obtenus que la carte jointe au présent ouvrage et nous y renvoyons le lecteur. Il y verra d'un seul coup d'œil quel était l'aspect du grand lac centre-africain au commencement de l'année 1908.

Bornons-nous à dire que, dans le premier semestre de l'année 1908, la partie Nord du Tchad, navigable encore en chaland au début de 1904⁽¹⁾, était complètement asséchée jusqu'à hauteur du parallèle de l'embouchure de la Komadougou Yoobé; une végétation épaisse de liserons, d'ambachs, de badin-gom, de roseaux, etc. recouvrait en partie les surfaces ainsi découvertes. Le soleil avait fendillé profondément le sol, et les déplacements étaient pratiquement impossibles en dehors des îlots émergés depuis quelques années et des routes caravanières pratiquées depuis plusieurs mois déjà (route de Bosso à Kouloa, de Nguigmi à Kouloa) ou bien des pistes suivies habituellement par les troupeaux de bœufs pour se rendre des villages aux pâturages voisins de la bordure des eaux. Les pluies, peu abondantes depuis quelques années, n'avaient pu renouveler les pâturages, et le bétail, d'ailleurs ravagé par une épizootie périodique (banami : affection du foie?), ne trouvait plus dans cette région qu'une alimentation insuffisante. Cette épizootie, générale en 1907-1908 dans tout l'archipel, paraît attribuable en partie à la qualité des eaux; il semble que si l'on prend soin de varier chaque jour l'abreuvoir, le pâturage et le campement des troupeaux et d'isoler les bêtes malades, les ravages qu'elle cause diminuent rapidement d'intensité.

Les « eaux libres », du parallèle de l'embouchure de la Komadougou Yoobé à hauteur de Seyorom étaient envahies par une végétation haute de plusieurs mètres composée surtout d'ambachs, de roseaux, d'herbes, de papyrus; des surfaces d'eau entièrement dégagées se rencontraient au milieu de cette forêt palustre, constituant des bassins complètement isolés parfois. Une seule route par eau conduisait de Seyorom (Baga) dans l'archipel, en franchissant sur une distance de 3 kilomètres environ la végétation aquatique. Au Nord et au Sud de cette route, on venait se heurter à la ligne des ambachs ou des roseaux.

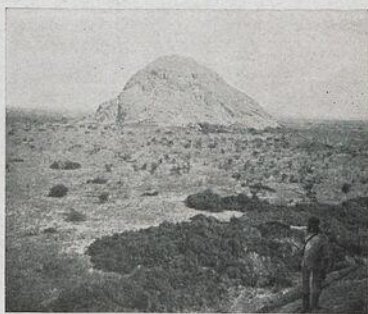
Nulle part, un observateur, placé à 2 mètres au-dessus du niveau de l'eau, n'apercevait la nappe d'eau continue; partout, la végétation venait borner son horizon.

La zone d'eaux libres que l'on trouvait encore en 1904 devant l'embouchure

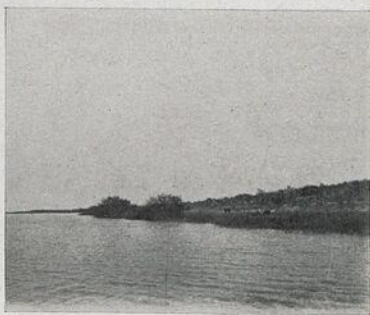
(1) Voir plus haut, p. 20, le voyage du capitaine Tilho et du lieutenant de vaisseau Audoin, de Seyorom à l'embouchure de la Komadougou Yoobé, Nguigmi, Kouloa, et celui du lieutenant de vaisseau Audoin, de Kouloa à Bré et à Bol par les eaux libres (avril 1904).

LAC TCHAD.

RIVE SUD.



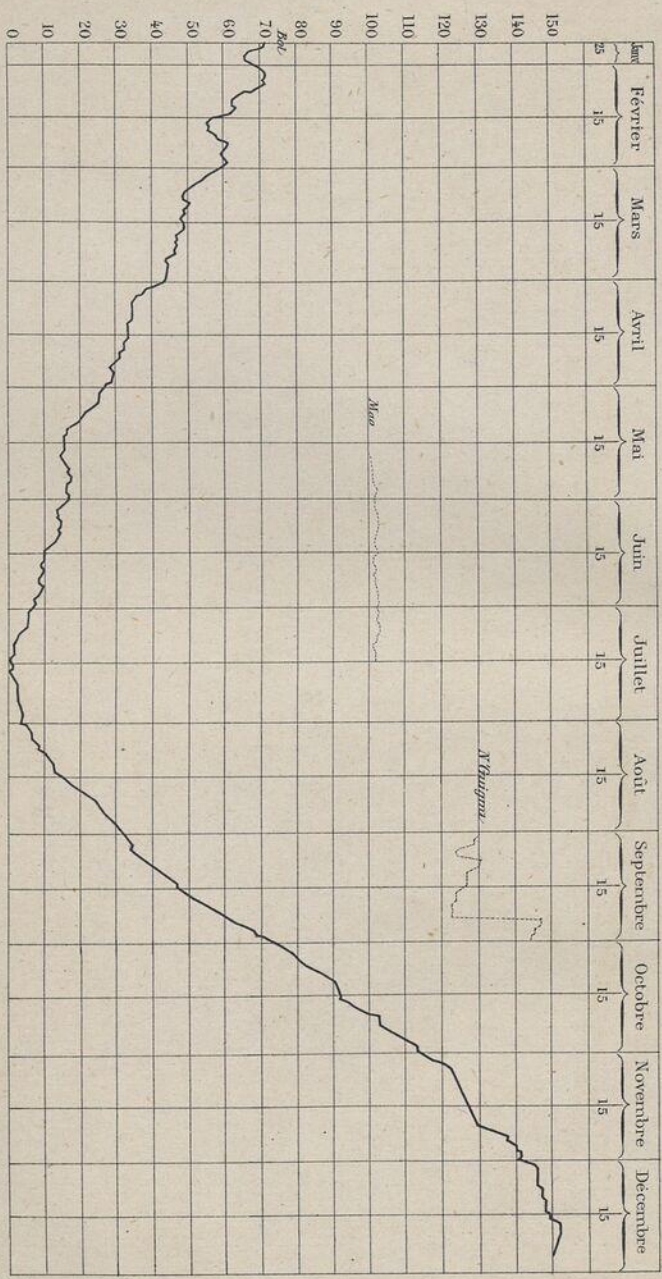
Sur la rive sud du Tchad se trouvent cinq pitons caractéristiques connus sous le nom d'Hadjer el Hamis; ce sont les seules roches de cette région. La plaine environnante est approximativement au niveau de la nappe liquide du lac, et, en nombre de points, des traces apparaissent d'une submersion récente par le Tchad.



Les roseaux secs et les oschers qu'on rencontre dans ces parages rappellent certaines parties de la zone asséchée du nord du lac. On n'est pas encore entré dans la steppe couverte de mimosas épineux du Bas-Chari, mais déjà ces terres basses, ce paysage monotone, diffèrent entièrement de l'archipel.

LAC TCHAD ET ABORDS DU LAC.

Pl. XIII (1^{re} partie). — COURBES DES VARIATIONS DU NIVEAU
 du Lac Tchad à Bol. (janvier à décembre 1908).
 des Puits de Mao (du 18 mai au 15 juillet 1908).
 N'Guigmi (du 1^{er} au 30 septembre 1908).



NOTA. — Aucune mesure précise n'ayant permis de déterminer les altitudes relatives de la nappe liquide du Tchad et de l'eau dans les puits de N'Guigmi et de Mao, chacune des courbes (Bol, Mao, N'Guigmi) correspond à un zéro différent, qui est le niveau minimum que nous avons observé pour chacune des nappes liquides correspondantes, à savoir : 1° pour le Tchad : 17 juillet; 2° pour Mao : 18 mai; 3° pour N'Guigmi : 20 au 23 septembre.

Nous avons rapproché ces trois courbes de façon à permettre de comparer entre eux les mouvements ascensionnels des nappes d'eau correspondantes.

du Chari, avait donc diminué de superficie dans des proportions considérables.

Un seul passage était pratiqué pour se rendre de l'embouchure du Chari dans l'archipel; toutes les routes suivies antérieurement étaient obstruées par les ambachs et les herbes; dans l'archipel, la végétation s'était développée dans des proportions énormes sur les rives des îles; un certain nombre de bahrs, secs en 1903-1904, étaient occupés par les eaux du lac; comme nous l'avons indiqué, p. 48 et 49, ce fait paraît être dû à l'action des courants qui auraient arasé certains seuils ou dragué le fond en certains endroits.

Les indigènes ne paraissaient pas inquiets outre mesure de l'état de choses qu'ils constataient, des périodes de sécheresse analogues, sinon aussi accentuées, s'étant déjà produites, au dire des anciens de l'archipel.

C. ÉTUDE DES VARIATIONS DU NIVEAU DU TCHAD⁽¹⁾.

Il eût été très désirable, sinon presque indispensable, qu'un repère permanent auquel aurait été rapporté le niveau liquide du Tchad, en 1902 par exemple, permit de vérifier, d'une façon indiscutable, le sens de la variation de ce niveau depuis cette date jusqu'au moment du passage de la Mission. Afin de permettre dans l'avenir de telles constatations, il a été élevé à Bol et à Kouloa, respectivement, une échelle hydrométrique en fer, cimentée à sa base dans le lit d'un bahr. Ces échelles sont des poteaux du modèle de ceux qui servent de signaux géodésiques aux îles Binger⁽²⁾ et Seyorom⁽³⁾.

Celle de Bol a été installée et mise en service en janvier 1908, à l'arrivée du caporal armurier Porcon, qui s'acquitta des fonctions de directeur de la Station météorologique du Tchad avec la plus grande conscience. Les bahrs autour de Kouloa étant complètement asséchés, l'échelle construite en ce point ne pourra être utilisée qu'ultérieurement, si les eaux regagnent la partie Nord du Tchad.

Nous donnons aux annexes (Météorologie, 3^e partie) de la présente étude les tableaux mensuels des variations du niveau du lac à Bol, en 1908, et, contre, la courbe en résultant⁽⁴⁾ (pl. XIII, 1^{re} partie).

⁽¹⁾ L'explorateur Ch. Rabot, dans une note remise au capitaine Tilho avant le départ de France de la Mission, avait recommandé de s'efforcer de saisir le passage de «seiches».

⁽²⁾ Voir p. 41, note 1.

⁽³⁾ Un signal géodésique, du même modèle que celui de l'île Binger, a été élevé à l'île Seyorom, par le capitaine Vignon, à son point d'observation.

⁽⁴⁾ Observateurs : Mission (janvier à juin); lieutenant Langlois (juillet); sergent Simon (août et septembre); sergent Paquet (octobre-novembre-décembre).

D. ÉTENDUE SOUTERRAINE DE LA NAPPE LIQUIDE DU TCHAD.

Les changements d'aspect du lac constatés dans ces dernières années, la salinité relativement faible de ses eaux⁽¹⁾, sont de nature à faire croire que le Tchad a un débouché souterrain. M. Chudeau estime⁽²⁾ que ce débouché ne peut être que le Bahr el Ghazal. Le capitaine Freydenberg, à la suite d'observations faites dans les puits à 10 kilomètres au N. E. de Massakori⁽³⁾, pense au contraire que le Bahr el Ghazal est un affluent du grand lac; M. Foureau a émis une opinion identique à ce sujet⁽⁴⁾, alors que Nachtigal considérait⁽⁵⁾ le Ghazal comme un effluent du Tchad.

Le lieutenant Poupard, qui commanda le poste de Bir Alali en 1903, a écrit⁽⁶⁾ que «l'affleurement de la nappe du Tchad dans les dépressions, à plusieurs centaines de kilomètres (des rives), coïncidant avec les crues du lac, explique les oscillations de la nappe (du Tchad), le dessèchement actuel et les inondations antérieures». La crue périodique de certains puits du Kânem et du Chittati a été constatée par les Européens qui ont servi dans ces parages.

En mai 1908, le capitaine Tilho et le capitaine Cellier⁽⁷⁾ firent creuser à Mao, dans l'oued à l'Ouest du poste, une fosse de grandes dimensions dans laquelle l'eau ne tarda pas à apparaître sur toute la périphérie. Il parut intéressant, dès lors, de rechercher quelle peut être la nature des relations de la nappe lacustre proprement dite avec celles de quelques points situés à une certaine distance. A cet effet, une échelle hydrométrique en bois, divisée en centimètres, a été installée respectivement à Mao et à Nguigmi, dans l'un des puits du jardin du poste. La lecture de chacune de ces échelles est faite une fois par jour.

Nous reproduisons⁽⁸⁾ aux annexes les tableaux indiquant les variations du niveau observées de jour en jour dans chacun des puits de Mao et de Nguigmi;

(1) Voir notice spéciale du docteur Gaillard, membre de la Mission (paraîtra ultérieurement).

(2) R. CHUDEAU, «D'Alger à Tombouctou par l'Ahaggar, l'Aïr et le Tchad», in *La Géographie*, 15 avril 1907, p. 267.

(3) FREYDENBERG, *Le Tchad et le bassin du Chari*, p. 80.

(4) *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, tome I, p. 279 et suivantes.

(5) Voir *Sahara und Sudan* (op. cit.), tome II, chap. VIII, et, dans traduction J. GOURDAULT, chap. VIII, p. 409 et suivantes.

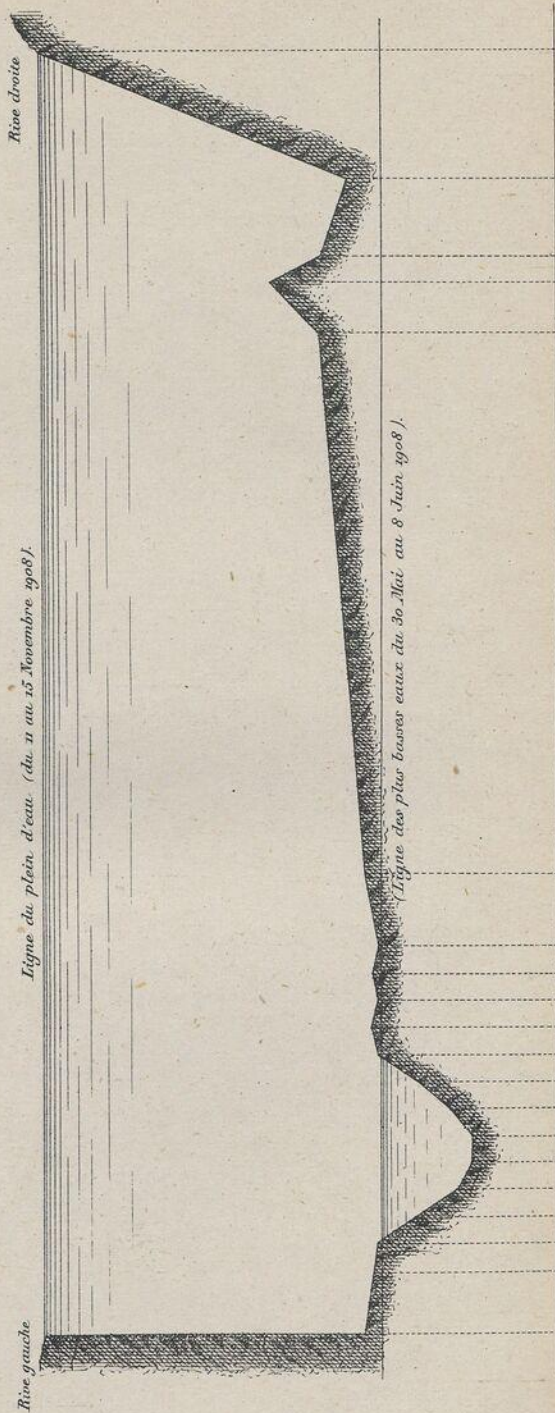
(6) «Le Tchad», conférence faite aux officiers du 5^e régiment colonial, p. 14.

(7) Capitaine Cellier, de l'infanterie coloniale, commandant le cercle du Kânem, au moment du passage de la Mission.

(8) Ces observations ont été faites sous la direction des officiers commandant les cercles du Kânem et de Nguigmi (capitaine Cellier, au Kânem; capitaine Grass, à Nguigmi, au moment du passage de la Mission). Les états mensuels sont adressés par les commandants de cercle au directeur du Bureau central météorologique, qui a bien voulu nous les communiquer.

PL. XIV (1^{re} partie). — PROFIL EN TRAVERS DU CHARI EN AVAL DU CONFLUENT DU LOGONE, AU DROIT DU TATA DU CHÉRIF.

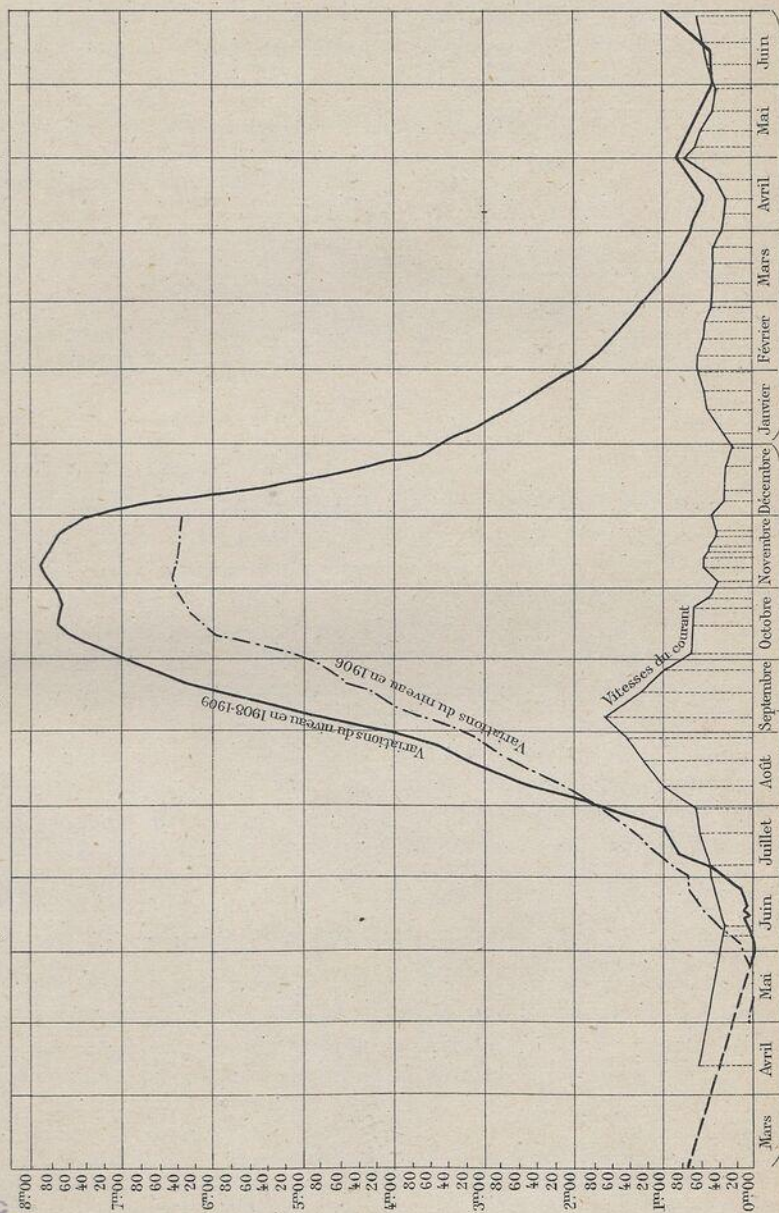
ÉCHELLES { Longueurs : 1/3,000^e.
Hauteurs : 10/1,500^e.



CHARI.

PL. XV (1^{re} partie). — COURBES DES VARIATIONS DU NIVEAU À FORT-LAMY, EN AVAL DU CONFLUENT DU LOGONE (Mai-novembre 1906 et juin 1908-juin 1909)

COURBE DES VITESSES, EN MÈTRES PAR SECONDE, DU COURANT DU CHARI AU MÊME POINT (Avril 1908-juin 1909).



Nota. — On a adopté pour 1906 le zéro choisi pour 1908, lequel correspond au niveau des plus basses eaux de 1908.

les courbes correspondantes ont été tracées (pl. XIII, 1^{re} partie) à côté de celle représentant les variations du niveau du lac à Bol.

La comparaison de ces diverses observations pourra offrir de l'intérêt dans l'avenir, pour l'étude des oscillations auxquelles le niveau du Tchad pourrait être soumis ⁽¹⁾.

E. LES TRIBUTAIRES DU LAC TCHAD; LEUR DÉBIT.

Les cours d'eau tributaires du Tchad sont :

- | | |
|---|--|
| 1° Le Chari; | } qui se jettent dans la partie
S. W. du lac. |
| 2° La Komadougou N'Gala; | |
| 3° La Komadougou M'boulou; | |
| 4° Les petites rivières Missénérám et Leba; | |
| 5° La Komadougou Yoobé, | |

I

Chari.

Ce fleuve a été décrit en détail, depuis la première exploration de Gentil, par M. Fourreau ⁽²⁾. Nous ne reviendrons pas ici sur ses caractères, nous bornant à présenter les observations que la Mission a faites, ou qu'elle a recueillies auprès des autorités locales du Territoire militaire du Tchad, pour déterminer le débit de cet important tributaire du grand lac.

On trouvera ci-contre :

1° Un profil en travers du Chari, en aval du confluent du Logone (pl. XIV, 1^{re} partie).

2° Deux courbes des variations du niveau du fleuve à Fort-Lamy ⁽³⁾ en aval du confluent du Logone (du 1^{er} mai 1906 au 30 novembre 1906, et du 1^{er} juin 1908 au 30 juin 1909) et la courbe des vitesses du courant, relevées à la surface, au moyen de flotteurs, à Fort-Lamy (avril 1908-juin 1909) [pl. XV, 1^{re} partie].

Note relative aux affluents du Chari.

Il serait intéressant, pour le contrôle du résultat que nous avons obtenu pour le débit annuel du Chari, d'évaluer les débits annuels des cours d'eau principaux qui lui apportent leurs eaux (Logone, Bahr Sara).

Tous les éléments nécessaires à ces calculs ne sont pas en notre possession;

⁽¹⁾ Voir plus loin, p. 77 (Seiches).

⁽²⁾ In *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, par F. FOURREAU, tome I, p. 288 à 308.

⁽³⁾ Fort-Lamy est situé sur la rive droite du Chari, à 106 kilomètres environ, à vol d'oiseau, de l'embouchure de ce fleuve dans le Tchad.

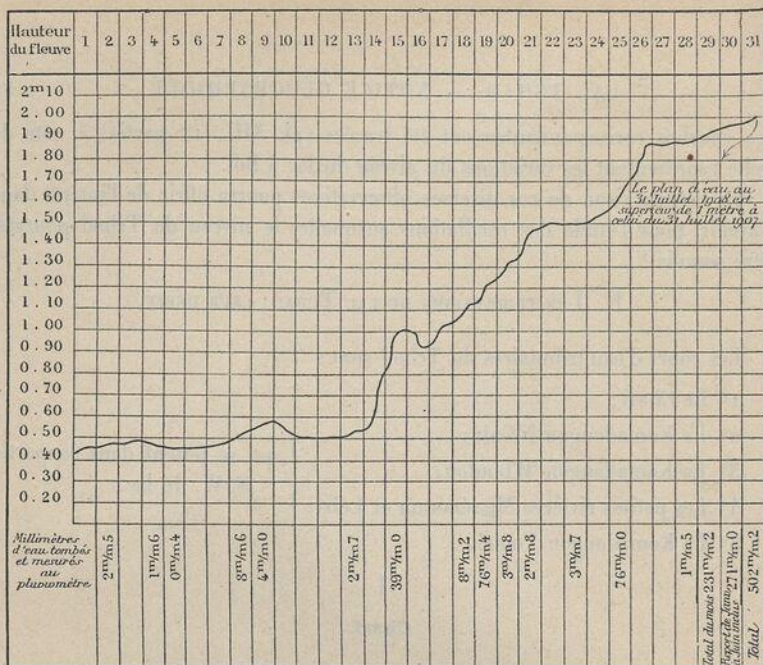


Fig. 3. — VARIATIONS DU NIVEAU DU LOGONE À LAÏ (JUILLET 1906).

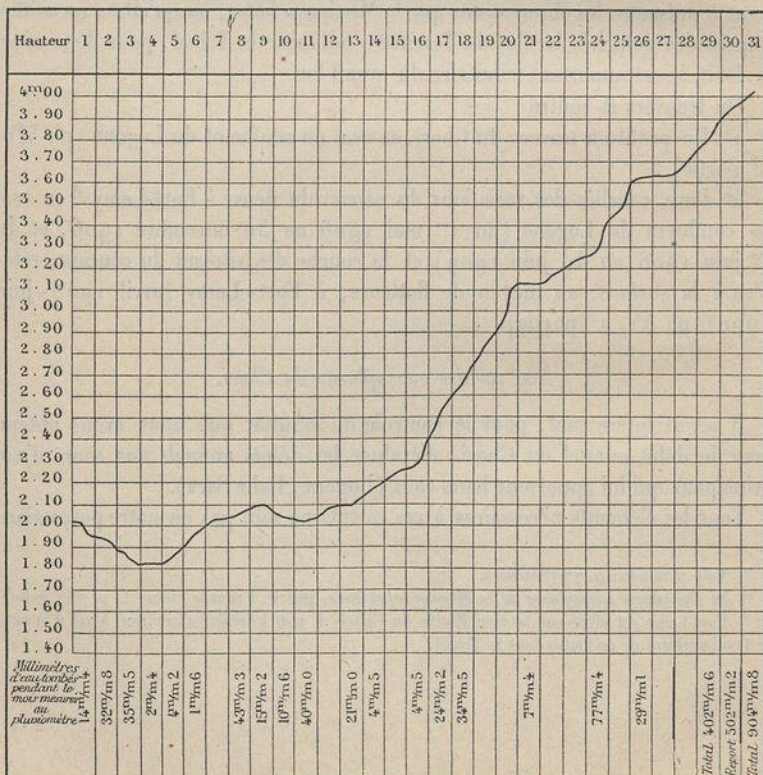


Fig. 4. — VARIATIONS DU NIVEAU DU LOGONE À LAÏ (AOÛT 1906).

nous devons nous borner à présenter ceux qui nous ont été obligeamment fournis, à savoir :

a. Profil en travers du Logone à l'échelle hydrométrique de Laï (pl. XVI, 1^{re} partie).

b. Courbes des variations du niveau du Logone à Laï :

1° 1^{er} mai 1906-31 décembre 1906 (pl. XVII, 1^{re} partie);

2° 1^{er} janvier-15 octobre 1907 (pl. XVIII, 1^{re} partie);

3° Mois de juillet, août, octobre et novembre 1908 (fig. 3, 4, 5 et 6, 1^{re} partie).

Les éléments ci-dessus ont été mis à notre disposition par le lieutenant-colonel Largeau, commandant le Territoire militaire du Tchad.

On trouvera, dans le numéro de novembre 1905⁽¹⁾ de l'*Annuaire de la Société météorologique*, une courbe des variations du niveau du Logone à Laï, de juin 1903 à décembre 1903. La même publication donne, page 11 (novembre 1905), des portions de courbes relatives aux variations du niveau du Chari à Fort-Archambault⁽²⁾ en 1901, 1902, 1903, 1904. Ces renseignements sont dus à M. Georges Bruel, administrateur de 1^{re} classe des Colonies.

Le débit du Bahr Sara, puissant affluent du Chari, a été mesuré par le docteur Kérandel, les maréchaux des logis Bougon et Delacroix, membres de la Mission Lenfant⁽³⁾. Nous n'avons pas connaissance des résultats obtenus.

II

Les tributaires du Sud-Ouest du Tchad.

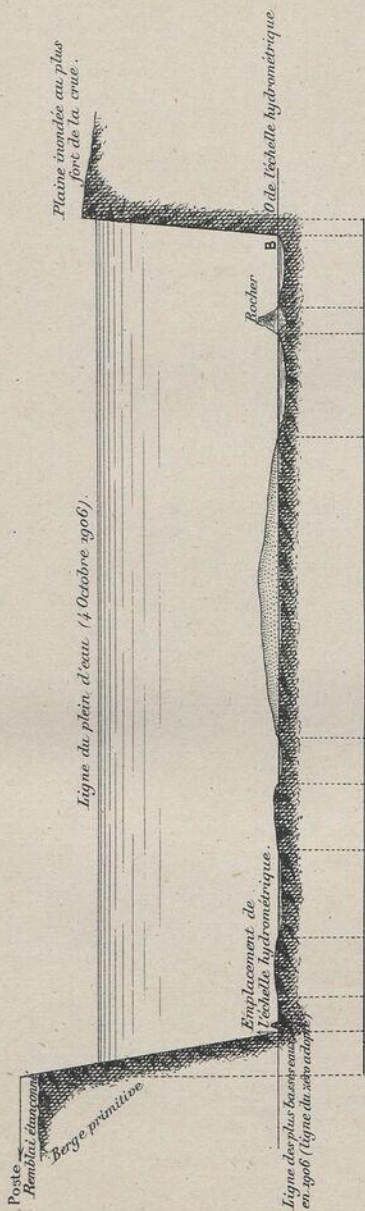
Les tributaires du Tchad qui se jettent dans la partie Sud-Ouest du lac ont la totalité, ou une partie, de leur cours, suivant le cas, en territoire allemand⁽⁴⁾. Le Chef de la mission française de délimitation et le personnel européen qui l'accompagnait, autorisés à traverser la Colonie allemande pour gagner plus rapidement la côte occidentale d'Afrique, n'ont pu, naturellement, faire, à cette occasion, les reconnaissances et les travaux divers (levés topographiques, détermination des profils des rivières, détermination de la vitesse du courant, etc.) qu'il eût été désirable d'effectuer pour avoir une idée un peu précise de la valeur

(1) Voir, p. 13, *Annuaire de la Société météorologique*, novembre 1905.

(2) Fort-Archambault est situé sur la rive gauche du Chari, à 25 kilomètres environ à vol d'oiseau en amont du confluent du Bahr Sara, et à 605 kilomètres environ, à vol d'oiseau, de l'embouchure du Chari dans le Tchad, d'après la carte au 1/5,000,000^e du Service géographique des Colonies, édition de 1906.

(3) In *La découverte des grandes sources de l'Afrique*, par le commandant Lenfant, édition Hachette, 1909, p. 138.

(4) Voir *Übersichts-Karte zu dem Deutsch-Englischen Verträge vom 16. Juli 1906*, nach der von M. MOISEL in 1/250,000 bearbeiteten Originalkarte reduziert auf 1/1,000,000 (Lithogr. u. Druck v. Dietrich Reimer, Ernst Vohsen, Berlin).



ÉCHELLES { Longueurs : 1/3,000^e.
Hauteurs : 10/1,500^e.

Largeur du fleuve (mesurée à la chaîne au niveau A-B) = 370^m.
Maximum de crue le 4 octobre 1906 : 4^m 13 à l'échelle hydrométrique.

A l'étiage il reste { 35^{cm} d'eau dans le chenal Ouest.
15^{cm} d'eau dans le chenal Est.

Vitesse du courant le 15 mai 1908, l'échelle marquant 0^m 30 de crue = 4^m à l'heure.

Laï, le 15 mai 1908.

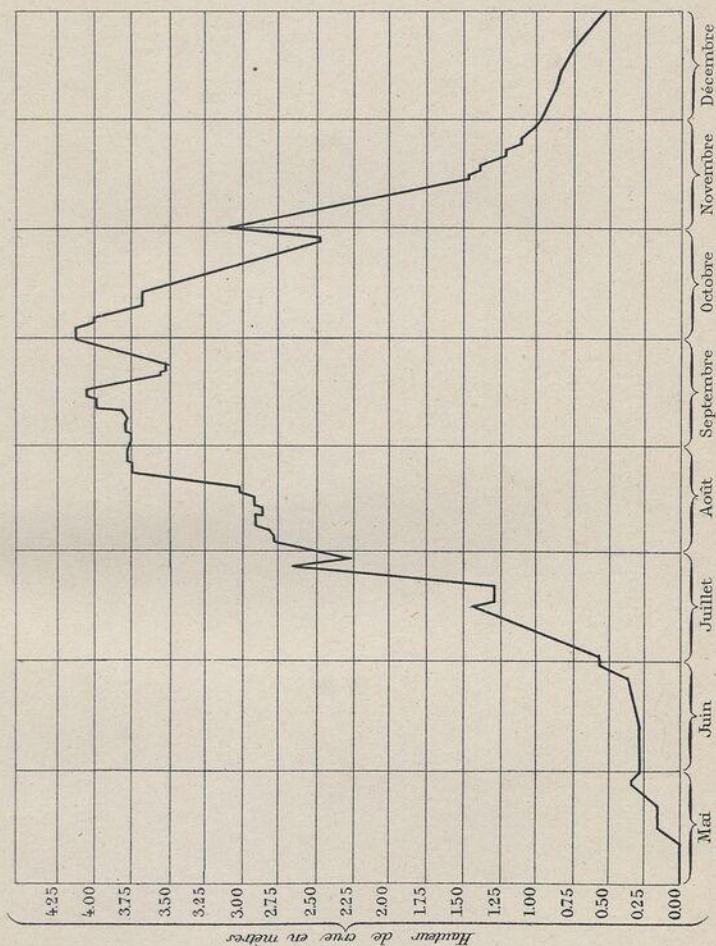
Le Lieutenant commandant le Cercle,

Signé : RAYMOND.

NOTA. Le terrain constituant les berges du fleuve est formé de sable argileux compact, ce qui explique que celles-ci puissent être « presque verticales », comme l'indique le profil ci-contre.

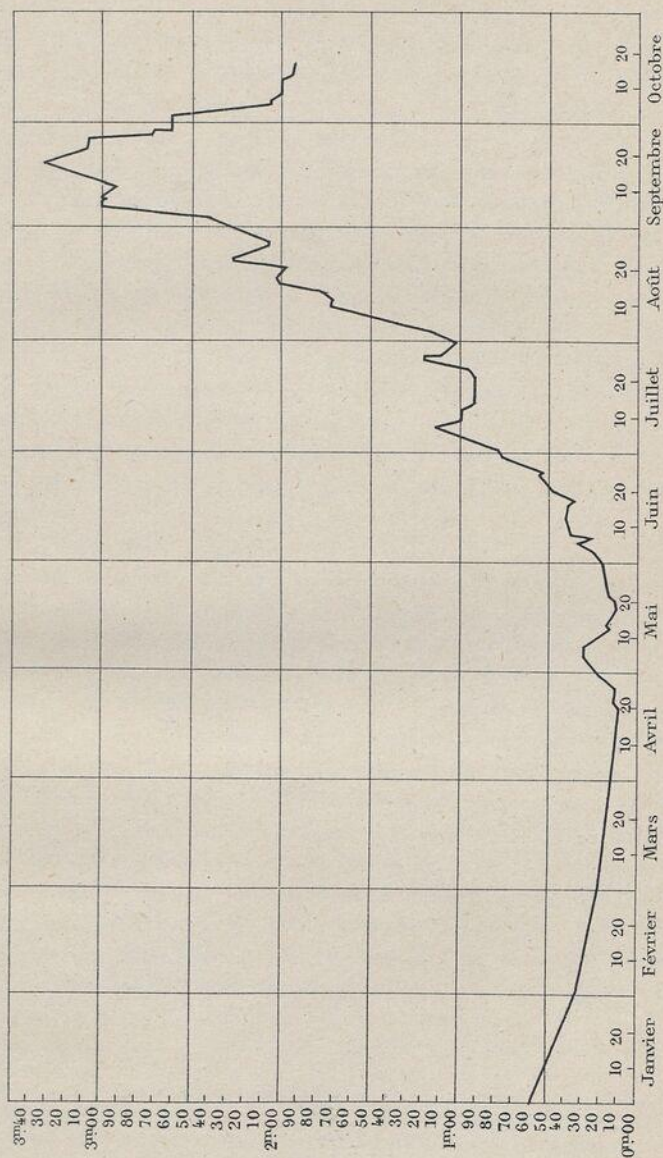
LOGONE.

Pl. XVII (1^{re} partie). — COURBE DES VARIATIONS DU NIVEAU À LAÏ.
(Mai-Décembre 1906.)



NOTA. — Le zéro de l'échelle hydrométrique est celui indiqué sur le profil en travers du Logone à Lai (pl. XVI).
Niveau maximum en 1906 : 4^m 13 le 4 octobre.

Pl. XVIII (1^{re} partie). — COURBE DES VARIATIONS DU NIVEAU À LAÏ.
(1^{er} janvier-15 octobre 1907.)



Nota. — Niveau maximum atteint en 1907 : 3^m35 le 19 septembre.

du débit de chacun de ces cours d'eau. Le capitaine Tilho a dû se borner à noter, sur son carnet de route, l'aspect des régions parcourues⁽¹⁾, les dimensions approximatives des cours d'eau franchis, les renseignements fournis par les indigènes sur la durée de l'écoulement et l'importance de la crue de ces rivières. Afin de donner sur celles-ci une idée plus complète que ne pourraient le faire ces simples notes, nous reproduisons, pour chacune d'elles, les appréciations de quelques-uns des voyageurs qui les ont observées.

De Kousseri à Afadé, le capitaine Tilho ne signale aucun cours d'eau. En partant de Kala Mulué (fin mai 1908), il traverse, pendant 8 kilomètres environ, un marais à sec, présentant un certain nombre de terres plus élevées, formant îles en hivernage; il retrouve un autre marais asséché au pied d'Afadé⁽²⁾.

La première rivière est rencontrée à 8 kilomètres environ dans l'Ouest d'Afadé; elle est à sec; sa largeur est de 25 mètres; la profondeur, de 2 à 3 mètres; le fond du lit, argileux, est fendillé; au-dessous de l'argile se trouve du sable, comme on peut le constater dans les puits, profonds de 13 à 14 mètres, creusés dans le lit de ce cours d'eau temporaire.

Les indigènes la dénomment : Komadougou Biski, à hauteur d'Afadé; plus en aval de ce point, elle prend le nom de Komadougou N'Gala. C'est un bras dérivé du Logone.

Nachtigal dit, à son sujet⁽³⁾ :

« A une douzaine de kilomètres à l'Est de l'embouchure du Mboulou, se jette également dans le Tsad le Komadougou de Gambarou, qui vient, dit-on, du territoire marécageux des Mousgou, où il n'est vraisemblablement qu'une branche détachée du Chari de l'Ouest ou Chari de Logon. Dans ce cas, il ne faudrait voir en lui qu'un des innombrables canaux de dérivation par lesquels le grand fleuve baguirmien se déverse au lac. A quinze ou vingt kilomètres en deçà de son embouchure, cette rivière de Gambarou reçoit, disent les uns, un autre Komadougou, le Férendouma; d'autres affirment, au contraire, que ce dernier cours d'eau vient directement de l'Ouest du Logon; il y a même des gens qui prétendent qu'il se jette aussi à part dans le lac.

« Pour cela, je ne le crois pas, car, en revenant du Baguirmi, je franchis la rivière de Gambarou, ainsi que le Mboulou, tout près de leurs embouchures, et je n'ai nullement aperçu le Férendouma, que, lors de l'aller pourtant, j'avais traversé à dix-huit ou vingt kilomètres plus au Sud. De même, il me paraît

⁽¹⁾ L'itinéraire du capitaine TILHO passe par Kousseri, Afadé, Kuda, N'Gala, Logumani, Dikoa, Mogoshi, Maidugari.

⁽²⁾ On sait que les régions au Sud de la poche Sud-Ouest du Tchad, comprenant les embouchures du Chari et des tributaires de cette partie du lac, portent le nom de pays de Balgué. En hivernage, c'est une contrée inondée et à peu près impraticable. « En saison sèche, dit le colonel DESTENAVE (*Revue générale des Sciences*, 1902, p. 656), le manque d'eau, joint aux crevasses du terrain, y rend la marche pénible pour le voyageur isolé et difficile en groupes.

⁽³⁾ In *Sahara et Soudan*, traduction J. GOURDAULT, édition Hachette, 1881, p. 493.

improbable que ce fleuve ait sa source propre, attendu qu'au milieu de mars, alors que tous les autres affluents du Tsâd nés dans la même région étaient presque à sec, il charriait, lui, une masse liquide plus considérable que la rivière de Gambarou elle-même, à savoir, de dix mètres de large sur un mètre de profondeur; je suis plutôt porté à le prendre pour un bras de ce dernier cours d'eau, qu'il rallie de nouveau avant l'embouchure. »

Le lieutenant-colonel Lenfant désigne ce même cours d'eau sous le nom de Komadougou Lebaï ou Bahr el Obeïd ⁽¹⁾, ou Bahr Afadé ⁽²⁾. A la date à laquelle il le traversa (vers le 20 novembre 1903), venant d'Afadé, c'était « une rivière très profonde, large de 200 mètres ⁽³⁾. D'après ses renseignements, le Bahr Afadé n'a plus de courant appréciable à la fin de janvier » ⁽⁴⁾.

La carte allemande réduite au 1/1,000,000^e, de M. Moisel ⁽⁵⁾, donne à cette rivière le nom d'EBÉIL.

Komadougou M'boulou.

A 6 kilomètres environ dans l'Ouest de N'Gala, le capitaine Tilho traversa à pied sec la Komadougou M'boulou; la largeur de cette rivière était de 35 mètres au plafond et de 120 à 150 mètres d'une berge à l'autre; sa profondeur, de 4^m 50 à 6 mètres. D'après des renseignements indigènes, elle aurait, en hivernage, un courant appréciable, moins fort, cependant, que celui du Chari.

Barth a traversé la Komadougou M'boulou, et s'exprime ainsi à son sujet ⁽⁶⁾:

« La fertilité de cette plaine s'explique par la présence d'un komadougou qui la traverse et qui porte le nom de la ville d'Alao, d'où lui arrive un affluent considérable; ce komadougou passe par Dikoa, Nghala et Mboulou, et va se jeter dans le Tsâd, mais seulement pendant la saison des pluies. Je le passai moi-même, près de ces trois dernières localités, ainsi que le fit le docteur Vogel, entre Oudje et Dikoa. Nous dûmes le traverser deux fois dans cette matinée, pour arriver à Mabani, ville considérable située sur une vaste colline de sable, à environ 1,200 pieds au-dessus du niveau de la mer, et à une distance d'un peu plus d'un mille allemand de Maidougouri. »

« A la partie Sud-Ouest du lac, dit Nachtigal ⁽⁷⁾, débouche le komadougou Mboulou, qui sort du territoire des Margui, à la frontière Sud du Bornou, et

⁽¹⁾ In *La grande route du Tchad*, par le commandant LENFANT, Hachette, 1905, p. 167.

⁽²⁾ *Ibid.*, p. 168.

⁽³⁾ *Ibid.*

⁽⁴⁾ *Ibid.*

⁽⁵⁾ Voir *Übersichts-Karte zu dem Deutsch-Englischen Vertrage, vom 16. Juli 1906*, nach der von M. MOISEL, in 1/250,000 bearbeiteten Originalkarte reduziert auf 1/1,000,000 (Lithogr. u. Druck von Dietrich Reimer, Ernst Vohsen, Berlin).

⁽⁶⁾ In *Voyages et découvertes dans l'Afrique septentrionale et centrale*, par le Dr HENRI BARTH, traduction française, édition A. Bohné, 1860, t. II, p. 163.

⁽⁷⁾ In *Sahara et Soudan*, traduction J. GOURDAULT, édition Hachette, 1881, p. 492.

a, ce semble, un cours de deux cents kilomètres environ. A une trentaine de kilomètres en deçà du Tsâd, il reçoit lui-même un tributaire qui lui arrive de l'Ouest, du district d'Ouché, au pays des Gamergou. Lorsque je le franchis, au commencement de mars, à dix ou quinze kilomètres de son embouchure, son lit, large d'une trentaine de mètres, était rempli à peu près au tiers, et le volume liquide avait un mètre de tranche. Quand je revins du Baguirmi, dans les premiers jours de septembre, il avait submergé ses rives, et offrait un courant de 60 mètres de largeur qui nous obligea à faire usage d'embarcations. Toutefois, un peu avant la saison des pluies, il n'est plus, lui aussi, qu'une suite de flaques d'eau bourbeuse. La pente y est si faible, que des objets que nous y fîmes flotter au printemps ne purent, par le vent d'Est régnant, filer en aval du côté du lac.»

«La rivière de Yoo et le Mboulou, grossissant vite au moment des pluies, mais prompts ensuite à se tarir, ne contribuent en somme que médiocrement à remplir le Tsâd »⁽¹⁾.

Le Mboulou a été reconnu en 1903-04, par les officiers allemands de la Commission anglo-allemande de délimitation Yola-Lac Tchad, être «une rigole d'écoulement peu importante »⁽²⁾ des marais que forment, dans le Nord-Est de Dikoa, des cours d'eau tels que le Jadseram et la Komadougou Goma, qui viennent des monts du Mandara.

Le lieutenant-colonel Lenfant a écrit⁽³⁾ :

«Dikoa est entourée d'immenses marécages, à plusieurs lieues à la ronde; la cuvette tchadienne présente en ces parages une légère dépression, et cela suffit pour créer de vastes inondations qu'une rivière temporaire, le Bahr Boulou, conduit au lac lui-même, en passant devant le village d'Ourgué.»

A Mogoshi, le capitaine Tilho traverse un lit de rivière à sec, large de 30 à 40 mètres, profond de 1 mètre, sans doute l'un des *ridchouls* dont parle Nachtigal⁽⁴⁾.

«A l'Ouest du Mboulou, lit-on dans Nachtigal⁽⁵⁾, se trouvent encore les deux rivièrettes Missénéram et Lébâ qui ont, elles aussi, une déclivité fort insignifiante, au point que les uns prétendent qu'elles courent du Sud au Nord, pour aboutir soit au Tsâd, soit à l'embouchure du Mboulou, tandis que les autres les représentent comme de simples dépressions de terrain, des *ridchouls*, que le lac remplit lors de ses grandes crues. Toujours est-il que, à l'époque de notre

(1) In *Sahara et Soudan*, traduction J. GOURDAULT, édition Hachette, 1881, p. 492.

(2) In *Mittheilungen von Petermann*, 1905, p. 331. (Voir également carte M. Moisel, *op. cit.*)

(3) In *La grande route du Tchad*, par le commandant LENFANT, Hachette, édition 1905, p. 176.

(4) In *Sahara et Soudan*, *op. cit.*, p. 493.

(5) In *Sahara et Soudan*, *op. cit.*, p. 493.

retour, alors que les deux petites rivières (à sec en mars) contenaient un volume liquide d'un mètre et demi à deux mètres de profondeur, il me fut impossible d'y découvrir le moindre courant. »

Ces deux *rivières* sont apparemment celles qui figurent sur la carte déjà citée ⁽¹⁾ de M. Moisel, et dont la plus occidentale est désignée sous le nom de *Sidère*.

Ainsi donc il semble résulter des renseignements sommaires qui précèdent que les seuls tributaires un peu importants de la partie Sud-Ouest du Tchad sont :

La Komadougou Biski (ou Komadougou de Gambarou, de Nachtigal);

La Komadougou M'boulou.

Ces deux cours d'eau sont temporaires.

Les petites rivières Missénéram et Lébâ, dont le cours est restreint et la pente insignifiante, doivent avoir un débit faible vis-à-vis de celui de chacun des précédents.

III

Komadougou Yoobé.

Ce cours d'eau a été décrit à une époque récente par M. Foureau ⁽²⁾ pour la partie comprise entre Kouigom et l'embouchure. M. Charles Rabot ⁽³⁾ a résumé, comme suit, les résultats de l'exploration de cette rivière faite par le lieutenant anglais H. Secker entre Damjiri et Kano :

« A la fin de 1906, le lieutenant H. Secker a remonté la Komadougou Yoobé, à laquelle il donne le nom de rivière Yo, de Damjiri à Kano, et en a relevé le cours à la boussole. Lorsque le voyageur quitta Damjiri le 24 novembre, les eaux étaient à leur maximum; néanmoins, nulle part le courant ne dépassait une vitesse de 27 mètres à la minute. Entre Damjiri et Hadeïja, la profondeur a varié de 2^m 10 à 2^m 80, et entre cette dernière localité et le terminus de la navigation du lieutenant Secker, de 1^m 80 à 4^m 20; partout, elle est très irrégulière; de plus, elle ne se montre pas progressivement décroissante vers l'amont. Nulle part, on ne rencontre dans cette rivière de têtes de roche; en quelques endroits seulement, on se heurte à des « embarras » de troncs d'arbres, et, assez fréquemment, à des barrages de plantes palustres ou à des bancs dont la formation est due à des digues que les indigènes construisent en travers du courant pour capturer le poisson. D'après le lieutenant Secker, ces barrages artificiels influeraient sur la régression des eaux du Tchad. Si, dit-il, sur les

⁽¹⁾ Voir *Übersichts-Karte zu dem Deutsch-Englischen Verträge, vom 16. Juli 1906*, nach der von M. MOISEL, in 1/250,000 bearbeiteten Originalkarte reduziert auf 1/1,000,000 (Lithogr. u. Druck v. Dietrich Reimer, Ernst Vohsen, Berlin).

⁽²⁾ *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, t. I, p. 270 à 272.

⁽³⁾ In *La Géographie*, 15 octobre 1907, p. 262.

autres rivières qui se déversent dans le lac, les indigènes ont l'habitude d'ériger des barrages, une énorme quantité d'eau doit se trouver divertie de sa destination.

« En tout cas, au prix de quelques travaux, il serait aisé de rendre la Komadougou Yoobé accessible à un canot à vapeur pendant la saison des hautes-eaux, entre Damjiri et Kano. »

Notre Mission a effectué le levé du cours de la Komadougou Yoobé de Kama jusqu'à son embouchure dans le Tchad; en outre, comme il a été exposé précédemment⁽¹⁾, les variations de son niveau à Bosso et la température de l'eau ont été observées trois fois par jour, du 1^{er} novembre 1907 au 9 janvier 1908; un profil du fleuve, au droit de l'échelle hydrométrique de Bosso, a été établi; la vitesse du courant a été mesurée à diverses reprises. A la date du 9 janvier 1908, l'écoulement de la rivière cessa à Bosso, une solution de continuité existant devant la station météorologique élevée par la Mission; la Komadougou ne présentait plus dès lors qu'une série de cuvettes distinctes, sans relations avec le Tchad.

Les deux notes ci-dessous donnent un aperçu sur les caractéristiques de ce cours d'eau.

NOTE I. — EXTRAIT DU LIVRE JOURNAL DU SECTEUR DE LA KOMADOUGOU.

Crue de la Komadougou.

9 août 1908.

« L'eau vient d'arriver brusquement dans la Komadougou, venant des mares de Gaedam. Elle est arrivée brusquement, en torrent, le 7 août, vers 2 heures du matin, avec un bruit très fort, analogue à celui du vent dans les grands arbres. Le 5 au soir, elle était au Sud de Boudoum; le 6, à 8 heures du soir, à Dabogo, où elle a été arrêtée un certain temps par un seuil; le 7, à 2 heures du matin, elle remplissait brusquement le seuil Dabogo-Bagara; à Bagara, nouvel arrêt; à Lada, nouvel arrêt par un nouveau seuil; le 8, elle était à Assaga; le 8, pas une goutte d'eau en aval d'Assaga ni à Bosso. Depuis le moment de son arrivée, le niveau n'a cessé de monter dans la Komadougou; le courant n'est pas très fort et ne charrie pas de débris. »

10 août.

« Un chaland anglais, en fer, très bien monté (6 tonnes environ), est passé dans la nuit se dirigeant vers Gaedam, venant de Douchi où il avait été surpris et arrêté depuis l'an passé par la baisse des eaux. »

Signé : GONDALMA⁽²⁾.

NOTE II.

« Le flot de la Komadougou est arrivé à Abadam le 17 août, vers 7 heures du matin. (Renseignements du Kachella de Bosso). »

« Nous l'avons vu parvenir à Bosso le 18 août, à 8 heures du soir. Le Kachella de Bosso

⁽¹⁾ Voir p. 25.

⁽²⁾ Capitaine GONDALMA, de l'infanterie coloniale. Cet officier, alors lieutenant, commandait le secteur de la Komadougou.

estimait que l'année était très pluvieuse et que la crue de la Komadougou avait un caractère particulièrement torrentiel en 1908.»

«Le flot aurait mis, les autres années, 3 à 4 jours pour aller d'Abadam à Bosso.»

Signé : LAUZANNE ⁽¹⁾.

On trouvera ci-contre :

a. Un profil en travers de la Komadougou Yoobé à Bosso, à 150 mètres environ en aval de l'angle Sud-Ouest de l'enceinte du village (fig. 7, 1^{re} partie);



Fig. 7. — PROFIL EN TRAVERS DE LA KOMADOUGOU YOOBÉ À BOSSO.

b. Une courbe des variations du niveau et de la vitesse du courant de la Komadougou à Bosso (station météorologique) du 1^{er} novembre 1907 au 9 janvier 1908 (pl. XIX, 1^{re} partie);

c. Une courbe des variations du niveau à Gaedam⁽²⁾, juin 1906-décembre 1906; janvier-septembre 1907; juillet-septembre 1908 (pl. XX et XXI, 1^{re} partie).

Les observations de Gaedam ont été mises gracieusement à notre disposition par M. Hewby, Résident de Sa Majesté Britannique à Kano (Northern Nigeria).

DÉBITS ANNUELS APPROXIMATIFS DU CHARI ET DE LA KOMADOUGOU YOOBÉ.

Pour chacun de ces cours d'eau, les observations faites sur place ont consisté :

- 1° Dans la détermination du profil en travers du fleuve au point où l'on se proposait de mesurer le débit;
- 2° Observation des variations du niveau du fleuve au droit de ce profil;
- 3° Observation des vitesses du courant au même point.

CHARI.

Le profil en travers a été dressé d'après les mesures faites à Fort-Lamy, au droit du tata du chérif, le 13 avril 1908, par le lieutenant de vaisseau Audoin, membre de la Mission.

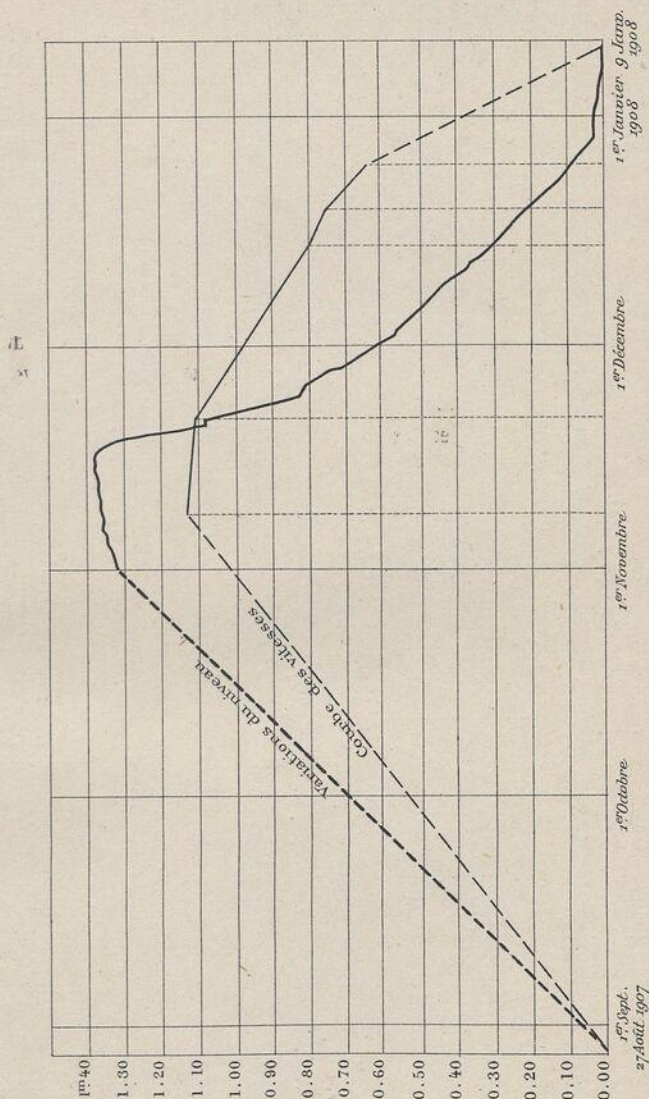
⁽¹⁾ Capitaine LAUZANNE, de l'Infanterie coloniale, membre de la Mission.

⁽²⁾ Gaedam est situé en territoire anglais (Northern Nigeria) sur la rive droite de la Komadougou Yoobé, à 182 kilomètres environ, à vol d'oiseau, de l'embouchure de cette rivière dans le Tchad, et à 176 kilomètres environ, à vol d'oiseau, de Bosso.

Pl. XIX (1^{re} partie). — COURBE DES VARIATIONS DU NIVEAU À BOSSO
(27 août 1907-9 janvier 1908)

ET

COURBE DES VITESSES, EN MÈTRES PAR SECONDE, DU COURANT AU MÊME POINT
(7 novembre-24 décembre 1907).



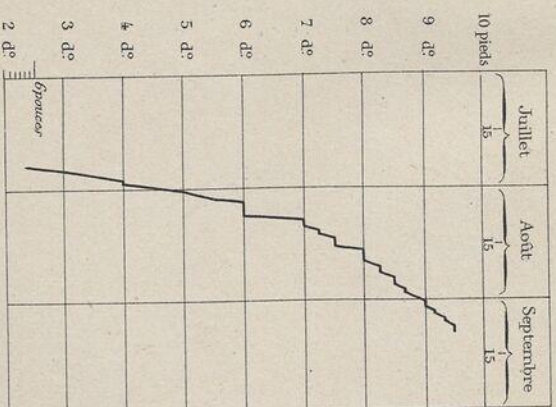
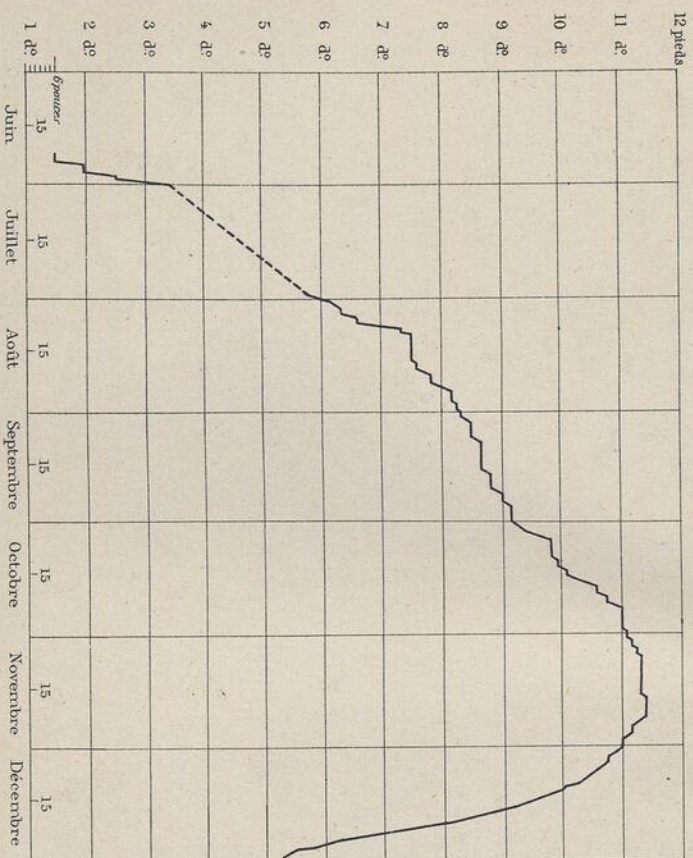
Nota. — Les portions des deux courbes en traits discontinus sont tracées à vue (voir pages 64 et 65)

K. A. O.

Pl. XX (1^{re} partie). — COURSE DES VARIATIONS DU NIVEAU À GABDAM.

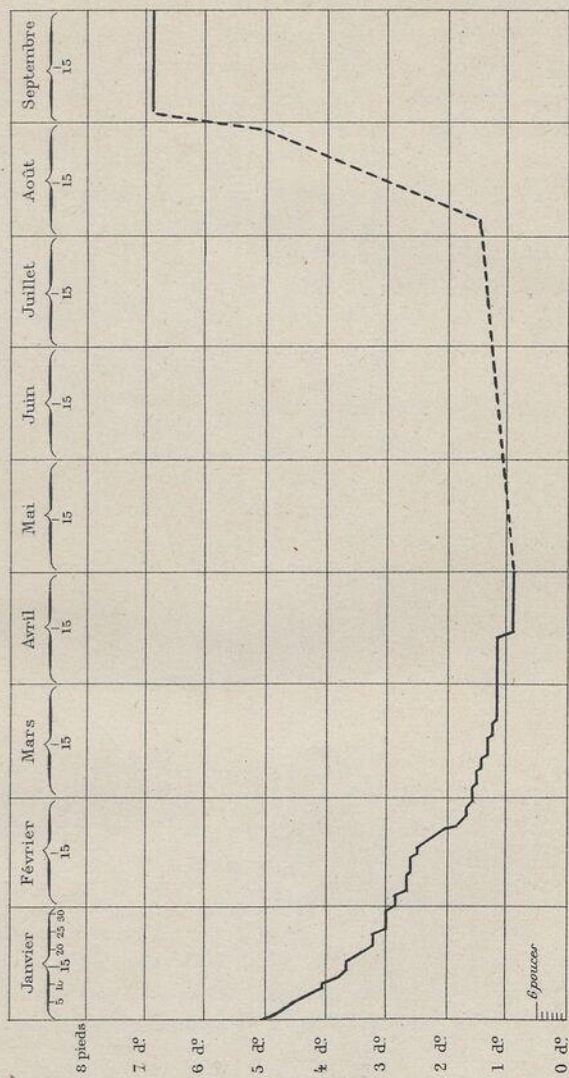
(23 juin-31 décembre 1906.)

(26 juillet-10 septembre 1908.)



NOTA. — Le zéro de l'échelle hydrométrique, commun aux années 1906 et 1908, se trouve à 1 pied 6 pouces au-dessous du niveau de l'eau dans la rivière le 23 juin 1906 et correspond approximativement à l'étiage de cette dernière année.

Pl. XXI (1^{re} partie). — COURSE DES VARIATIONS DU NIVEAU À GAEDAM.
(Janvier-Septembre 1907.)



NOTA. — Le zéro de l'échelle hydrométrique est le même que celui adopté pour 1906 (pl. XX).

Pour avoir une valeur approximative du débit annuel du Chari à Fort-Lamy, nous avons dû prolonger la courbe, par extrapolation, du 1^{er} juin 1908 au 1^{er} mars 1908⁽¹⁾.

L'année 1908 ayant été très pluvieuse dans les régions centre-africaines qui avoisinent le Tchad, et le niveau maximum, atteint par le Chari au cours de l'hivernage, ayant été très supérieur à la moyenne, on a admis que le niveau du Chari, le 1^{er} mars 1908, était inférieur d'un mètre à celui observé le 28 février 1909⁽²⁾. On a alors joint par une ligne droite le point ainsi obtenu à celui correspondant au niveau du 1^{er} juin, début des observations, pour avoir une courbe des variations du niveau pendant un an.

Vitesses. — La vitesse du courant a été déterminée au moyen de flotteurs de surface⁽³⁾. Il a été fait de 3 à 8 observations par mois, de juin 1908 à février 1909. En mars et mai 1908, nous n'avons aucune observation; en avril, il y en a une seulement, effectuée le 13 avril, au cours des mesures destinées à fournir le profil en travers du fleuve.

On a porté en abscisses, sur la courbe de la planche XV (1^{re} partie), les dates d'observation et en ordonnées les vitesses correspondantes; la vitesse, le 1^{er} mars 1908, a été supposée égale à celle du 28 février 1909.

Joignant de proche en proche par des lignes droites les points ainsi définis, nous avons obtenu une ligne polygonale qui a fourni les vitesses pour une date quelconque.

KOMADOUGOU YOOBÉ.

Le profil en travers a été déterminé suivant la même méthode appliquée au Chari. La faible largeur de la section occupée par les eaux au moment où l'opération a été faite a pu être déterminée par une mesure directe.

Niveau. — Les observations du niveau à Bosso n'ont pu commencer que le 1^{er} novembre 1907, au moment de l'arrivée en ce point du détachement d'avant-garde de la Mission. Elles ont duré jusqu'au 9 janvier 1908, date à laquelle l'écoulement cessa à hauteur de Bosso.

Pour avoir une valeur approchée du débit annuel de ce cours d'eau, il était nécessaire de prolonger, par extrapolation, la courbe des variations du niveau

(1) Voir la note 1 de la page précédente.

(2) On sait, en effet, que dans les régions centre-africaines voisines du Tchad, les pluies d'hivernage, qui durent de juin à octobre approximativement, amènent les rivières à leur plein d'eau dans les derniers mois de l'année. Si donc l'hivernage de 1908 a été plus abondant que celui de 1907 (et c'est le cas), le niveau, pour les dates qui précèdent l'hivernage 1908, sera inférieur à celui des dates postérieures d'un an.

(3) Ces observations sont dues, pour le Chari, au docteur Cartron, médecin aide-major de 1^{re} classe des troupes coloniales.

du 1^{er} novembre 1907 à la date correspondant au début de l'écoulement de cette rivière temporaire.

L'année 1908 ayant été exceptionnellement pluvieuse; les indigènes considérant que la rivière avait coulé à Bosso plus tôt que dans les années moyennes; le capitaine Lauzanne, membre de la mission, ayant vu l'eau parvenir à Bosso le 18 août 1908, à 8 heures du soir; l'hivernage 1907 ayant d'ailleurs été peu pluvieux, on a admis que l'écoulement de la Komadougou Yoobé à Bosso avait dû commencer, en 1907, une dizaine de jours plus tard qu'en 1908, c'est-à-dire que le niveau était nul le 27 août 1907. On a alors joint par une ligne droite le point de coordonnées (27 août 1907, niveau 0) à celui correspondant au niveau le 1^{er} novembre pour compléter la courbe représentant les variations du niveau de la Komadougou Yoobé à Bosso, au cours de l'hivernage 1907-1908 (pl. XIX, 1^{re} partie).

Vitesses. — La vitesse a été mesurée au moyen d'un flotteur de surface.

La courbe a été construite comme il a été indiqué pour le Chari, la vitesse du courant le 27 août 1907, origine de l'écoulement à Bosso étant égale à celle du 9 janvier 1908, cessation de l'écoulement, c'est-à-dire nulle.

CHARI ET KOMADOUGOU YOOBÉ.

Surface du profil en travers. — Suivant les indications de M. Lévy-Salvador, ingénieur du Service de l'hydraulique agricole au Ministère de l'agriculture, nous avons décomposé, pour chacun des cours d'eau dont nous nous proposons de calculer le débit, le profil en travers correspondant en figures géométriques simples (carrés, rectangles, trapèzes, triangles). La somme de ces surfaces élémentaires a donné celle du profil en travers.

Débit. — Après cela, si l'on désigne, pour une date donnée, par Ω la surface mouillée obtenue pour l'un des fleuves considérés, par u la vitesse moyenne du courant à hauteur du profil, u étant évaluée en mètres par seconde, le débit du fleuve, au point choisi pour le profil, sera, en une seconde :

$$\Omega \times u \text{ mètres cubes.}$$

Les éléments d'observation qui ont permis d'obtenir les valeurs Ω et u correspondant aux divers niveaux étant obtenus d'une façon assez grossière et les valeurs trouvées pour le débit ne pouvant être considérées, dans ces conditions, que comme approximatives, nous nous sommes bornés, sur le conseil de M. Lévy-Salvador, à calculer le débit, pour chacun des cours d'eau, de cinq en cinq jours seulement. Ω représente alors, dans chaque mesure partielle, la surface de la section mouillée correspondant au niveau du milieu de l'intervalle

de cinq jours considéré, et u est la vitesse moyenne pour cette même date milieu. Ωu étant le débit par seconde pour un niveau considéré

$$\Omega \times u \times 864,000 \times 5$$

représentera en mètres cubes le débit en cinq jours.

Vitesse moyenne. — D'après les indications de M. Lévy-Salvador, la vitesse moyenne a été obtenue en augmentant d'un quart la valeur fournie par la courbe des vitesses à la surface.

En opérant comme il est indiqué ci-dessus, on a trouvé :

1° *Pour le Chari.* — Valeur approchée du débit, du 1^{er} mars 1908 au 28 février 1909 : 40,823,727,196 mètres cubes ⁽¹⁾;

2° *Pour la Komadougou Yoobé.* — Valeur approchée du débit pendant l'hivernage ⁽²⁾ 1907-1908 : 131,785,353 mètres cubes.

Débâts moyens annuels du Chari et de la Komadougou Yoobé.

Valeur approximative de la crue moyenne annuelle du Chari à Fort-Lamy.

Les observations des variations du niveau du Logone à Laï ont fourni, depuis le début de l'occupation de ce point, les valeurs de la hauteur d'eau maximum pour les années 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908. On a obtenu ainsi :

1903 ⁽³⁾	5 ^m 30	
1904 ⁽³⁾	4 70	
1905.....	3 70	
1906 ⁽⁴⁾	4 13	(observations du capitaine Faure).
1907 ⁽⁴⁾	3 35	
1908 ⁽⁴⁾	4 50	

Le zéro de l'échelle hydrométrique, pour les diverses années, est celui indiqué sur le profil en travers du Logone à Laï (pl. XVI, 1^{re} partie).

On en déduit la valeur moyenne de la crue annuelle à Laï, soit 4 m. 28.

⁽¹⁾ « Il est passé dans le lit de l'Isère à Montmélian un peu plus de 5 milliards de mètres cubes pendant l'année 1905, et 930 millions de mètres cubes pendant l'hiver 1904-1905. Ce qui équivaut à deux nappes d'eau couvrant tout le bassin sur des épaisseurs respectives de 1^m 067 et de 0^m 192. » Direction de l'hydraulique et des améliorations agricoles (Ministère de l'Agriculture). *Annales*, fasc. 32, t. II, p. 245, Imprimerie nationale, 1905.

⁽²⁾ La Komadougou Yoobé n'a d'écoulement qu'à la suite des pluies d'hivernage, pendant cinq mois environ par an (août-janvier).

⁽³⁾ In *Notes sur la météorologie de la région du Chari*, par M. G. BRUEL, Administrateur colonial. Annuaire de la Société météorologique. Novembre 1905.

⁽⁴⁾ Ces résultats nous ont été communiqués par le lieutenant-colonel Largeau, commandant le Territoire militaire du Tchad. Ils résultent des observations faites à Laï par l'officier (ou sous-officier) commandant le poste.

Le niveau maximum observé à Fort-Lamy en 1906, en aval du confluent du Logone, a été de 6^m 44, c'est-à-dire supérieur de 6^m 44 — 4^m 13 = 2^m 31 à celui du Logone à Laï, la même année. Si l'on suppose cet écart constant dans les années moyennes entre les niveaux respectifs du Chari à Fort-Lamy et du Logone à Laï, la valeur moyenne de la crue du Chari à Fort-Lamy sera :

$$4^m 28 + 2^m 31 = 6^m 59.$$

au-dessus du zéro de l'échelle hydrométrique de Fort-Lamy, indiqué sur le profil en travers de la planche XV (1^{re} partie).

Pour obtenir le débit moyen annuel du Chari, nous supposerons, à défaut d'observations directes, que, dans les années moyennes, le niveau du fleuve et la vitesse du courant à Fort-Lamy, en aval du confluent du Logone, varient suivant les mêmes courbes que celles correspondant à la période 1^{er} mars 1908-28 février 1909, depuis les basses eaux jusqu'au niveau maximum 6^m 59, et de ce niveau maximum aux basses eaux suivantes; c'est-à-dire, que le débit moyen annuel du Chari à Fort-Lamy, en aval du confluent du Logone, s'obtiendra en retranchant du débit calculé pour la période 1^{er} mars 1908-28 février 1909 les débits partiels correspondant, dans cet intervalle, à un niveau du fleuve supérieur à 6^m 59; d'où :

Valeur moyenne annuelle approximative du débit du Chari à Fort-Lamy en aval du confluent du Logone : 23,344,469,772 mètres cubes.

Valeur moyenne annuelle approximative du débit de la Komadougou Yoobé à Bosso.

Il résulte de ce qui précède que 1906 peut être considéré comme une année moyenne en ce qui concerne le débit des fleuves tels que le Logone et le Chari, les crues observées ne différant que d'une valeur assez faible de la crue moyenne calculée. Il n'est donc pas déraisonnable d'admettre que, pour la Komadougou Yoobé, 1906 a été également une année de crue moyenne.

Si l'on considère, d'une part, que le niveau à Gaedam, le 1^{er} septembre 1906, est inférieur de 2 pouces à celui du 1^{er} septembre 1908; d'autre part, que le niveau maximum atteint à Gaedam en 1906 a été de 11 pieds 5 pouces et qu'il était déjà de 9 pieds 6 pouces le 10 septembre 1908 en ce même point, alors que le niveau maximum a dû n'être atteint que dans les premiers jours de novembre, on peut conclure, sans erreur trop considérable, que le débit calculé pour 1907 de la Komadougou Yoobé à Bosso représente, approximativement, le débit moyen annuel de ce cours d'eau au point considéré; nous avons donc :

Valeur moyenne annuelle approximative du débit de la Komadougou Yoobé à Bosso : 131,785,353 mètres cubes.

**Apports d'eau du Chari et de la Komadougou Yoobé
dans le lac Tchad.**

Le Chari ne reçoit aucun affluent en aval de Fort-Lamy, qui se trouve à 106 kilomètres environ à vol d'oiseau de l'embouchure. Le volume d'eau apporté au Tchad par ce fleuve ne doit donc différer du débit calculé pour Fort-Lamy que de la valeur du ruissellement sur la superficie du bassin versant en aval de Fort-Lamy. Or, les rives du Chari entre Fort-Lamy et le Tchad, formées de sable argileux, n'ont pas de pente appréciable, et l'eau de pluie y séjourne jusqu'à évaporation ou infiltration. Le ruissellement sur les berges proprement dites du fleuve doit seul contribuer à accroître le débit. Mais les pluies, dans le Bas-Chari, ne sont importantes que pendant 4 mois environ de l'année; aussi nous pensons que le volume d'eau roulé par le Chari devant Fort-Lamy ne doit différer que très peu de celui que ce fleuve déverse au Tchad. Pour simplifier les écritures et les calculs que nous aurons à faire dans la suite, nous admettons :

Volume d'eau apporté au Tchad par le Chari dans les années moyennes :
23,400,000,000 mètres cubes.

La Komadougou Yoobé ne reçoit aucun affluent en aval de Bosso; ses rives sont absolument plates, les berges accores; et seules les chutes de pluie peuvent contribuer à accroître le débit du fleuve après Bosso. Or ce village se trouvant à une dizaine de kilomètres seulement du Tchad, le volume d'eau qui passe en ce point doit différer très peu de celui que la Komadougou apporte au Tchad. Dans ces conditions, nous pouvons écrire :

Volume d'eau apporté au Tchad par la Komadougou Yoobé dans les années moyennes : 131,800,000 mètres cubes.

**Évaluation approximative des apports dans le Tchad
des tributaires du Sud-Ouest du lac.**

Il résulte de ce que nous avons dit précédemment au sujet des tributaires de la partie Sud-Ouest du Tchad que les Komadougou N'Gala et M' Boulou ont les caractères généraux de la Komadougou Yoobé et peuvent lui être comparées en ce qui concerne l'importance de leur débit.

Les petites rivières Missénéram et Léba débitent un volume d'eau probablement très inférieur à celui des précédentes.

Nous pensons donc ne pas nous éloigner d'une façon excessive de la vérité en estimant le volume moyen annuel des apports au Tchad de l'ensemble

des tributaires de la partie Sud-Ouest du lac à 2,5 fois celui de la Komadougou Yoobé, soit :

$$2,5 \times 131,800,000 = 329,500,000 \text{ mètres cubes.}$$

**Volume moyen annuel des apports au lac Tchad de l'ensemble
des tributaires superficiels.**

Ce volume, d'après ce qui précède, est donc, approximativement de :

$$23,861,300,000 \text{ mètres cubes,}$$

soit en chiffres ronds de 24 kilomètres cubes.

Apports dus aux chutes de pluie sur le lac.

Parmi les chutes de pluie, celles qui atteignent directement la surface liquide doivent seules contribuer à l'accroissement du volume de la masse d'eau; et encore la végétation palustre, très développée à certaines périodes sur toute l'étendue du lac, retient-elle une partie de ces précipitations, qui disparaît par évaporation et absorption par les végétaux.

Sur les îles de l'archipel, le ruissellement est pratiquement nul. Ces terres, en effet, sont élevées de quelques mètres seulement au-dessus du niveau lacustre, 12^m à 15^m au maximum; leur pente, en beaucoup de points, est insignifiante, et leur sol est formé, uniformément, de sable siliceux perméable; les chutes de pluie étant toujours de courte durée (elles dépassent rarement quelques heures) et peu fréquentes, l'évaporation a le temps d'absorber l'eau tombée avant que, par infiltration, elle n'arrive jusqu'au lac.

La pluie, qui arrose les parties asséchées du Tchad et les bancs émergés, disparaît rapidement, elle aussi, sous l'effet de l'évaporation, soit qu'elle forme, en quelques points, des mares d'hivernage isolées, soit qu'elle se répande uniformément sur le sol fendillé par la sécheresse.

Nous avons vu au chapitre météorologie, p. 299, 3^e partie, que la hauteur de la pluie tombée au Tchad en 1908 est de 193 mill. 5. Mais l'hivernage 1908 a été, de l'avis de tous, Européens et indigènes, excessivement pluvieux. Nous pensons que dans les années moyennes la chute totale doit être les deux tiers environ de celle observée en 1908, soit, en chiffres ronds, de 130 millimètres.

Si donc on désigne par S la surface en mètres carrés de la nappe liquide du lac à une époque déterminée, les apports dus aux chutes de pluie seront pour un hivernage moyen de :

$$S \times 0,13 \text{ mètres cubes.}$$

Volume total d'eau fourni au lac dans les années moyennes.

Le volume total d'eau fourni au lac dans les années moyennes sera donc de :

$$\text{(1)} \quad \underbrace{23,861,300,000}_{\text{apports des tributaires}} + \underbrace{S \times 0,13}_{\text{chutes de pluie}} \text{ mètres cubes,}$$

S étant la surface en mètres carrés de la nappe liquide pour l'année considérée.

Pertes diverses éprouvées par le lac.

Quelles sont maintenant les pertes qu'éprouve le lac? Ces pertes sont dues :

- 1° A l'infiltration;
- 2° A l'absorption par la végétation palustre;
- 3° A l'évaporation.

L'importance des deux premières causes est impossible à chiffrer; pour la dernière, nous pouvons avoir une idée approchée de sa valeur.

Évaporation annuelle. — Parmi les diverses formules susceptibles de fournir la quantité d'eau évaporée à la surface d'un liquide, M. A. Angot, Directeur du Bureau central météorologique, nous a recommandé pour le Tchad la formule :

$$(2) \quad Q = A(F - f)(1 + Kv),$$

dans laquelle Q représente le nombre de millimètres de la surface liquide évaporée en une heure.

F est la tension maxima de la vapeur d'eau pour la température de la surface du liquide.

f est la tension réelle de la vapeur d'eau dans l'atmosphère au-dessus du liquide.

v est la vitesse du vent en mètres par seconde.

A et K sont des coefficients variables suivant les pays et la nature de la surface d'eau qui s'évapore.

Dans quatre pays différents, on a trouvé pour A et K les valeurs suivantes :

A	K
0,0122	0,024
0,0166	0,047
0,0161	0,006
0,0351	0,013

(1) Le premier terme de cette expression (23,861,300,000 mètres cubes) représente le volume moyen annuel fourni par les tributaires du lac (voir page 69). Nous ne tenons pas compte, dans l'évaluation des apports totaux au Tchad, de l'influence de la condensation.

La concordance, comme on le voit, laisse fortement à désirer.

Il est possible d'ailleurs qu'à la suite des recherches faites par le professeur américain Dr Bigelow sur l'évaporation du lac Salton⁽¹⁾, la forme même de la loi de l'évaporation soit modifiée. La formule ci-dessus ne saurait donc représenter qu'une approximation assez grossière. Sur les conseils de M. Angot, nous avons pris :

$$A = 0,017$$

$$K = 0,0175.$$

Les observations journalières, effectuées à la station météorologique du Tchad à Bol, donnant la température du liquide à la surface, nous en avons déduit F.

Les observations de la même station donnaient les températures aux thermomètres sec et mouillé et par suite, f ; enfin, la vitesse du vent, évaluée par les observateurs, en degrés de l'échelle télégraphique, a été transformée en vitesse en mètres par seconde en attribuant à chacun des degrés de cette échelle la moyenne des valeurs indiquées par le tableau de correspondance des Instructions météorologiques de M. A. Angot (édition 1903, p. 101).

ÉCHELLE TÉLÉGRAPHIQUE.	VITESSE EN MÈTRES PAR SECONDE.	ÉCHELLE TÉLÉGRAPHIQUE.	VITESSE EN MÈTRES PAR SECONDE.
0	0,5	5	9,0
1	1,5	6	11,0
2	3,0	7	13,0
3	5,0	8	15,0
4	7,0	9	23,0

La formule (2) de la page 70 ayant été appliquée aux valeurs mensuelles des éléments F, f , v , on a pu dresser le tableau ci-contre, qui donne, pour chacun des mois de l'année 1908, la hauteur de la tranche liquide évaporée.

On voit ainsi, en supposant rigoureuses à la fois la formule et les valeurs des éléments d'observation employés, que l'évaporation sur le Tchad a atteint, en 1908, 1,861 millimètres.

Peut-on déduire de ce résultat une valeur moyenne annuelle de l'évaporation sur le lac? Le développement, considérable actuellement, de la végétation aquatique dans le Tchad (ambachs, roseaux, papyrus, etc.) soustrait la plus grande partie de la surface liquide à l'action directe des rayons solaires et à celle du vent. La température de la masse liquide varie donc d'un point à un autre; de même, la vitesse adoptée pour le vent, résultant des observations faites en un

(1). Créé, en 1904, à la suite de l'invasion par le Colorado d'une vallée en contre-bas du niveau du fleuve.

point non abrité qui est la station météorologique de Bol, est trop forte pour l'ensemble du lac; la valeur trouvée pour l'évaporation en 1908 est donc, pour les causes précédentes, due à la présence de la végétation aquatique, supérieure à la moyenne. D'autre part, pendant cette même année, les pluies dans la région du lac Tchad ont été fréquentes et abondantes; l'évaporation pendant les mois d'hivernage a donc été inférieure à la moyenne. On peut donc, dès lors, admettre, pour une première approximation, que ces diverses causes ont pu se compenser, de telle sorte que la valeur attribuée à l'évaporation en 1908 représente, à peu près, la valeur moyenne annuelle de l'évaporation au Tchad.

TABLEAU

DONNANT LES VALEURS APPROXIMATIVES DE L'ÉVAPORATION AU LAC TCHAD ⁽¹⁾
POUR CHACUN DES MOIS DE L'ANNÉE 1908.

$$\text{FORMULE } Q = A (F - f) (1 + kv).$$

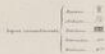
MOIS.	TENSION		VITESSE	ÉVAPORATION	
	MAXIMA	RÉELLE	du	en	en
	de la	de la	VENT		
	VAPEUR D'EAU	VAPEUR D'EAU	EN MÈTRES	UNE HEURE	UN MOIS
	pour la	dans	par	en	en
	température	l'atmosphère	seconde.	MILLIMÈTRES.	MILLIMÈTRES.
	de la surface	au-dessus			
	du lac Tchad.	du lac.	(v)		
	(F)	(f)	mètres.	millimètres.	millimètres.
Janvier.....	13.6	6.1	3,00	0,134	99,696
Février.....	17.4	6.7	2,70	0,191	132,936
Mars.....	22.0	7.5	2,25	0,255	189,720
Avril.....	27.7	12.0	2,40	0,275	200,160
Mai.....	30.8	11.9	2,85	0,337	250,728
Juin.....	31.2	17.2	2,55	0,249	179,280
Juillet.....	28.7	18.2	2,70	0,186	138,384
Août.....	26.8	19.8	3,60	0,126	93,744
Septembre.....	32.8	19.8	5,00	0,240	172,800
Octobre.....	26.6	14.3	4,80	0,227	168,888
Novembre.....	17.0	6.5	3,40	0,189	136,080
Décembre.....	14.5	7.0	2,55	0,133	98,952
TOTAL.....					1,861,368 (2)

⁽¹⁾ La mission Flatters a trouvé (au Sahara), en 1880, comme moyenne d'évaporation à l'ombre :
8^{mm} 7 par 12 heures pendant la 1^{re} quinzaine de mars.
8^{mm} 4 par 12 heures pendant le mois de mai.

Et comme maximum :
18 millimètres par 12 heures le 9 avril, la température étant 36° à 38°C. (In «*Le Sahara*» par H. Schirmer, *op. cit.*, p. 107.)

⁽²⁾ Nachtigal évaluait à 3 mètres de hauteur et à 70 kilomètres cubes la tranche d'eau qui s'évapore annuellement à la surface du Tchad. (In «*Sahara und Sudan*», t. II, p. 358.)

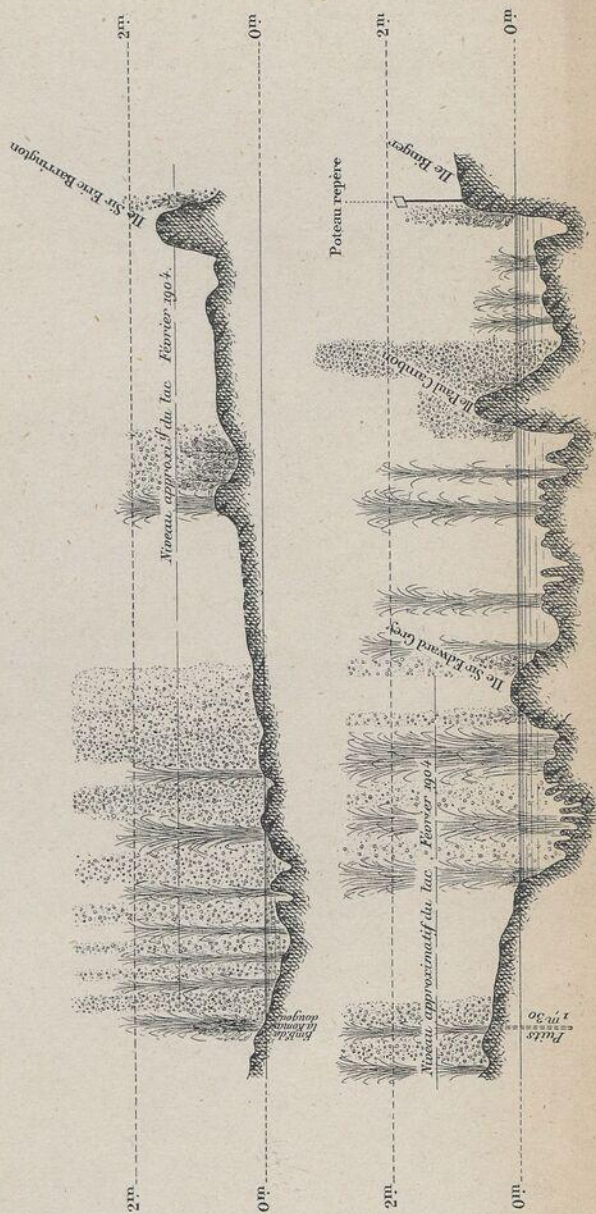
PL 1122 (*sic* part). — Posing an incorrect account of education in Britain.
(*both right*)

$$\text{Growth} = \begin{cases} \text{Increase} & \text{if } \text{year} = 1999 \\ \text{Decrease} & \text{if } \text{year} = 2000 \end{cases}$$


LAC TCHAD.

Pl. XXIV (1^{re} partie). — PROFIL EN TRAVERS SUIVANT LE PARALLÈLE FRONTIÈRE. — RECONNAISSANCE DU 5 AU 8 FÉVRIER 1906.

ÉCHELLES {
Longueurs : 1/100,000.
Hauteurs : 1/100.



CHAPITRE III.

QUELQUES CONCLUSIONS RÉSULTANT DES TRAVAUX
DE LA MISSION.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA TOPOGRAPHIE DU TCHAD.

Les profils en travers des planches XXII à XXV (1^{re} partie) ont été choisis de façon à donner une idée de la forme générale de la cuvette du lac. Ils se rapportent : l'un (pl. XXII, 1^{re} partie) à la partie Sud du Tchad, suivant le parallèle d'Irnougou, de la rive Est à la rive Ouest;

Un autre (pl. XXIII, 1^{re} partie) à la partie Nord, asséchée en 1907-1908, suivant le parallèle de Baroa;

Un troisième (pl. XXIV, 1^{re} partie) est tracé par le parallèle de l'embouchure de la Komadougou Yoobé et limité à l'extrémité, sur ce parallèle, de la frontière franco-anglaise (point à 35 kilomètres du centre de Bosso);

Un quatrième enfin (pl. XXV, 1^{re} partie), mené par la dernière section de la frontière (du point à 35 kilomètres du centre de Bosso ci-dessus désigné au point du parallèle de 13° situé à 35' Est du centre de Koukaoua), fournit le profil de la région des eaux dites libres, depuis la rive Sud, près et dans l'Ouest de l'embouchure du Chari, jusqu'à leur extrémité Nord, puis celui de la zone asséchée du lac jusqu'à l'ancienne rive septentrionale, près et dans l'Est de N'Guigmi.

On se rend compte immédiatement de la très faible profondeur du Tchad; et, pour faire apparaître les mouvements du fond, nous avons dû exagérer fortement (de 1,000 à 1 fois) le rapport de l'échelle des hauteurs à celle des distances. Nous sommes donc très loin ici de la forme générale du relief immergé indiquée par M. Delebecque pour les lacs français⁽¹⁾, dont la figure 9 (1^{re} partie) reproduit le profil transversal théorique.

Creux. — Cet aspect particulier du relief immergé du Tchad peut être mis en évidence, d'une façon frappante, en calculant le *creux* du lac. On sait qu'on

⁽¹⁾ *Les lacs français*, par André DELEBECQUE, p. 56.

désigne ainsi le rapport de la profondeur à la racine carrée de la surface⁽¹⁾. Remarquons toutefois que la forme générale de la cuvette du Tchad diffère trop de celle des lacs de France pour que leurs *creux* soient absolument comparables. Le lieutenant de vaisseau Audoin a signalé⁽²⁾ un fond de six mètres, en 1903, entre Madiorou et Karinda. Admettons cette valeur comme profondeur du Tchad; le *creux* sera alors de $\frac{6}{\sqrt{18,000,000,000}} = \frac{1}{22360}$, c'est-à-dire insignifiant. Ce même élément est de $\frac{1}{2440}$ pour le lac de Grandlieu, celui de tous les lacs français qui a le *creux* le plus faible⁽³⁾. M. Delebecque cite, comme exemple de lac où ce rapport est *extraordinairement faible*, « le lac Peypous, qui, avec une surface de 3,513 kilomètres carrés, a une profondeur de 13^m 4. Le rapport est ici de $\frac{1}{4435}$ seulement⁽⁴⁾ ».

Il est de beaucoup supérieur cependant à celui du Tchad. Pour le lac Tchad, la *profondeur* et le *creux*, à la fois, sont donc très faibles.

FORME GÉNÉRALE DU RELIEF IMMERGÉ.

« On trouve en général, pour la section transversale d'un lac, dit M. Delebecque parlant des lacs français⁽⁵⁾, à peu près la forme suivante (fig. 9, 1^{re} partie). AB est une terrasse très doucement inclinée vers le milieu du lac, sur laquelle la profondeur dépasse rarement 5 mètres; elle porte le nom de *beïne*. BC est un talus très incliné (40° et plus quelquefois) qu'on appelle le *mont*. Au pied du mont commence un talus CD, de longueur et d'inclinaison très variables, qui vient se raccorder avec un plateau DED plus ou moins vaste et, en général, sensiblement horizontal; ce plateau constitue le fond du lac. »

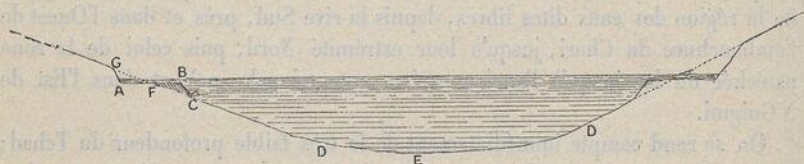


Fig. 9. — PROFIL TRANSVERSAL THÉORIQUE D'UN LAC.

Au Tchad, ces diverses régions ne nous apparaissent pas nettement, surtout dans la zone des eaux dites libres, qui rappelle, *par son relief immergé*, les

(1) *Les lacs français*, op. cit., p. 53.

(2) *La géographie*, 15 novembre 1905, p. 308.

(3) *Les lacs français*, op. cit., p. 54.

(4) *Les lacs français*, op. cit., p. 55.

(5) *Les lacs français*, op. cit., p. 56.

chotts⁽¹⁾ d'Algérie; elles seraient plus faciles à distinguer, au contraire, dans les bahrs; mais alors l'étendue de chacune d'elles est naturellement très restreinte et variable, chaque bahr comportant sa beïne, son mont, son talus et son fond propres, comme s'il constituait un petit lac distinct. Sur certaines îles, Karraga, Ouannnda, par exemple, on observe en quelques parties du rivage une série de *beïnes* et de *monts* correspondant à des niveaux de plus en plus bas du lac, et constituant comme des marches qui conduiraient vers le sommet de l'île.

Mais on conçoit que cette distinction entre les diverses régions d'un bahr constitue presque une subtilité, étant donné le peu de profondeur des eaux et la faible superficie de chaque bahr pris isolément.

La différence est donc considérable, au point de vue du relief immergé, entre le Tchad et nos lacs de France, et l'on chercherait vainement dans le grand lac centre-africain une région correspondant à la « table de billard » dont parle M. Forel pour le Léman⁽²⁾. Sans prétendre à développer ici une théorie de la formation du Tchad, il nous semble commode de représenter, schématiquement, ce lac comme étant formé à l'origine de deux chotts, celui du Nord recevant les eaux de la Komadougou Yoobé; celui du Sud, celles du Chari et des cours d'eau dérivés du Logone ou originaires du Mandara; « l'érosion éolienne, la corrosion par l'eau stagnante (action chimique sur les roches solubles, gypses, carbonates, etc.), contenues dans le lit du lac⁽³⁾ », les courants de surface, auraient rongé leurs berges au point d'entrer en contact l'une avec l'autre et d'envahir le fond des oueds de leur rive Est, dont les dunes seraient devenues l'archipel actuel.

Mais, et nous insistons sur ce point, l'hypothèse ci-dessus ne doit être considérée que comme une représentation commode de l'aspect actuel du Tchad.

ACCIDENTS TOPOGRAPHIQUES.

Cônes de déjection. — Le Chari, la Komadougou Yoobé, et vraisemblablement aussi les autres tributaires du Tchad, forment, à leur embouchure dans le lac, des cônes de déjection dont la saillie est de quelques centaines de mètres seulement. En de nombreux points de ces cônes, les sables d'alluvions émergent, des troncs d'arbres ou autres épaves y apparaissent, tandis que le courant du fleuve se creuse des passages sinueux au travers de ces apports. Ce sont les apports du Chari qui ont vraisemblablement formé, ou tout au moins développé, la saillie que fait, dans le lac, le delta de ce fleuve; de même, la

⁽¹⁾ *Les lacs d'Algérie* (chotts et sebkhas), par M. Alfred BEL (P. Perrier, éditeur à Oran).

⁽²⁾ « En général, dit M. Delebecque, le fond des lacs est constitué par un ou plusieurs plateaux, sensiblement horizontaux, dont la surface est une fraction très importante de la surface totale de la cuvette. » (*Les lacs français*, p. 61.)

⁽³⁾ *Chotts et sebkhas*, op. cit., p. 13.

Komadougou Yoobé a pu, au cours des siècles, produire ou du moins accroître la protubérance vers l'Est, que présente la rive du lac à hauteur de l'embouchure de cette rivière.

Ces cônes de déjection franchis, rien ne révèle la présence de cours d'eau à proximité, aussi bien pour le Chari que pour la Komadougou Yoobé; et, en venant du large, on peut parfaitement passer devant l'un d'eux sans se douter de son voisinage.

Entonnoirs. — Dans la zone des eaux libres du Tchad, il n'existe pas d'entonnoirs. Il semble, au contraire, que l'archipel en renferme quelques-uns; le fond de 6 mètres signalé par le lieutenant de vaisseau Audoin dans l'archipel entre Madiorou et Karinda paraît être un entonnoir analogue à ceux qu'on rencontre fréquemment dans certaines rivières, la Komadougou Yoobé, par exemple, et dont la formation est due à des tourbillons de courant. Il en résulte que cette profondeur de 6 mètres est exceptionnelle dans le lac.

Profondeur moyenne du Tchad. — On sait qu'on appelle profondeur moyenne d'un lac le rapport de son volume à sa surface⁽¹⁾; dans la région des eaux libres, la *profondeur moyenne* est de 1^m 50 environ; dans les bahrs, elle atteint 2 à 3 mètres; les chiffres ci-dessus ne sont évidemment qu'approchés, car, si nous avons pu déterminer la surface du Tchad avec une approximation suffisante, il n'en est pas de même pour le volume des eaux qu'il renferme.

Nature du sol. — On sait que M. Forel, dans son *Léman*, a classé les dépôts des lacs en quatre groupes. M. Delebecque considère⁽²⁾ les quatre types suivants d'alluvions :

- 1° Alluvion lacustre grossière, arrachée à la côte par les vagues (beine et mont);
- 2° Alluvion lacustre impalpable (se dépose sur toute l'étendue du lac);
- 3° Alluvion fluviale grossière (cônes de déjection);
- 4° Alluvion fluviale impalpable (se répand dans les grands fonds et tend à transformer le plafond du lac en une plaine horizontale).

Lorsque les spécialistes, auxquels elles ont été confiées, auront achevé les analyses des vases du lac rapportées par le docteur Gaillard, membre de la Mission, nous verrons si la division ci-dessus s'applique aux alluvions du Tchad et quelle est la composition de chacune d'elles.

Nous ne pouvons donc que réserver ce paragraphe, nous bornant à indiquer sur la carte que nous avons dressée la nature du fond accusée par la sonde :

⁽¹⁾ *Les lacs français*, op. cit., p. 149.

⁽²⁾ *Les lacs français*, op. cit., p. 85.

sable, sable vasard ou vase; ces deux dernières natures de fond sont les plus fréquentes, et le sable ne se rencontre, semble-t-il, que dans les régions où les courants empêchent le dépôt des vases, bahrs étroits de l'archipel et canaux formés par la végétation dans la zone des eaux libres.

Courants. — Il semble bien, comme on l'a signalé déjà⁽¹⁾, que le Tchad n'ait d'autres courants que ceux produits par les vents (courants de surface). Les courants du Chari et de la Komadougou Yoobé, brisés dans les cônes de déjection de ces fleuves, sont, en effet, insensibles à petite distance au delà de ces alluvions, et les diverses épaves qu'ils charrient se rencontrent presque toutes à proximité de l'embouchure; quelques-unes d'entre elles, il est vrai, les arbres notamment, sont arrêtées bien vite par les hauts-fonds. Celles que l'on peut trouver à plus grande distance ont été entraînées vraisemblablement par les courants de surface et par les vents.

Seiches. — « On sait que les seiches sont, d'une façon générale, des oscillations rythmiques de l'eau d'un lac, dont le niveau s'élève à une extrémité pendant qu'il s'abaisse à l'autre⁽²⁾. » Les phénomènes de cet ordre peuvent être constatés fréquemment au Tchad, par vent frais, pour des régions limitées, notamment pour les bahrs de l'archipel. Mais la masse tout entière des eaux du lac participe-t-elle à ce mouvement d'oscillation? Il nous a été impossible de nous en rendre compte d'une manière nette, la multiplicité des îles et des hauts-fonds et le développement de la végétation contrariant le mouvement de bascule en question et le rendant très complexe. D'ailleurs, les rives Nord, Ouest et Sud du lac, à quelques points d'étendue restreinte près, sont aujourd'hui encombrées par la forêt palustre, et les observations sont impossibles dans la plupart des cas.

TEMPÉRATURE DES EAUX DU LAC TCHAD.

La Mission ne possédait pas de thermomètres spéciaux pour observer la température du fond; toutes les indications des tableaux (Annexes. Météorologie, 3^e partie, p. 321 à 328) se rapportent donc à la surface; il y a lieu de croire, d'ailleurs, qu'en raison de la faible profondeur du Tchad, la différence de température doit être peu importante entre les eaux du fond et celles de la surface.

Nous avons donné, dans le compte rendu des observations météorologiques, les températures moyennes mensuelles, à diverses heures de la journée, de l'eau du lac (3^e partie, p. 277 à 295) au cours de l'année 1908; les courbes correspondantes sont figurées pl. XXXVII (1^{re} partie). On voit que, dans la période

(1) AUDOIN, *La géographie*, 15 novembre 1905, p. 318.

(2) *Les lacs français*, op. cit., p. 105.

et aux heures considérées, la température du Tchad, à la surface, a toujours été supérieure ou au moins égale à 15° . Si l'on admet que la moyenne des observations quotidiennes représente la température moyenne de la journée, la variation de la température mensuelle du lac Tchad en 1908 sera représentée par la courbe ci-dessous (fig. 10, 1^{re} partie)⁽¹⁾ :

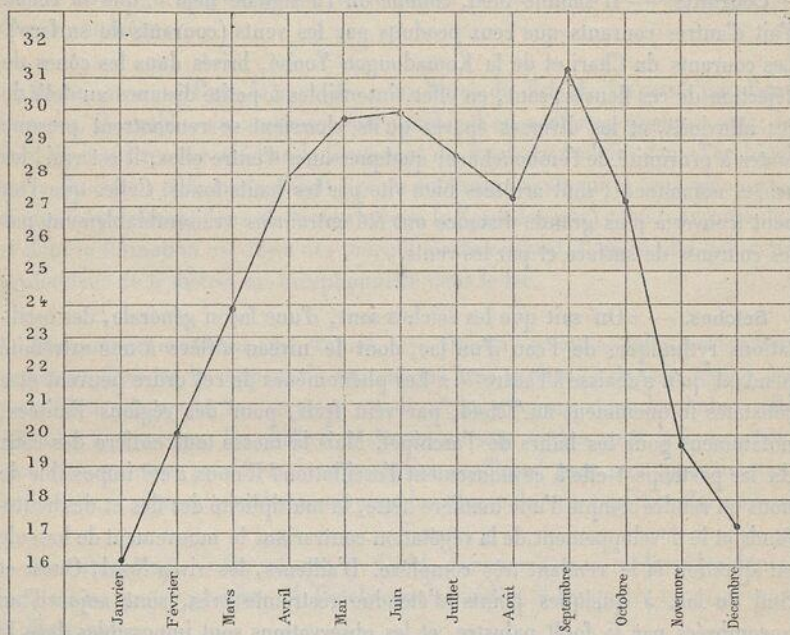


Fig. 10.

Si l'on rapproche cette courbe de celle de la figure 11 (3^e partie), représentant la variation annuelle de la température de l'air au Tchad, pendant la même période on constate que jusqu'en septembre ces deux courbes ont la même allure générale; les minima de janvier et d'août se correspondent et le maximum de juin est légèrement en retard sur celui de l'air qui se produit en mai; d'ailleurs, les températures de l'eau en mai et juin diffèrent de $0^{\circ}2$ seulement, c'est-à-dire d'une quantité qui est de l'ordre des erreurs d'observation.

Le maximum de septembre précède d'un mois celui de l'air, qui se produit en octobre; c'est là sans doute une conséquence des apports des tributaires du lac, dont le débit, maximum en septembre, représente une fraction très im-

⁽¹⁾ Les observations de janvier au 17 juillet inclus étaient faites trois fois par jour, à 7^h , 13^h et 18^h ; du 18 juillet au 31 octobre, elles eurent lieu à 7^h et 18^h ; enfin, en novembre et décembre, à 8^h seulement.

portante du volume total des eaux du Tchad⁽¹⁾. Après le mois de septembre, la température décroît régulièrement jusqu'au minimum de janvier. Remarquons toutefois qu'en novembre et décembre nous n'avons plus qu'une observation de température par jour, à 8 heures; les observations correspondant à ces mois ne sont donc pas absolument comparables à celles des mois antérieurs.

COULEUR, TRANSPARENCE DES EAUX DU TCHAD, MATIÈRES DISSOUTES.

Ces paragraphes, de même que celui relatif à la nature du fond du lac et des vases, sont réservés jusqu'à achèvement, par les spécialistes à qui elles ont été confiées, des analyses des échantillons divers rapportés par la Mission.

Nous ne saurions donc présenter ici tout l'ensemble de conclusions relatives au Tchad que le travail complet effectué par la Mission sur le terrain nous permettra d'apporter, dans un avenir prochain, nous l'espérons.

VARIATION ANNUELLE DU VOLUME LIQUIDE DU TCHAD.

Si l'on néglige les pertes du lac par infiltration et par absorption due aux végétaux, la variation annuelle du volume liquide du Tchad est égale, en grandeur et en signe, à :

Différence des apports des tributaires et des pluies — Évaporation

soit, pour une année moyenne :

$$(\alpha) \quad 23,861,300,000 + S \times 0,13 - S \times 1,861 \\ = 23,861,300,000 - S \times 1,73.$$

S étant la surface en mètres carrés de la nappe liquide du lac à la date considérée.

Suivant que l'expression (α) sera positive, nulle ou négative, le volume de la masse liquide du Tchad croîtra, restera constant ou diminuera.

⁽¹⁾ Si l'on compare la température moyenne de la Komadougu Yobé à Bosso à 7^h en novembre et décembre 1907, on constate qu'elle a été supérieure à celle de l'eau du lac à 8^h pour les mêmes mois de 1908.

MOIS.	KOMADOUGOU YOUBÉ.	TCHAD.
	1907.	1908.
Novembre.....	21°2	19°7
Décembre.....	17°8	17°1

D'une manière générale, la variation de ce volume est représentée par une expression de la forme : $Y - KX$ (Y apports, X surface de la nappe liquide, K constante).

L'expression

$$(\beta) \quad Y - KX = 0$$

est l'équation d'une droite passant par l'origine et ayant pour coefficient angulaire K . Soit AOB cette droite.

Si, à une date déterminée, S_1 est la surface de la nappe liquide, le volume annuel A des apports nécessaires au maintien sans changement de la surface et du niveau du lac devra être A_1 satisfaisant à l'équation (β) :

$$A_1 - KS_1 = 0.$$

Si $A > A_1$, deux cas peuvent se présenter : S_1 reste constant ou bien S_1 croît.

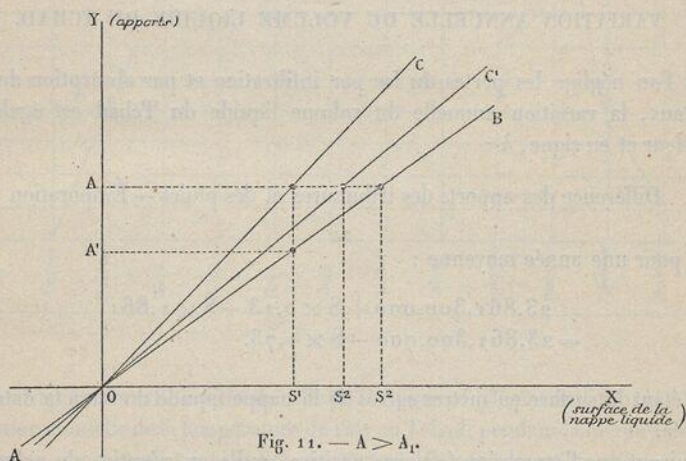


Fig. 11. — $A > A_1$.

Si S_1 ne varie pas, le volume $A - A_1$ représentant l'excès des apports sur l'évaporation entraînera un accroissement du niveau

$$\frac{A - A_1}{S_1} = \operatorname{tg} \widehat{COX} - \operatorname{tg} \widehat{BOX};$$

Si S_1 croît et devient S_2 , par exemple (fig. 11, 1^{re} partie), la variation du niveau sera représentée par

$$\frac{A}{S_2} - \frac{A_1}{S_1} = \operatorname{tg} \widehat{C'OX} - \operatorname{tg} \widehat{BOX}.$$

Positive ou nulle, elle correspondra, suivant le cas, à un accroissement ou à la constance du niveau.

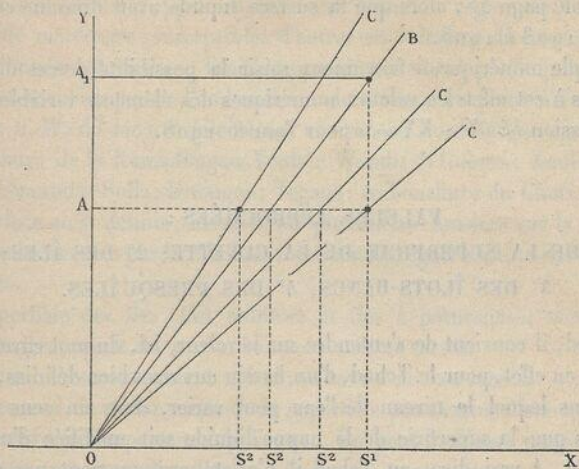


Fig. 12. — $A < A_1$.

Pour $A < A_1$, deux cas peuvent encore se présenter :

1° S_1 reste constant; alors le niveau baisse d'une quantité :

$$\frac{A_1 - A}{S_1} = \widehat{\text{tg BOX}} - \widehat{\text{tg COX}};$$

2° S_1 décroît, et l'expression

$$\frac{A}{S_2} - \frac{A_1}{S_1}$$

négative, nulle, ou même temporairement positive, représente, suivant le cas, un abaissement, la constance, ou une élévation du niveau.

Une élévation du niveau correspondant à des apports annuels inférieurs à la perte annuelle par évaporation peut paraître paradoxale *a priori*. Elle se conçoit cependant si l'on considère que l'évaporation au Tchad est un phénomène continu, s'étendant d'un bout de l'année à l'autre, alors que les apports se produisent brusquement, dans un délai de quatre mois environ. On peut, dans ces conditions, imaginer des cas où, le lac ayant diminué de superficie (et de niveau le cas échéant) pendant huit mois, l'arrivée subite d'une masse considérable d'eau aura pour effet, tout d'abord, d'élever le niveau au-dessus de sa valeur du début de l'année, l'onde liquide ne se propageant qu'avec une certaine lenteur à travers le réseau de végétation palustre, ou bien par infiltration.

On pourrait s'expliquer ainsi qu'au commencement de 1908 on ait eu l'impression d'une élévation du niveau du Tchad par rapport à 1903, comme nous l'avons signalé page 48, alors que la surface liquide avait diminué considérablement de 1903 à 1908.

Un exemple numérique ⁽¹⁾ fera mieux saisir la possibilité de ces divers cas. Déterminons à cet effet les valeurs numériques des éléments variables entrant dans l'expression $(\beta) Y - KX = 0$ pour l'année 1908.

VALEURS APPROCHÉES :

- 1° DE LA SUPERFICIE DE LA CUVETTE; 2° DES ÎLES;
3° DES ÎLOTS-BANCS; 4° DES PRESQU'ÎLES.

Et d'abord, il convient de s'entendre sur la valeur, ici, du mot cuvette. Il ne s'agit point, en effet, pour le Tchad, d'un bassin aux rives bien définies, presque accores, dans lequel le niveau de l'eau peut varier, dans un sens ou dans l'autre, sans que la superficie de la nappe liquide soit modifiée d'une façon trop sensible. A vrai dire, au Tchad il n'existe pratiquement pas de rives; dans la partie Sud-Ouest du lac, les eaux s'avancent à grande distance dans les terres, suivant l'importance de la crue et suivant les vents régnants; dans l'Ouest et le Nord, le terrain monte en pente douce jusqu'au cordon de dunes qui bordent le Tchad à quelques kilomètres; la rive Nord est, en outre, profondément découpée; la rive Est, la plus élevée de toutes, est indentée par des bahrs longs de plusieurs kilomètres, en relations avec le lac, se remplissant ou se vidant suivant les variations de niveau de celui-ci; enfin, dans le S. E., de Bérirém à l'embouchure du Chari, on trouve une plaine sans relief appréciable, dont l'altitude diffère à peine de celle de la nappe liquide.

Il résulte de cette configuration des bords du Tchad que, pour un accroissement relativement faible du niveau liquide, la superficie couverte par les eaux peut varier d'une quantité parfois considérable.

« Continuellement, dit Nachtigal ⁽²⁾, les contours du bassin se modifient et ce ne serait qu'en observant pendant une longue suite d'années les points extrêmes de progression et de recul qu'on parviendrait à établir une fixation satisfaisante des rives. »

A quel moment les limites de la cuvette seront-elles atteintes, c'est-à-dire à partir de quel moment une élévation du niveau n'aura-t-elle qu'une influence faible sur la variation de la surface? En l'absence d'un nivellement de précision, il paraît impossible de l'indiquer.

⁽¹⁾ Voir plus loin, page 97.

⁽²⁾ *Sahara et Soudan*, op. cit., page 49.

Pour l'évaluation que nous nous proposons de faire, il importe donc de définir les limites théoriques que nous assignons à la cuvette lacustre.

Nous conviendrons d'appeler cuvette du Tchad la région de bahrs, d'eaux libres et de marécages, susceptibles d'entrer en relations directes au cours de certaines années pluvieuses, limitée approximativement par le polygone ayant pour sommets principaux : l'embouchure du Chari; un point à l'extrémité de la poche S. W. du lac à 8 kilomètres environ au Nord de Gamaga; Seyorom; l'embouchure de la Komadougou Yoobé; Woudi; N'Guigmi; Kouloa; Kamba; Kindin; Ouannnda; Solla; Irnougou; Tegaga; embouchure du Chari.

La surface ainsi définie, mesurée au planimètre Amsler, sur la carte d'ensemble du lac dressée par la Mission, a été trouvée égale à 24,408,400,000 mètres carrés.

La superficie des îles (îles habitées et îles à pâturages), mesurée de la même manière, serait de 2,470,800,000 mètres carrés.

Les îlots-bancs couvriraient 2,416,000,000 mètres carrés.

Pour ceux-ci, la valeur totale de la superficie peut varier d'une quantité considérable suivant l'importance de la crue. On peut d'ailleurs imaginer certains cas où cette surface serait nulle, tous les bancs étant couverts.

Les presqu'îles, formées par les bahrs qui s'avancent profondément dans les terres, occuperaient une superficie de 1,404,400,000 mètres carrés, qui représente la surface comprise entre les côtés du polygone défini ci-dessus et la rive du lac.

D'après cela, la surface susceptible d'être occupée par les eaux serait de 18,117,200,000 mètres carrés.

La surface de la zone lacustre baignée par les eaux au commencement de l'année 1908, mesurée comme il est dit précédemment, était de 15,975,200,000 mètres carrés⁽¹⁾.

Ces diverses valeurs sont indiquées en chiffres ronds dans le tableau ci-dessous; les superficies sont évaluées en kilomètres carrés.

Surface totale de la cuvette du Tchad.....	24,000 kil. ²
Surface totale des îles.....	2,500
Surface des îlots-bancs (très variable).....	2,400
Surface des presqu'îles et terres émergées des rives.....	1,400
Surface liquide correspondant au plein de la cuvette.....	18,000
Partie de la cuvette lacustre baignée par les eaux au commencement de 1908.....	15,500
Superficie des îles de la partie du lac baignée par les eaux en 1908.....	1,400
Superficie des îlots-bancs de cette même partie.....	1,000
Surface des presqu'îles.....	360
Surface de la nappe liquide au commencement de 1908.....	12,700

(1) Voir carte d'ensemble du lac Tchad, dressée par la Mission.

Ainsi donc, la superficie de la cuvette du Tchad, telle que nous l'avons définie, est environ le vingt-deuxième de celle de la France (536,464 kilomètres carrés); la moitié de celle de la Serbie (48,303 kilomètres carrés); supérieure aux quatre cinquièmes de celle de la Belgique (29,456 kilomètres carrés); égale à 42 fois celle du lac de Genève (580 kilomètres carrés)⁽¹⁾.

La surface liquide au commencement de l'année 1904, lors de l'arrivée au Tchad de la Mission Moll, était inférieure à celle correspondant au plein de la cuvette, mais voisine de cette valeur; soit, en chiffres ronds, 16,000 kilomètres carrés. On voit, d'après ce qui précède, que la surface de la nappe d'eau en quatre ans (1904-1908) a diminué de : $16,000 - 12,700 = 3,300$ kilomètres carrés environ, soit de plus du sixième de sa superficie totale.

Les variations des apports des tributaires du Tchad suffisent donc à expliquer ses variations de superficie et de profondeur.

Recherchons si les faits remarquables signalés par les voyageurs qui nous ont précédés ne peuvent pas trouver une explication simple dans les mêmes causes.

I. SALINITÉ DES EAUX.

Tous les explorateurs ont signalé la douceur des eaux du Tchad et n'ont pas manqué de s'en étonner d'abord, d'en chercher une explication ensuite. Cette eau est-elle réellement douce; sa teneur en sels est-elle aussi faible, par exemple, que celle des eaux des tributaires?

Lorsque, venant du Chari, on boit successivement dans le fleuve, puis, à quelques kilomètres au large des rives du lac, on constate, d'une façon parfaitement nette⁽²⁾, que l'eau du Tchad est fade par rapport à celle du Chari. D'ailleurs, cette saveur est différente suivant le point du lac où le liquide a été puisé. En février 1904, lors du passage à N'Guigmi de la mission Moll, l'eau des bahrs voisins de ce village présentait une salinité telle que les laptots de la flottille eux-mêmes éprouvaient une réelle répugnance à s'en abreuver; ils creusèrent alors, à quelques mètres de la rive, des puits dans lesquels on recueillait un liquide moins salé, étant soumis moins directement à l'action de l'évaporation.

Il semble, après cela, que l'on puisse immédiatement tirer les conclusions suivantes :

1° Les eaux du Tchad ont une teneur en sels supérieure à celle des cours d'eau tributaires.

2° Cette saveur salée est parfois appréciable au goût.

3° La salinité varie d'un point à un autre du lac.

⁽¹⁾ *Annuaire du Bureau des longitudes*, année 1909.

⁽²⁾ Le lieutenant de vaisseau Audoin, qui commanda la flottille du Tchad de 1902 à 1904, a eu l'occasion de faire cette remarque plusieurs fois.

4^e L'impression, généralement éprouvée, d'eau *absolument douce*⁽¹⁾ pourrait trouver une explication dans ces faits :

a. L'eau qu'ont eu l'occasion de boire presque tous les voyageurs provenait des rives ; et il est possible, comme on le constate dans les mares du Manga, que ces eaux aient une salinité inférieure à celles du large, au moins dans le cas où l'eau en question n'a pas été puisée au fond d'un bahr trop long, formant en quelque sorte une cuvette presque fermée ;

b. La salinité doit varier avec l'époque de l'année ; avec l'importance des apports des tributaires, pluies comprises ; avec l'évaporation ;

c. En général, quand on goûte l'eau du Tchad, on manque, pour l'apprécier, du terme de comparaison que constituerait une eau parfaitement douce, ou simplement celle provenant des rivières voisines.

La salinité des eaux du Tchad sera d'ailleurs mise en évidence d'une façon précise par les analyses des échantillons rapportés par la Mission, étude qui est confiée au docteur Gaillard, membre de la Mission.

Nous avons voulu montrer seulement que les eaux du Tchad avaient une salinité appréciable ; nous allons chercher à justifier la faiblesse de cette salinité.

La variation en un an de la masse totale d'eau est représentée pour l'année considérée par la différence :

Évaporation — Apports tributaires et pluies.

Suivant le signe de cette expression, le volume de la masse liquide du Tchad croîtra, restera stationnaire, ou décroîtra.

Dans le premier cas (accroissement de la masse liquide du Tchad), si la superficie du lac reste constante, la salinité diminue évidemment ; si cette superficie croît, la salinité, diminuée du fait des apports, est accrue par le lessivage des terres qui, submergées de nouveau après être restées découvertes pendant une période de temps variable, renferment encore une partie des sels que le lac y a déposés en se retirant. On conçoit donc qu'il soit possible, alors, de voir la salinité rester constante ou bien diminuer, suivant le cas.

Si le volume de la masse liquide reste stationnaire dans l'intervalle considéré, la teneur en sels n'est pas modifiée, les apports compensant intégralement la perte par évaporation.

Enfin, si le volume liquide décroît d'une année à l'autre, la salinité augmente.

Si la superficie n'est pas modifiée par la diminution du volume liquide total, l'accroissement de salinité ne dépend que de la grandeur relative de l'évaporation et des apports ; si cette superficie diminue, le lac en se retirant aban-

(1) Voir F. FOUREAU, *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, t. I, p. 273.

donne une partie de ses sels sur les terrains qu'il découvre progressivement, et l'on conçoit qu'il soit possible, dans ces conditions, que la teneur en sels de ses eaux ne soit modifiée que d'une façon peu importante.

Sous l'effet de la sécheresse, du vent et de la pluie, les terres découvertes perdront une partie des sels que le lac y avait abandonnés, et celui-ci se trouvera ainsi purgé *automatiquement*⁽¹⁾ d'une partie de ses matières salines.

Il est possible, enfin, que la végétation aquatique du Tchad absorbe, elle aussi, une certaine quantité des sels de l'eau.

Ce qui précède ne saurait constituer une démonstration. Les recherches du docteur Gaillard pourront au contraire apporter une contribution importante à cette question; nous avons voulu seulement attirer l'attention sur ce fait, que les variations de superficie et de profondeur du lac pouvaient amener à la conception d'un Tchad aux eaux pratiquement douces.

II. VARIATIONS ET OSCILLATIONS DU NIVEAU LIQUIDE DU TCHAD.

Ces mouvements du lac, qui se traduisaient aux yeux des voyageurs par une oscillation quotidienne du niveau, et par une modification, d'un voyageur à l'autre, des limites occupées par les eaux, peuvent recevoir également, semble-t-il, une explication simple déduite des mêmes causes (variations du niveau et de la superficie du lac).

Les oscillations quotidiennes du lac paraissent dues uniquement, comme l'a indiqué le lieutenant de vaisseau Audoin⁽²⁾, comme le pense aussi le capitaine Freydenberg⁽³⁾, à l'action du vent.

Pour ce qui est des changements constatés dans l'étendue du lac depuis Denham, nous manquons, pour en déterminer la valeur exacte, de la base indiscutable que serait une carte précise de l'ensemble du Tchad dressée au moment de la venue du premier explorateur. Comme nous l'avons vu précédemment (p. 19 à 20), il a fallu attendre le moment où l'occupation française s'est implantée dans ces régions pour permettre d'obtenir une vue d'ensemble sur le Tchad et de donner une carte complète du lac, basée sur des travaux astronomiques précis (carte du capitaine Tilho [mission Moll], 1904).

A défaut d'un aperçu général, nous possédons sur les variations du niveau et des limites du lac en des points particuliers des observations consciencieuses rapportées à des points, tels que certains villages, dont la position n'a guère varié depuis Denham, ou dont l'emplacement primitif peut être assez aisément retrouvé.

(1) Voir, à ce sujet : « Dénatrationisation du Tchad », par le capitaine R. DUBOIS, *Annales de géographie*, t. XII, 1903, n° 64 du 15 juillet 1903, p. 353.

(2) AUDOIN, *La Géographie*, novembre 1905.

(3) FREYDENBERG, *op. cit.*, p. 43.

Denham, dès son arrivée au Tchad, a l'occasion de constater l'invasissement de la rive, à Woudi, sur une distance de plus de deux milles d'un jour au lendemain, et de se rendre compte des variations, d'une année à l'autre, du niveau et de la superficie du lac :

Feb. 8. — « On walking to the shores of the lake this morning⁽¹⁾, écrit-il, soon after sunrise, I was surprised to see how the water had encroached since the day before. More than two miles of the wood was entirely overflowed — the cotton plantations were covered with water⁽²⁾ »

« The soil near the edges of the lake was a firm mud, and, in proof of the great overflowings and recedings of the waters, even in this advanced dry season, the stalks of the gussub, of the preceding year, were standing in the lake, more than forty yards from the shore⁽³⁾. »

En janvier 1854, Vogel trouve la ville de N'Gornou couverte depuis trente jours par les eaux du lac⁽⁴⁾. La submersion dure encore pendant l'hiver 1854-1855. « La ville, dit Barth⁽⁵⁾, était à moitié submergée, un lac profond et large d'un mille s'étant formé du côté du Midi, couvrant les fertiles campagnes des environs jusqu'à une grande distance. »

En mai 1855, Barth, rentrant en Europe, remarque que l'aspect du lac, entre Baroa et N'Guigmi, a subi, depuis son précédent passage (septembre 1851)⁽⁶⁾, des changements considérables : son ancienne route vers le Kânem est entièrement submergée. « D'ailleurs, N'Guigmi n'est pas la localité du même nom qu'il a visitée lors de [son] voyage au Kânem et de [son] retour subséquent à Koukaoua ; cette dernière avait été, dans l'hiver 1853 à 1854, submergée par les eaux du Tsad, qui en recouvraient encore la place ; les habitants du village détruit, se retirant plus loin dans les terres, s'y étaient établis sur les digues »⁽⁷⁾.

Rohlf s rapporte⁽⁸⁾ que, le 20 novembre 1866, le Tchad atteint son maximum ;

⁽¹⁾ 8 février 1823.

⁽²⁾ Traduction : « Févr. 8. En me promenant sur le bord du lac ce matin, écrit-il, peu après le lever du soleil, je fus surpris de voir combien l'eau avait gagné depuis la veille. Plus de 2 milles du bois étaient submergés ; les plantations de coton étaient couvertes d'eau. »

DENHAM, *Narrative of travels and discoveries*, op. cit., p. 47.

⁽³⁾ Traduction : « Le sol près du bord du lac était formé de vase ferme, et, comme preuve des grands mouvements d'invasion et de retrait des eaux, même à cette période avancée de la saison sèche, les tiges de « gussub » de l'année précédente se trouvaient dans le lac à plus de 40 mètres du rivage. »

DENHAM, *Narrative of travels and discoveries*, op. cit., p. 53.

⁽⁴⁾ Voir plus haut, p. 13.

⁽⁵⁾ *Voyages et découvertes*, op. cit., p. 140 et 141.

⁽⁶⁾ Voir plus haut, p. 12.

⁽⁷⁾ Docteur Henri BARTH, *Voyages et découvertes*, op. cit., t. IV, p. 225-226 ; voir également plus haut, p. 12.

⁽⁸⁾ ROHLFS, *Quer durch Africa*, 2^e partie, chap. v, et plus haut, p. 15.

« le niveau des eaux, dit-il, fut plus élevé que tous ceux observés antérieurement de mémoire d'homme; les affluents grossis de la Komadougou Yoobé interrompirent longtemps toute communication entre pays bornouans et haoussas, et, au Nord de N'Guigmi, coulait dans le lac un puissant fleuve formé vraisemblablement par les eaux de la Komadougou ».

« En 1870, dit Nachtigal, année qui fut très pluvieuse, cet écouloir (le Bahr el Ghazal) se remplit d'eau sur un espace de plus de 100 kilomètres, ce qui fit croire aux riverains qu'il allait de nouveau inonder le Bodelé Lorsqu'au printemps de 1873, je quittai définitivement le Bornou, le Cheik Omar s'appêtait justement à se faire construire, près de la ville (Koukaoua), une seconde résidence sur un site plus élevé et hors des atteintes de l'onde lacustre⁽¹⁾. »

Les variations du niveau et de la superficie totale du lac, au cours d'une même année ou bien d'une année à l'autre, suffisent à expliquer ces constatations, qui sont les faits les plus saillants notés jusqu'à ce jour. Remarquons que les grands débordements qui ont provoqué la destruction de N'Guigmi et de N'Gornou, menacé Koukaoua et entraîné l'inondation du sillon du Bahr el Ghazal sur une distance de plus de 100 kilomètres, ont eu lieu de novembre à janvier, au moment où le lac était dans le voisinage de son niveau maximum, à une époque où les vents sont généralement bien établis de la partie Est et soufflent, parfois avec une grande intensité, en pleine côte Ouest.

Les courants de surface qu'ils provoquent peuvent alors, étant donné le très faible relief des bords Sud, Ouest et Nord de la cuvette, franchir de petites dénivellations du terrain, envahir les dépressions rencontrées, et, par infiltration, ou bien directement, atteindre des points plus ou moins éloignés de la rive normale du lac, suivant la direction de la brise, son intensité et la pente du terrain.

En ce qui concerne le Bahr el Ghazal, les calculs altimétriques de la Mission ont montré qu'un certain nombre de points de son sillon, dans la partie inondée en 1870, sont à une altitude inférieure à celle du Tchad; une forte crue et les infiltrations ont donc pu provoquer l'envahissement par l'eau. Et l'on s'explique aisément, dès lors, qu'un certain nombre de cuvettes, en contre-bas du lac de plusieurs mètres, aient pu subsister encore en 1873, époque à laquelle Nachtigal retrouve « son sillon fluvial submergé à 80 kilomètres environ de la sortie du lac Tsad »⁽²⁾.

L'action des courants de surface, tels que ceux dont nous signalons ici la possibilité, est, d'ailleurs, en certains cas, très énergique. A ce propos, on

(1) *Sahara et Soudan*, op. cit., p. 495 et 496.

(2) *Sahara et Soudan*, op. cit., p. 495.

nous a cité l'exemple suivant : En Amérique du Sud, dans une région marécageuse, dont les eaux, par suite, n'avaient pas d'écoulement en temps normal, les vents ont provoqué, une fois, des courants de surface tels, qu'un remblai de chemin de fer qui traversait ces parages a été détruit sur une partie de sa longueur, les ponts construits pour l'écoulement des eaux étant tout à fait insuffisants à leur évacuation dans cette circonstance.

« Ce désastre, dit Barth, en parlant de la destruction de N'Gornou par les eaux du lac, semble avoir eu pour cause la flexion des couches inférieures du sol, composées de débris de coquillages, flexion survenue pendant les années précédentes et qui avait abaissé la rive d'une vingtaine de pieds⁽¹⁾. » Et plus loin, il écrit au sujet de l'inondation qu'il constate en 1855 entre Baroa et N'Guigmi : « de même que près de N'Gornou, la rive semblait s'être effondrée et avoir baissé d'environ cinq pieds⁽²⁾ ».

Vogel attribuait à la même cause que Barth la submersion de N'Gornou par le Tchad, en janvier 1854. « Les villages kanembous, situés dans le voisinage, dit-il, n'avaient pas souffert du tout de l'inondation, ce que je n'explique que par un affaissement du sol en cet endroit (cela ne peut recevoir d'autre explication, le niveau de l'eau étant resté 30 jours sans tomber d'un pied). Un tel affaissement est chose très rare dans un pays où les tremblements de terre sont tout à fait inconnus et qui est éloigné de combien de centaines de milles de tout volcan ! Ce qui rend la chose plus sûre, c'est qu'on m'a assuré que la ville est dans une plaine parfaite. A l'heure actuelle, les maisons de la partie Nord sont à quelques pouces au-dessus du niveau du lac et celles de la partie Sud sont couvertes jusqu'au sommet par l'eau⁽³⁾. »

Au sujet de ces débordements, Nachtigal, après avoir cité l'opinion de Barth, indiquée ci-dessus, ajoute : « Quant aux indigènes, ils disent que le lac *dévore* sa rive Ouest. »

« La rive septentrionale semble sujette à des transformations analogues dans la limite où le permet ici l'exhaussement rapide qui se fait du terrain. On a vu que, d'année en année, les Arabes du Kânem, qui prennent ce chemin pour aller à Koukaoua et en revenir, sont contraints de décrire un circuit de plus en plus long du côté du Nord. Or, ces progrès du lac au Nord et à l'Ouest pourraient bien être une compensation du dessèchement du Bahr el Ghazal et des alluvions qui se produisent dans le bas Chari et à la partie orientale du bassin ; et il n'en faut peut-être pas davantage pour expliquer le drainage subi par l'ancien écouloir S.E. de la coupe⁽⁴⁾. »

M. Foureau ne partage pas l'opinion de Nachtigal sur « les métamorphoses

(1) BARTH, *op. cit.*, t. II, p. 141.

(2) *Ibid.*, t. IV, p. 225.

(3) *Mittheilungen*, 1856, p. 168.

(4) *Sahara et Soudan*, *op. cit.*, p. 496.

si sensibles des contours du lac, principalement sur le côté Nord »⁽¹⁾. « L'affirmation (de Nachtigal), dit-il, est inexacte quant à ce qui concerne la rive Nord, bien certainement; mais elle est admissible pour la région N.E. où la présence de nombreuses lagunes peut, en effet, amener, et amène, très probablement, une déformation lente de la rive par obstruction des goulets d'entrée de certaines lagunes⁽²⁾. » M. Foureau ne pense pas non plus que le Tchad gagne vers l'Ouest. Les « villages de Beri et de Kaoua, très près du lac, écrit-il, sont des villages fort anciens, puisqu'ils sont cités par Denham dans les positions qu'ils occupent encore aujourd'hui par rapport à la rive du Tchad. Quant à la rive du Tchad dans cette région, on la trouvait, à notre passage, à 17 kilomètres de Koukaoua et à 18 kilomètres d'Allaïrou; or, la carte de Barth donne identiquement les mêmes distances que nous entre le lac et ces deux villes, et son dessin date de près d'un demi-siècle. L'argument me semble donc probant et vient détruire l'hypothèse de la progression vers l'Ouest. »

Ainsi donc, il semble résulter des opinions ci-dessus exprimées que les faits remarquables tels que la destruction par le Tchad de N'Gornou et de N'Guigni, l'inondation du Bahr el Ghazal, ont un caractère purement accidentel et local; et une montée du lac supérieure à la normale suffit à en donner l'explication. Il semble, en effet, que la côte Est visitée seulement, il est vrai, à une époque récente (vers 1900), n'ait pas subi les mêmes menaces d'inondation, et cela tient sans doute à ce seul fait, qu'elle est élevée de 10 à 15 mètres au-dessus du lac et, par suite, hors des atteintes des plus hautes inondations.

Que faut-il penser des flexions du sol ou des mouvements d'origine volcanique dont parlent Barth et Vogel? Hypothèse erronée! dit le capitaine Freydenberg⁽³⁾. Une étude géologique très complète permettra vraisemblablement dans l'avenir de répondre à cette question par des arguments précis. Sans vouloir assimiler en aucune façon le fait à un phénomène volcanique, nous croyons intéressant de signaler incidemment ici les constatations faites dans la partie N.E. du Tchad et restées jusqu'à ce jour inexplicables :

Reentrant du Borkou à Koukaoua, Nachtigal passa par l'enneri Borodi (Bir Sebouh des Arabes). « Cette vallée a cela de remarquable, dit-il, que son sol, depuis fort longtemps, est en ignition. Le foyer d'incendie se trouve à sa partie N.-W., non loin d'un petit étang desséché. Le terrain, grisâtre à la surface, se colore en noir dès la couche immédiatement inférieure, où la température augmente d'une manière sensible; un demi-pied plus avant, la chaleur devient considérable : la fiente sèche se carbonise instantanément; enfin, si l'on descend d'un pied, du bois mort se consume non moins vite. Ça et là se sont formées des creyasses qui dégagent, avec une faible fumée, une très forte quan-

(1) *Sahara et Soudan*, op. cit., p. 374 et 375.

(2) *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, op. cit., p. 284.

(3) *Le Tchad et le bassin du Chari*, op. cit., p. 19.

tité de calorique, et le sol d'alentour est très noir. A certains points superficiels où se trouvent des amoncellements de sable, il pousse des plantes herbacées. Il paraît que cet embrasement souterrain dure depuis six années, et, un peu plus à l'Ouest, dans le val Kourna, on observe depuis plus longtemps encore le même phénomène⁽¹⁾. »

« Malgré toutes les recherches entreprises, dit le capitaine Freydenberg, il a été impossible de retrouver le point de Barodi; les indigènes ont complètement perdu la mémoire de ce fait qui, cependant, devrait les avoir frappés⁽²⁾. »

Le Borodi ou Bir Sebol de Nachtigal porte aujourd'hui le nom de Bourdinga ou Bouroudinga; le val Kourna s'appelle Foyo ou B'la Kourna. Ces deux cuvettes ont été visitées en juillet 1908 par le capitaine Lauzanne, membre de la Mission; le journal de marche de cet officier porte les indications suivantes :

25 juillet. — « Départ de Logofa à 4 heures du matin. Au jour, nous apercevons de nombreuses traces de girafes qui, toutes, viennent du Tchad et se perdent vers le Nord. Quelques gisements de latérite se montrent un peu plus loin; après avoir coupé une ancienne piste, encore visible, de Balté à Foyo, nous arrivons à 9 heures à l'oued Bourdinga, ou Bouroudinga (*bourou*, en tédà, signifie *trou*). Son approche est signalée par une recrudescence de la végétation. Les acacias s'étoffent et se multiplient.

« Le puits de Bourdinga est effondré, ainsi d'ailleurs que tous ceux de la région. Dans la partie Nord de la dépression, le guide montre le point où se produisaient, il y a deux ans encore (1906), des phénomènes de combustion. Des échantillons de schistes, les uns rouges, d'autres noirs, sont prélevés à cette même place.

« Après avoir de nouveau traversé un plateau assez boisé, nous arrivons bientôt à l'oued de Foyo, et le campement est pris, vers 10^h40, à la lisière de l'épais fourré qui entoure le puits. Celui-ci est, comme les autres, détruit. Il est rendu utilisable après quatre heures de travail. L'eau est à deux brasses du sol, son goût est agréable.

« L'oued de Foyo, ou B'la Kourna, a environ 800 mètres dans la plus grande dimension (N.-S.). Le relief de la dune qui le borde ne dépasse pas 40 mètres. C'est l'un des plus boisés de la région; son fond est couvert de talhas, de serrahs et de siwaks. Il présente, en outre, dans la partie Nord, une dépression très marquée où s'épanouit une épaisse végétation. Ici, le kourna, le siwak, le serir, l'hedjilidj ont les dimensions majestueuses qu'ils atteignent dans les régions le mieux arrosées. Les herbes grimpantes et parasites y forment, en dehors de l'étroite piste qui conduit au puits, un réseau inextricable.

(1) Sahara et Soudan, op. cit., p. 459.

(2) FREYDENBERG, Le Tchad et le bassin du Chari, p. 74.

« Borodi, tel qu'il est placé sur la carte de Nachtigal, correspond à peu près exactement à Borodinga (ou Bourdinga). Il est probable que ce nom, d'origine toubou, a été mal prononcé par les Oulad Sliman de Nachtigal qui, de son propre aveu, estropiaient tous les noms. Quant au val Kourna, ce ne peut être que l'Oued de Foyo, appelé aujourd'hui encore Kourna. Cette dernière dénomination lui aurait été donnée, m'a-t-on dit, par les Touareg. Elle a pu l'être par toute autre peuplade, l'arbre *kourna* présentant cette particularité, de porter un nom identique dans plusieurs dialectes de l'Afrique centrale⁽¹⁾.

« Quoi qu'il en soit, les phénomènes de combustion signalés ci-dessus ont cessé, nous a-t-on dit, à Bourdinga depuis deux ans, et à Foyo depuis quinze ou vingt années au moins.

« Les guides nous ont montré au N.W. de l'oued de Bourdinga l'endroit où se produisaient les dégagements de fumée et de chaleur. A cette même place, le sol, fendillé par endroits, est formé de schistes teintés de couleurs différentes. Divers échantillons ont été prélevés. »

Depuis le retour en France de la Mission, ces échantillons ont été étudiés au Muséum par le géologue Garde, membre de la Mission, qui donne les conclusions suivantes :

« Les schistes noirâtres et les schistes jaunâtres, qui ont été recueillis dans la cuvette de Borodinga, sont constitués, les uns et les autres, par des carapaces microscopiques de diatomées et par des grains de sable très fins.

« Les premiers doivent leur coloration à des substances organiques, d'origine végétale et de nature bitumineuse, tandis que les autres sont colorés par des oxydes de fer.

« Placés dans un foyer, les schistes noirâtres brûlent très lentement, perdent leur couleur, et deviennent jaunâtres par oxydation des éléments ferrugineux qu'ils contiennent.

« Les schistes jaunâtres de Borodinga doivent dériver des schistes noirâtres par combustion, celle-ci étant ou spontanée ou accidentelle (foudre ou feu de brousse). »

Quoi qu'il en soit, nous dirons, pour conclure, qu'à notre sens les sécheresses, comme les inondations du Tchad et phénomènes divers qui s'y rattachent, sont dus, pour la plus grande part, sinon uniquement, aux variations du débit des tributaires du lac. Si l'on ajoute à cette cause l'influence du *colmatage*, qui, par les apports d'alluvions des fleuves et par le dépôt des matières organiques et surtout végétales⁽²⁾, tend progressivement à combler la cuvette et à en réduire la profondeur, on s'expliquera aisément, étant donné le faible

⁽¹⁾ Famille des Rhamnacées : *Zyzyphus* sp., Korna (en touareg et en haoussa), petit jujubier (*Documents scientifiques de la Mission saharienne*, t. I, p. 458, n° 349); Kourna en kanouri, en toubou et en djerma (Extrait du journal de marche du capitaine Lauzanne).

⁽²⁾ Végétation aquatique du lac.

relief de la plus grande partie des rives, qu'aux époques de forte crue, sous l'action du vent, l'inondation puisse se propager à grande distance des limites habituelles et y causer parfois d'importants ravages.

III. MODIFICATIONS DE L'ASPECT PHYSIQUE DU LAC.

Outre des variations de niveau et de profondeur, le Tchad subit des changements d'aspect importants en un petit nombre d'années, changements dus à la végétation palustre qui se manifeste sur les rives et au large. Nous avons signalé, précédemment, le développement extraordinaire de cette végétation de 1902 à 1908. Est-ce là un fait exceptionnel, indice d'une disparition prochaine du Tchad en tant que lac proprement dit et de sa transformation en simples marécages ?

Il semble que les parties du Tchad vues par les divers explorateurs leur aient donné autant l'impression d'un marais que d'un lac. Denham, parlant de la navigation de deux milles environ qu'il fit sur le Tchad, à l'embouchure du Chari, dit : « During our passage, by keeping the deepest water, and avoiding the convexities of the stream, we, at this season, met with no impediments; and had nowhere less than *three* feet of water. We passed many small islands, all of which, near the mouth, were destitute of trees, but covered with reeds (among which was the papyrus, bamboos and very tall grasses); the quantity of water fowl was immense. The nearest Biddoomah island is said to be three days voyage on the open lake from the mouth of the river, in a North-East direction, say ninety miles, during of which these canoes lose sight of land : with an excellent telescope I could discern nothing but the waste of waters to the North or East ⁽¹⁾. »

« Après un demi-mille allemand de marche dans une plaine herbue, dépourvue d'arbres et de plantes, dit Barth, nous arrivâmes dans un endroit marécageux où nous eûmes bientôt de l'eau jusqu'aux genoux. Ce fut ainsi que nous atteignîmes le bout d'un joli lac, entouré de papyrus et de longues laches : c'était l'anse de Nghirouwa ⁽²⁾. J'acquis dès lors la certitude que le

⁽¹⁾ Traduction : « A notre passage, en suivant les endroits les plus profonds et évitant les convexités, nous n'éprouvâmes à cette saison aucune difficulté, et ne trouvâmes nulle part moins de trois pieds d'eau. Nous passâmes beaucoup de petites îles, toutes placées près de l'embouchure (du Chari), qui étaient dépourvues d'arbres, mais couvertes de roseaux (parmi lesquels des papyrus, des joncs, de très hautes herbes); le gibier d'eau était en quantité énorme. L'île boudouma la plus proche se trouve, dit-on, dans le N. E. de l'embouchure à trois jours au large dans le lac, c'est-à-dire à 90 milles; pendant deux jours, les (ces) embarcations perdent la terre de vue; avec une excellente longue-vue je ne pus rien découvrir, si ce n'est l'immensité des eaux vers le Nord et vers l'Est. »

Denham, *op. cit.*, p. 230.

⁽²⁾ Près de Kaoua.

Tsad contenait, du moins en partie, de l'eau franche, *ce dont j'avais commencé à douter*. Nous nous dirigeâmes ensuite vers le Nord, traversant toujours *des eaux profondes encombrées d'herbes et de plantes aquatiques* qui fatiguaient extrêmement nos chevaux ⁽¹⁾

« La pleine eau du Tsad, en s'éloignant du fleuve comme une sorte d'évasement de l'embouchure, se porte vers la rive occidentale, tandis que le reste du lac, c'est-à-dire la plus grande partie, ne consiste qu'en *prairies submergées*.

« Devant nous, vers le Sud-Est, s'étendait la rive marécageuse, formant une rivière à perte de vue; mais nous n'apercevions point d'eau, seulement une plaine immense entrecoupée de canaux aux bords vagues et indéterminés ⁽²⁾. »

Nous avons reproduit plus haut, p. 13, l'impression de Vogel arrivant en 1854 sur les bords du Tchad : « Le marais est si large sur les rives, s'étonne-t-il, qu'on ne peut voir l'eau libre qu'à l'extrême horizon avec une lunette d'approche ⁽³⁾. »

Rohlf s'a une surprise analogue en arrivant à N'Guigmi : « Celui qui se représenterait le Tchad comme un miroir nu, écrit-il, serait profondément désillusionné, car on ne voit de l'eau libre que par places dans une étendue couverte de roseaux ⁽⁴⁾. »

« Le Tchad ne peut être appelé lac dans toute la signification de ce mot qu'à l'époque des hautes eaux; en saison sèche, il a plutôt l'aspect d'un marais immense ⁽⁵⁾. »

Nachtigal aussi, en arrivant à N'Guigmi, est désillusionné à la vue du Tchad : « Le lac lui-même était devant nous, dit-il, sa coupe nue, qu'enfermaient des rivages uniformes, *ourlés de roseaux*. »

« Que de fois, jadis, aux heures fastidieuses de la classe, j'avais regardé d'un œil songeur les contours de ce lac qui, seul alors avec les monts fabuleux de la Lune, mouchetait sur les cartes géographiques l'immense blanc de l'Afrique centrale. Et voilà qu'à présent mes rêves d'écolier se réalisaient, non toutefois sans une pointe de désillusion. »

« Si le lac n'offrait point l'aspect que dans ma pensée je lui avais prêté, du moins l'étrange tableau de vie qui se déroulait sur ses bords était-il pour moi une compensation ⁽⁶⁾. »

« Le 30, nous nous mîmes à longer la rive

⁽¹⁾ BARTH, *Voyages et découvertes*, op. cit., p. 141 et 142, t. II.

⁽²⁾ BARTH, *Voyages et découvertes*, t. II, p. 290. La région dont parle ici Barth se trouve à l'Est de N'Guigmi, sur son itinéraire vers le Kânem.

⁽³⁾ *Mittheilungen* (1856), p. 168.

⁽⁴⁾ ROHLFS, *Quer durch Africa*, 1^{re} partie, op. cit., chap. XIV, et plus haut, p. 14.

⁽⁵⁾ ROHLFS, *Quer durch Africa*, 2^e partie, chap. XVI.

⁽⁶⁾ NACHTIGAL, *Sahara et Soudan*, p. 295.

Ouest du lac. Le chemin que nous suivions serrait d'abord de tout près l'ourlet de roseaux et de laches dont la nappe d'eau était encadrée; de place en place, des marécages ou de grandes flaques d'eau, peuplées d'innombrables canards, de hérons et autres grands oiseaux aquatiques ⁽¹⁾.....

« Dans l'Ouest prédomine l'eau libre, et on voit cependant rarement celle-ci des rives plates; presque partout, le regard est borné, tantôt par des étendues d'îles nues ou couvertes de buissons, tantôt par des roseaux ou par des marécages ⁽²⁾. »

En 1900, M. Foureau trouve aussi les rives du Tchad encombrées par la végétation : « A Woudi, sur la côte Nord-Ouest, écrit-il....., nous abreuvions nos chevaux dans les roseaux de bordure, et ces roseaux étaient noyés sur une hauteur d'au moins 60 centimètres.

« Dans la partie Ouest et Nord, sur notre parcours, la rive du Tchad est très dentelée.....; des îles apparaissent seulement auprès du bord, et ces îles sont plutôt des massifs de roseaux et de grands joncs dont le pied est recouvert par les eaux sans qu'il y ait un sol apparent. D'autres fourrés de roseaux, de 4 à 5 mètres de hauteur, de joncs et de cypérus, ourlent presque partout la bordure et ne permettent d'apercevoir l'eau du large que dans certaines éclaircies, qui ne sont jamais très étendues ⁽³⁾. »

Les rives Sud, Ouest et Nord du Tchad, les seules parties qui aient été vues par les explorateurs jusqu'au moment de l'occupation française (exception faite pour Overweg), ont donc été généralement envahies par la végétation aquatique. Nous avons dit, p. 11, que les profondeurs trouvées par Overweg au cours de son voyage dans l'archipel avaient varié de 6 à 9 pieds anglais. Il est fort probable, dans ces conditions, qu'en quelques points du large la végétation se manifestait d'une façon analogue à celle que nous avons constatée nous-mêmes en 1902, les sécheresses et les inondations dont parle Petermann ⁽⁴⁾ permettant successivement à cette végétation de pousser d'abord, puis de croître vigoureusement.

Il semble donc qu'on ne se trouve pas aujourd'hui, en présence du développement considérable des ambachs, roseaux, papyrus, etc., au large et sur les rives des bahrs, devant un fait exceptionnel. Et l'on peut se demander alors si l'intensité de cette végétation ne varie pas en sens inverse de la profondeur du lac et surtout dans le même sens que la salinité des eaux.

D'après les indigènes, cette végétation disparaîtrait à peu près complètement lors des fortes crues. Ce fait ne serait-il pas dû à une modification de la compo-

⁽¹⁾ NACHTIGAL, *Sahara et Soudan*, p. 299.

⁽²⁾ NACHTIGAL, *Sahara und Sudan*, II, chap. IV, p. 350.

⁽³⁾ FOUREAU, *Documents scientifiques*, t. I, p. 273-274.

⁽⁴⁾ *Progress of the expedition*, op. cit., p. 8.

sition chimique des eaux (diminution de la salinité), et aussi à ce que les plantes en question ne pourraient continuer à vivre par des fonds supérieurs à une certaine limite ?

Les analyses des échantillons d'eau du Tchad rapportés par la Mission, l'herbier constitué par les soins du docteur Gaillard permettront sans doute de se rendre compte de la valeur de cette hypothèse.

IV. VARIATIONS DU NIVEAU DES PUIITS DE CHITATI ET DU KÂNEM.

Depuis le début de l'occupation par nos troupes de la région du Tchad, les Européens en service au Kânem ont constaté qu'un certain nombre de puits de cette région et du Chitati avaient une crue annuelle, à des époques variables d'un puits à l'autre ⁽¹⁾.

Il résulte des observations hypsométriques effectuées par la Mission dans ces parages que les fonds des oueds et cuvettes du Chitati et du Kânem se trouvent, approximativement, au niveau de la nappe liquide du Tchad. La possibilité de relations entre les nappes aquifères de ces parages et du lac Tchad, dans ces conditions, n'a rien, *a priori*, d'extraordinaire. La question controversée est surtout de savoir si la pente a lieu du Tchad vers les régions considérées, ou inversement. Nachtigal, on le sait, considérait le Bahr el Ghazal comme un écouloir du lac; M. Foureau a combattu cette opinion; le capitaine Freydenberg a fait de même. Nous n'entrerons pas ici dans la discussion détaillée des limites souterraines du Tchad, ce sera l'objet d'une étude ultérieure. Quoi qu'il en soit, si les relations existent entre le lac et ces nappes aquifères, ou si elles peuvent, dans certains cas, se produire, les variations de niveau et de superficie du Tchad peuvent permettre de concevoir :

1° Que certains puits des régions considérées aient une crue annuelle provoquée par celle du lac lui-même;

2° Que la date de la crue varie d'un puits à l'autre suivant la configuration de la couche terrestre imperméable et suivant la distance des puits au lac;

3° Que la crue n'ait pas lieu certaines années pour divers puits, en raison de la configuration de la couche terrestre imperméable et de l'insuffisance de la montée du lac;

4° Que la crue diffère d'un puits à l'autre.

Le temps dont disposait la Mission n'a pas permis de se rendre compte de l'influence sur la crue des divers puits du Chitati et du Kânem de l'assèchement de la partie Nord du lac. Nous dirons toutefois que ceux de ces puits qui ont été visités, éboulés pour la plupart, ont fourni de l'eau après avoir été remontés;

(1) Voir à ce sujet, p. 52, et FREYDENBERG, *Le Tchad et le bassin du Chari*, op. cit., p. 60.

de même, les *mares permanentes*⁽¹⁾ du pays de Folé ont subsisté, alors que l'*archipel de Madorou* était entièrement sec.

Dans une prochaine étude nous chercherons à interpréter ces faits. Pour le moment, nous nous bornerons à attirer l'attention sur la possibilité d'expliquer les crues des puits du Chitati et du Kânem par les variations du niveau et de la superficie du Tchad, la possibilité de relation entre les nappes aquifères de ces parages étant supposée démontrée.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, page 52, les autorités locales à Mao (Kânem) et à N'Guigmi (Nord de la partie asséchée du lac) ont installé, sur la demande du chef de Mission, des échelles hydrométriques dans les puits de ces postes. Les observations du niveau, faites une fois par jour, sous la direction du commandant du poste, sont adressées mensuellement à M. le Directeur du Bureau central météorologique de France, à Paris. La comparaison des variations du niveau du lac et des puits permettra, sans doute, dans un certain nombre d'années, de se faire une idée plus nette des relations qui existeraient entre la nappe aquifère du Tchad et celles des régions situées dans la partie Est.

Exemple numérique.

Si nous considérons la courbe des variations du niveau du Tchad à Bol, en 1908 (pl. XIII, 1^{re} partie), nous voyons que, de janvier à juillet, le lac a baissé de 0^m,71 environ; le tableau de la page 72 indique, pour cette même période, une évaporation égale à 1^m,191 d'épaisseur de la nappe liquide; les apports des tributaires (Chari, Komadougou Yoobé, rivières temporaires du S.W. du Tchad; pluies : 34 ^m/m environ sur 12.700 kilomètres carrés de superficie) dans le même intervalle ont été de 6 milliards de mètres cubes environ⁽²⁾.

Traçons deux axes rectangulaires : OX, axe des superficies de la nappe liquide du Tchad; OY, axe des apports des tributaires, et pluies. De janvier à juillet inclus, l'évaporation a absorbé 1^m,191 d'épaisseur de la surface liquide du Tchad à cette époque. Soit OA une droite telle que

$$\operatorname{tg} \widehat{AOX} = 1,191,$$

d'où

$$\widehat{AOX} = 49^{\circ}59'.$$

Si l'on admet que la valeur moyenne de la surface liquide du Tchad, de janvier à juillet, a été de 12.700 kilomètres carrés, on voit que le volume des apports des tributaires nécessaire pour maintenir constants la surface et le

(1) FREYDENBERG, *op. cit.*, p. 41.

(2) Voir à ce sujet les tableaux des débits du Chari et de la Komadougou Yoobé (Annexes, p. 110 et 111).

niveau du lac dans la même période sera fourni par la figure ci-dessous; soit 15,5 kilomètres cubes.

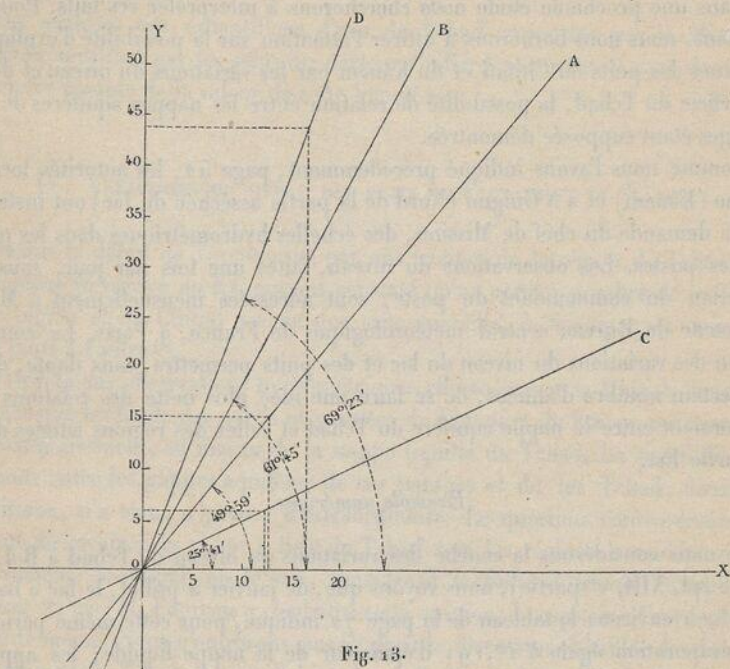


Fig. 13.

Mais les observations effectuées à l'échelle hydrométrique de Bol montrent que, dans cet intervalle, le niveau du lac a baissé de 0^m,71; soit donc OC une droite telle que

$$\widehat{\text{tg AOX}} - \widehat{\text{tg COX}} = 0,71,$$

d'où

$$\widehat{\text{COX}} = 25^{\circ} 41'.$$

Les apports liquides au Tchad, de janvier à juillet inclus, ayant été de 6 milliards de mètres cubes environ, on voit, sur la figure 13 (1^{re} partie), que la surface liquide a dû se contracter de telle façon et les îlots-bancs émerger en quantité telle, que cette surface liquide soit réduite à 12,500 kilomètres carrés, cette valeur représentant l'abscisse de la droite OC ayant pour ordonnée 6 kilomètres cubes.

D'août à décembre inclus, le niveau du lac croît et atteint son maximum dans les derniers jours de décembre, à 1^m,51 - 0^m,71 = 0^m,80 au-dessus du niveau de janvier.

Soient OB et OD deux droites telles que l'on ait, respectivement,

$$\widehat{\text{tg BOX}} = 1,861,$$

d'où

$$\widehat{\text{BOX}} = 61^{\circ}45',$$

et

$$\widehat{\text{tg DOX}} - \widehat{\text{tg BOX}} = 0,80.$$

d'où

$$\widehat{\text{DOX}} = 69^{\circ}23'.$$

Le volume total des apports des tributaires en 1908 ayant été de 44 kilomètres cubes environ ⁽¹⁾, il résulte de la figure 13 (1^{re} partie) que la superficie liquide à la fin de l'année a dû être de 16,550 kilomètres carrés, valeur de l'abscisse de la droite OD correspondant à l'ordonnée 44. C'est-à-dire que, dans les premiers mois de l'année 1909, le lac a dû réoccuper la presque totalité de sa cuvette (superficie totale de la cuvette : 18,000 kilomètres carrés ⁽²⁾).

Effectivement, il résulte de renseignements verbaux qui nous ont été fournis à son retour en France par l'adjudant Pulluhen, de l'infanterie coloniale, qui quitta N'Guigmi au commencement de décembre 1908, qu'à cette date la route Bosso-Kouloa, à travers le lac, continuait à être praticable à pied sec, la crue ne s'étant pas encore propagée jusque-là. On sait, en effet, qu'un certain temps est nécessaire à l'onde lacustre pour se propager, soit par infiltration, soit par écoulement direct, à travers le tamis de végétation palustre qui, en 1908, couvrait la plus grande partie du Tchad. C'est précisément ce retard qui explique le fait signalé par Nachtigal que, « jusqu'à la fin de janvier, parfois même jusqu'en février, les chemins qui contournent le littoral Sud sont impraticables; de sorte que quatre mois après que les pluies ont pris fin, il est plus difficile d'y passer qu'au cœur même de la mauvaise saison » ⁽³⁾. A la fin de janvier 1909, le lieutenant Étiévant, de l'infanterie coloniale, apprenait à Tourbanguida par des caravaniers bornouans que cette même piste, Bosso-Kouloa, était submergée; mais la route directe, N'Guigmi-Garoua-Kouloa, continuait à être utilisable dans les mêmes conditions qu'au moment de notre passage, en août 1908. Il est possible qu'un peu plus tard elle ait été elle-même inondée.

L'exemple numérique ci-dessus, qui ne saurait être évidemment qu'une représentation *très grossière* des fluctuations du Tchad, permet donc d'avoir une idée approximative de ses variations de niveau et de superficie au cours d'une même année et, conséquemment, d'une année à l'autre.

⁽¹⁾ Voir plus haut, p. 69.

⁽²⁾ Voir plus haut, p. 83.

⁽³⁾ *Sahara et Soudan*, op. cit., p. 491 et 492.

LES VARIATIONS DE NIVEAU ET DE SUPERFICIE DU TCHAD SONT-ELLES SOUMISES À UNE LOI PÉRIODIQUE?

Le capitaine Hardellet, qui fut un des premiers commandants de l'archipel du Tchad, admet, sur la foi de renseignements indigènes⁽¹⁾, que les oscillations du Tchad ont un caractère périodique, la période étant de 70 à 80 ans.

M. Chudeau, au cours de son voyage d'Alger à Tombouctou, a atteint la partie Nord du Tchad, laquelle, à cette époque (15 février-9 mars 1906), était à sec. « Les habitants n'avaient aucune inquiétude, dit M. Chudeau, sachant que tous les siècles environ pareil événement se produit. »

Cette appréciation de M. Chudeau⁽²⁾ était basée sur celle que le capitaine Freydenberg avait formulée⁽³⁾ d'après les renseignements des insulaires. « Boudoumas et Kanembous du Tchad, dit le capitaine Freydenberg, s'accordent à donner une période de 20 ans aux petits mouvements du Tchad, et cette période serait à peu près constituée ainsi qu'il suit :

5 ans étiage haut.		5 ans étiage bas.
5 ans hausse.		5 ans crue.

« Enfin, toutes les quatre ou cinq périodes, il y aurait un assèchement presque complet suivi d'une crue considérable. »

« M'Boulou Balao a vu Overweg en 1851; il pouvait avoir alors de 25 à 30 ans. A ce moment, le Tchad était très haut. Ce même indigène avait été avec son père au Bornou pour y faire du butin dans les villages bornouans. . . il pouvait avoir alors de 7 à 8 ans, ce qui indiquerait, pour le dernier assèchement, une date comprise entre 1828 et 1833. Si on prend l'année 1906, pendant laquelle le Tchad a été très bas, on arrive à une période de 73 à 78 ans, ou 80 ans, si le point le plus bas n'est pas atteint. »

Les constatations faites par les divers explorateurs du Tchad, depuis Denham, permettent-elles de formuler une loi périodique simple? Les lois formulées jusqu'à ce jour sont-elles d'accord avec les constatations de ces explorateurs? Car ces constatations sont, en définitive, à peu près les seules sur lesquelles il soit possible de faire fond. Les indigènes ont presque tous, et particulièrement au Tchad, un horizon très restreint, dans l'espace comme dans le temps. D'une manière générale, avant l'occupation française, les insulaires ignoraient profondément ce qui se passait à quelques jours de marche de chez eux, dans des contrées habitées par un groupement différent du leur; et ils ne quittaient guère

(1) J. TILHO, *La Géographie*, 15 mars 1906.

(2) R. CHUDEAU, *La Géographie*, 15 avril 1907.

(3) FREYDENBERG, *Exploration dans le bassin du Tchad*, *La Géographie*, 15 mars 1907.



leurs îles que pour aller piller leurs voisins ou les riverains du lac, caravaniers et sédentaires. Ils fréquentaient quelques marchés du Bornou et de l'embouchure du Chari, pêchaient au large à hauteur de leurs îles à pâturages, mais ne s'aventuraient jamais jusqu'aux extrêmes limites du lac; aucun d'eux n'avait une vue d'ensemble du Tchad. Comment, dès lors, les appréciations indigènes pourraient-elles avoir d'autre valeur que celle de simples indications? D'ailleurs, toute personne non prévenue, effectuant à bord des vapeurs de la flottille du Tchad le voyage de l'embouchure du Chari à Bol, n'aurait pu soupçonner en 1907, lors de l'arrivée de la Mission, que toute la partie Nord du Tchad était asséchée jusqu'aux environs du parallèle de la Komadougou Yoobé. Il ne faut donc pas s'étonner que les habitants de ces régions commettent fréquemment des erreurs en toute bonne foi. Pour ce qui est des dates, l'imprécision est plus grande encore; et la tradition orale, dans ces parages où les relations étaient, naguère encore, des plus restreintes, n'a qu'une valeur très médiocre. C'est à ces causes qu'il faut attribuer le fait que «les indigènes aient tous déclaré qu'il y avait toujours eu de l'eau dans la fosse de Kologo»⁽¹⁾, alors qu'à la fin de 1907 et dans les sept premiers mois de 1908, tout au moins, cette fosse était complètement sèche; bien que l'insulaire qui a renseigné le capitaine Freydenberg estimât que «l'assèchement précédent (1828-1833) avait été plus complet que celui de 1906»⁽²⁾.

Les diverses cartes que nous possédons du lac Tchad ne sont pas absolument comparables entre elles, en raison du degré de précision très différent que présente chacune d'elles par rapport à l'autre. Cependant elles peuvent donner une idée approchée de la position des rives Nord, Ouest et Sud du Tchad depuis la fin de 1824, date du départ de Denham pour rentrer en Europe, jusqu'à l'époque actuelle.

En 1824, d'après Denham, le lac atteint N'Guigmi, Woudi, Baroa, N'Gornou, et reste au Nord d'Hadjer el Hamis⁽³⁾.

En 1851, d'après Barth et Overweg, le lac atteint N'Guigmi, Madouari, et se tient à petite distance de N'Gornou. La route de N'Guigmi à Beri est en partie submergée.

En janvier 1854, d'après Vogel, N'Gornou est submergée par le lac. Pendant l'hiver 1854-1855, la route entre Baroa et N'Guigmi est couverte par les eaux du Tchad; le village de N'Guigmi est détruit et les habitants doivent chercher un abri sur la dune.

En 1866, Rohlf s retrouve le Tchad à N'guigmi et à une heure et demie de «trot allongé» de Kaoua, soit à environ 18 kilomètres de ce point. En novembre

⁽¹⁾ FREYDENBERG, *Le Tchad et le bassin du Chari*, op. cit., p. 29 et 30.

⁽²⁾ FREYDENBERG, *La Géographie*, 15 mars 1907, p. 169-170.

⁽³⁾ Voir plus haut, p. 8 et 9, carte du Tchad et croquis de l'Hager Teous (Hadjer el Hamis).

de la même année, les eaux atteignent un niveau plus élevé qu'aucun autre, de mémoire d'homme.

En 1870, Nachtigal constate également une crue considérable qui menace Koukaoua; le Bahr el Ghazal est envahi par l'onde lacustre sur une distance de plus de 100 kilomètres⁽¹⁾; en 1873, le sillon du Bahr el Ghazal était encore submergé à 80 kilomètres environ de sa sortie du lac Tchad.

M. Foureau, en février 1900, retrouve le Tchad dans les mêmes limites au Nord que Barth en 1851. « Nous avons parcouru toute la partie Nord du lac, dit-il, ayant en main la carte de Barth; or, nous pouvions suivre, sinuosité par sinuosité, les petites collines de bordure sur le terrain; elles coïncidaient toujours avec celles indiquées sur la carte. . . Les collines étaient bien les mêmes; et la frange de roseaux du lac, d'autre part, se maintenait à la même distance, plus de 50 ans après le passage du célèbre voyageur. Bien plus, certains détails typiques restaient conformes, sur le terrain, à la description et au lever de Barth⁽²⁾. »

En 1903, le lieutenant de vaisseau Audoin, venant du Chari et de Bosso avec une baleinière de la flottille, passe en embarcation à 1,200 mètres environ au Sud de N'Guigmi, pour se rendre, toujours par eau, à Kologo, Kindin, Bol et retourner dans le Chari.

En février 1904, le capitaine Tilho accoste avec le chaland *Benoit-Garnier* à 3,200 mètres dans le S. E. de N'Guigmi et atteint Kouloa par eau; pour se rendre de Kouloa à Bol, le chaland doit passer au large de l'archipel, la baisse des eaux empêchant le passage entre les îles dans le nord de Kindin⁽³⁾.

En 1905, le capitaine Freydenberg constate que le Tchad est divisé en deux lacs distincts, séparés l'un de l'autre par le barrage de Seyorom à Kindin.

A la fin de 1907, lors de l'arrivée de la Mission, toute la partie Nord du Tchad était asséchée jusqu'à la hauteur environ du parallèle de la Komadou-gou Yoobé.

Tels sont les faits observés par des témoins dignes de foi.

Est-il possible d'en déduire une loi périodique simple des oscillations du niveau et des variations de superficie du Tchad? Remarquons tout d'abord que la plupart des observations en question ne portent que sur des points particuliers du lac; les toutes dernières seules concernent l'ensemble de la cuvette, rives et large.

Après cela, si nous recherchons la valeur de la période des variations du niveau du Tchad, nous voyons immédiatement qu'aucun explorateur européen n'a constaté un assèchement aussi considérable que celui observé de 1905 à 1908.

(1) *Sahara et Soudan*, t. I, p. 495.

(2) *Mission saharienne*, op. cit., t. I^{er}, p. 282.

(3) J. TILHO, *Exploration du lac Tchad in La Géographie*, 15 mars 1907.

M. Foureau a vu en 1900 la rive Nord du Tchad dans les limites précises constatées par Barth en 1851. Si donc les variations du niveau du lac sont périodiques, la valeur d'une vibration sera de $1900-1851 = 49$ ans et non 73 à 80 ans.

Admettons cependant la loi périodique du capitaine Freydenberg : l'année 1854 ayant été une année de très hautes eaux, on devrait avoir :

1854.....	très hautes eaux.
1854-1859.....	étale haut.
1860-1864.....	baisse.
1865-1869.....	étale bas.
1870-1874.....	crue.

La loi se trouve en défaut, 1866, d'après Rohlf's, et 1870, d'après Nachligal, ayant été des années de forte crue.

En continuant, on aurait :

1875-1879.....	étale haut.
1880-1884.....	baisse.
1885-1889.....	étale bas.
1890-1894.....	crue.
1895-1899.....	étale haut.
1900-1904.....	baisse.
1905-1909.....	étale bas.

La période 1895-1899 comprend l'année de l'arrivée de Gentil au Tchad (1898), qui a été effectivement une année de hautes eaux; en outre, le lac a baissé de 1902 à 1905, comme on a pu le constater depuis l'occupation de ces parages; mais 1908 a été une année de pluies exceptionnelles. Peut-on estimer raisonnablement que ces coïncidences suffisent à justifier la loi? Et alors, si on admet avec le capitaine Freydenberg qu'entre deux périodes de très basses ou de très hautes eaux, il s'écoule 73 à 78 ans ou 80 ans, comment expliquer les inondations si rapprochées de 1854, 1866, 1870? Si 1905 représente la date à laquelle les eaux ont atteint leur niveau inférieur, la période de 1825 à 1832 aurait dû être, elle aussi, une époque de très basses eaux. Il ne semble pas qu'il en ait été ainsi, d'après Denham.

Et d'ailleurs, si les variations dans les apports des tributaires sont la cause essentielle des fluctuations du Tchad, la loi de périodicité semble devoir être cherchée dans les causes susceptibles d'influencer le débit de ces tributaires. Or, ceux-ci sont des fleuves dont quelques-uns sont longs de plusieurs milliers de kilomètres (au point de vue de la longueur, dit Rohlf's, la K. Yoobé ne le cède en rien au Rhin allemand)⁽¹⁾, dont les plus importants traversent des ré-

⁽¹⁾ *Quer durch Africa*, chap. xv.

gions très diverses au point de vue climatique, depuis les régions équatoriales où naissent le Chari, le Bahr Sara et le Logone, jusqu'aux régions de steppe qui sont celles du Tchad lui-même. Ne paraîtra-t-il pas très hasardeux, dès lors, de formuler une loi des variations du Tchad? Et n'est-il pas indispensable d'attendre, pour ce faire, de posséder sur le régime des tributaires du lac et sur la climatologie des vastes régions qu'ils traversent (des pays haoussas à l'équateur) des renseignements plus complets et plus précis que ceux qu'il a été possible d'obtenir jusqu'à ce jour ⁽¹⁾?

LE TCHAD N'EST-IL PAS EN VOIE DE DISPARITION?

Telle est la question qui se pose, surtout après la baisse du niveau et la diminution de la surface liquide constatées dans ces dernières années? Praticable en 1902 pour des embarcations de faible tirant d'eau, le lac a vu sa navigabilité diminuer progressivement à mesure que l'assèchement devenait plus intense dans le Nord et que la végétation se développait davantage. La cuvette actuelle restera, pour un nombre d'années impossible à chiffrer, le déversoir des grands fleuves que sont le Chari et le Logone, des petits cours d'eau tels que la Komadougou Yoobé et les rivières de la poche Sud-Ouest du lac. Si donc on n'a pas affaire à un lac, à proprement parler, on aura au moins un vaste marécage formé par les apports de ces cours d'eau, marécage qui persistera toute l'année ou pendant une fraction importante de l'année, suivant l'intensité de l'évaporation.

Il est fort possible, comme l'a écrit M. Chudeau ⁽²⁾, que, par un phénomène de capture, « la Bénoué soit en train de priver le Tchad d'un de ses principaux affluents » ⁽³⁾; mais ce ne sera là un fait accompli qu'à une période géologique lointaine, et d'ici ce moment, nombre de faits nouveaux auront pu se produire qui soient susceptibles de modifier, eux aussi, l'aspect du Tchad; le *colmatage*, en particulier, aura pu combler en grande partie la cuvette déjà peu profonde dans laquelle se réunissent aujourd'hui les eaux des fleuves centre-africains, et ceux-ci viendront peut-être un jour se perdre dans les sables, comme le Ziz et le

⁽¹⁾ Rappelons, à cette occasion, que « le volume de la crue du Nil est variable d'une année à l'autre et qu'il n'existe aucune périodicité dans sa plus ou moins grande abondance, bien qu'on l'ait fréquemment assuré... Il a pu être établi, en comparant les crues du Nil pendant cent soixante-quinze ans, qu'il n'existe aucune alternance régulière entre les crues les plus hautes et les plus basses ». — « *La Géographie*, 15 février 1908, p. 142. L'étude physiographique du Nil et de son bassin; analyse des travaux du capitaine H. G. Lyons, par M. G. REGELSPEGER. » — Il serait téméraire, après moins de dix ans d'études, de vouloir apporter à la question de la périodicité des crues du Tchad une réponse définitive.

⁽²⁾ *La Géographie*, 15 avril 1907.

⁽³⁾ Le Logone.

Ghir de Léon l'Africain⁽¹⁾. Quoi qu'il en soit, il paraît raisonnable, dans l'état actuel de nos connaissances sur l'Afrique centrale, d'attribuer l'assèchement constaté actuellement à un phénomène d'ordre général. « Il semble être admis aujourd'hui que, dans toute l'étendue de notre globe, les sécheresses et les étés chauds suivent une progression constante, alors que les inondations et les grands hivers se font de plus en plus rares (diminution des grands lacs qui alimentent le Nil; disparition en Australie du lac Eyre; extension des limites des déserts asiatiques constatée par l'explorateur prince Kropotkine; diminution dans des

⁽¹⁾ Nous croyons intéressant, à cette occasion, de citer l'extrait ci-dessous du *Sahara*, de M. Schirmer :

« Quoi qu'il en soit, un fait paraît hors de doute : au Sahara l'évaporation possible dépasse de beaucoup la hauteur de pluie qui tombe; il y a donc *rupture d'équilibre* et dessèchement progressif. C'est là un fait de grande portée, car il explique toute la genèse du désert. Il fut un temps où le Sahara était une des *contrées les plus humides de la terre*. Des masses d'eau torrentielles ruisselaient sur les pentes et se creusaient les larges lits que nous voyons encore; de grandes nappes d'eau tranquille occupaient les cavités des chotts et des sebkhas aujourd'hui couvertes de sel. Puis, un jour, nous ne savons à la suite de quelle révolution à la surface du globe, les pluies ont cessé d'arroser abondamment le sol : la quantité d'eau tombée n'a plus fait équilibre à celle qui s'évaporait, et alors a commencé l'évolution vers le désert.

« Les grands fleuves recueillant moins d'eau ont diminué de volume; bientôt ils n'ont plus atteint en tout temps la mer ou le lac qui les recevait. Les uns ont reculé pas à pas vers leur source, *marquant d'une mare terminale chaque étape de leur retraite*. D'autres, surpris par la sécheresse avant d'avoir eu le temps d'égaliser le fond de leur lit, se sont réfugiés au fond des cavités que leur courant impétueux avait traversées. Ils se sont ainsi égrenés en un chapelet de lagunes, encore unies de loin en loin par une crue temporaire; puis, ces crues elles-mêmes ont disparu et les cavités se sont vidées. Aujourd'hui encore, des rivières vont mourir ainsi dans le désert. Lorsqu'on parcourt les plateaux uniformes du Sahara d'Oran, on aperçoit de temps en temps un lit de sable qui s'allonge entre deux berges rougeâtres et croulantes : c'est un des grands oueds descendus de l'Atlas. Quelques arbres, tamarins, térébinthes, en émaillent le fond; mais les galets, les débris de toute sorte arrêtés entre les branches prouvent qu'une forte rivière y coule de temps en temps. C'est ainsi que, le 1^{er} avril 1870, nos soldats ont vu l'oued Guir, large comme un bras de mer, rouler des vagues écumantes. Mais cette puissance ne dure pas. A mesure qu'on descend en aval, la pente des oueds diminue, les berges s'abaissent, l'eau diminuée s'étale, déjà apaisée dans le lit élargi. La rivière est fatiguée, disent les indigènes; en effet, elle bifurque en delta comme un fleuve près de sa fin. Bientôt chaque branche aboutit à une impasse, sans avoir la force de creuser plus loin. C'est là qu'elle agonise, pompée par l'évaporation, par le sable, en laissant une *daya*, cuvette tapissée de limon et de sel. Toutes les crues qui descendent vers le désert meurent ainsi, après 100 ou 120 kilomètres de cours. Les *daya* échelonnées d'amont en aval marquent les points où, selon les années, la rivière s'est arrêtée, vaincue par le climat. Seul, le grand Nil triomphe du Sahara et arrive amari, mais vivant, de l'autre côté du désert.

« Les lacs d'autrefois ont subi le même sort que les fleuves. Privés de leurs affluents, ils se sont graduellement rétrécis. Leur eau constamment réduite est devenue de plus en plus saumâtre, et l'on retrouve dans les limons du Melhirh les coquilles des *cardium* qui l'ont habité alors. Le sol, resté sans écoulement, s'est imprégné de sel, est devenu une steppe. La végétation a disparu par endroits. L'évaporation est devenue plus intense, en même temps que le rayonnement du sol dénudé. Les eaux, de plus en plus concentrées, chargées de sels amenés par les cours d'eau temporaires, sont devenues finalement plus salées que celles de la mer. Aujourd'hui, la transformation est faite. A l'exception de quelques petites vasques de dunes ou de rocher que remplissent périodiquement les pluies du Tassili et de l'Ahaggar, les rares nappes d'eau restées à la surface du Sahara sont salées. Lorsque M. Rohlf s'atteignit Bouseima, la deuxième des oasis de Koufra, il vit avec surprise miroiter un lac

proportions prodigieuses du débit de la rivière Rock au Wisconsin (Amérique), etc.⁽¹⁾ » L'Afrique centrale ne doit pas échapper à un phénomène qui paraît général. Certains indigènes, Tiari Dilibé, par exemple, chef de Farguimi, âgé de 45 ans, déclare n'avoir jamais vu les bahrs voisins de son village complètement asséchés avant ces dernières années; Mara Attami, chef de Bigueram, a entendu les anciens de l'archipel citer des cas d'assèchement, tels que celui que nous constatons actuellement; Malam Mahamet, chef d'Argué, âgé de 63 ans, en a observé d'analogues.

La disparition totale du Tchad en tant que lac n'aurait d'ailleurs qu'une influence médiocre, semble-t-il, sur ces régions. Le Tchad, en effet, n'est point un trait d'union entre les pays riverains, mais plutôt une barrière; très poissonneux, il est vrai, il fournit aux insulaires une nourriture saine et abondante, qui fait l'objet d'un certain trafic sur les marchés voisins. Mais c'est là une question presque secondaire. L'essentiel pour assurer aux habitants des îles une existence large et à notre action dans ces pays un certain intérêt économique est que, là, comme au désert, les pluies tombent en quantité suffisante, chaque année, pour permettre la germination des plantes et le renouvellement des pâturages destinés à nourrir les très nombreux troupeaux de bœufs de ces parages. Si cette condition est remplie, la disparition du Tchad en tant que lac n'aura rien changé au point de vue économique.

Pour résumer, nous dirons⁽²⁾ :

Le lac Tchad est soumis à des variations de niveau et de surface dues principalement aux variations des apports de ses tributaires.

aux eaux bleues, auquel les vagues semblaient faire une frange d'écume. Le lac n'était pas un mythe, mais l'écume était un mirage. Les eaux, d'une salure extrême, avaient déposé un large cordon de sel sur le rivage, et c'est sur cette bordure étincelante que les couches d'air échauffées se jouaient. Il en est de même de quelques petits lacs qui se cachent entre les grandes dunes du Fezzan : leurs eaux sombres et transparentes, où nagent des larves dorées, sont presque sirupeuses à force d'être denses, et l'on ne peut s'y plonger sans que le corps se recouvre d'une couche de sel. Le chaapelet de lagunes qui environne Siouah renferme une eau salée et amère, et les marais de boues salines qui les entourent prouvent qu'ils sont les restes d'une nappe plus grande, que l'évaporation a morcelée. L'on ne peut attribuer à une autre cause cette salure des eaux de surface, car l'eau douce se rencontre dans le sol au voisinage de l'eau salée. On la trouve en creusant la rive même du lac de Bouseïma, elle est à deux ou trois mètres du lac des Vers au Fezzân; elle remplit les trous que l'on creuse dans le sable près de la mare d'Aïn Taïba, dans les dunes de l'Erg. Ainsi l'eau abritée dans les profondeurs du sol est restée à peu près douce, tandis que l'eau de la surface a été concentrée par l'évaporation séculaire. » (SCHIRMER, *Le Sahara*, p. 108 à 113.)

⁽¹⁾ *La Géographie*, 15 mars 1907, p. 177 à 182.

⁽²⁾ Dans ce qui précède, on n'a donné aucun renseignement sur les îles permanentes, leur configuration, leurs dispositions relatives, leurs ressources, leurs habitants. Toutes ces questions ont été traitées déjà par les officiers qui ont séjourné au Tchad depuis 1902. On consultera avec intérêt, à cet égard, les travaux du capitaine Truffert, du lieutenant de vaisseau d'Huart, du lieutenant de vaisseau Audoin, du capitaine Tilho.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur la climatologie du Centre-Afrique et sur le Tchad lui-même, il paraît impossible de définir une loi périodique de ces variations.

Le Tchad, déversoir de fleuves puissants, continuera à subsister pendant une longue période de temps, au moins en tant que marais ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Au moment de la publication du présent travail, nous avons eu connaissance du rapport ci-dessous du capitaine Jean-Jean, commandant le cercle de N'Guigmi, sur les limites atteintes par la crue du Tchad en 1908 et 1909 :

« Le lac Tchad est soumis à une crue annuelle. Cette crue, due en majeure partie à la masse d'eau apportée par le Chari, n'atteint son maximum qu'après la saison des pluies, en général dans le courant du mois de novembre. L'eau met souvent sept mois à se retirer. Ceci explique pourquoi les pluies tombées cette année au mois de mai ont occasionné une petite crue à la fin de ce mois. Les indigènes riverains du lac en avaient conclu que les eaux arriveraient à recouvrir une grande partie de leur ancien lit, mais, le mois de juin ayant été particulièrement sec, les eaux se sont retirées.

« La dernière grande crue a eu lieu en 1899, les suivantes ont été de plus en plus faibles jusqu'en 1907. Celle de 1908, au contraire, a été plus sensible que la précédente. L'eau est venue à six kilomètres à l'Est de Bosso, à cinq kilomètres à l'Est de Baroa, à vingt-cinq kilomètres environ au S. E. de N'Guigmi.

« En se retirant, l'eau a formé des mares et des marais.

« A sept kilomètres de Bosso, à six de Baroa, dans la direction précitée, les marécages à fond vaseux arrêtent la marche. Aucun indigène ne possédant de pirogues, il est impossible de se rendre actuellement jusqu'à l'eau libre qui serait encore très loin, d'après les indigènes.

« La crue de cette année-ci semble devoir être plus précoce que celle de 1908 ; mais on ne pourra être fixé qu'au mois de décembre sur les points qu'elle atteindra. »

Signé : JEAN-JEAN.

VU ET TRANSMIS :

Zinder, le 29 octobre 1909.

Pour le Chef de bataillon Löffler, commandant la Région, en tournée,

Le Capitaine Dondon, chargé de l'expédition des Affaires,

Signé : DONDON.

CHARI.

TABLEAU DES Jaugeages. (FORT-LAMY, 1^{er} MARS 1908 - 28 FÉVRIER 1909.)

DATES.	NIVEAU MOYEN.	DÉBIT EN 5 JOURS.	DATES.	NIVEAU MOYEN.	DÉBIT EN 5 JOURS.
	mètres.	mètres cubes.		mètres.	mètres cubes.
1 ^{er} au 5 mars.....	0 74	64,996,992	2 au 6 septembre...	4 42	1,938,136,896
6 au 10.....	0 70	67,659,184	7 au 11.....	5 18	2,227,365,648
11 au 15.....	0 66	70,679,736	12 au 16.....	5 66	2,131,218,864
16 au 20.....	0 62	67,656,600	17 au 21.....	6 14	2,108,902,608
21 au 25.....	0 58	66,826,296	22 au 26.....	6 48	1,994,581,368
26 au 30.....	0 54	64,822,896	27 sept. au 1 ^{er} octobre	6 81	1,723,875,480
31 mars au 4 avril...	0 48	62,295,264	2 au 6.....	7 19	1,494,770,544
5 au 9.....	0 44	62,266,968	7 au 11.....	7 48	1,518,860,160
10 au 14.....	0 40	61,144,200	12 au 16.....	7 69	1,543,934,520
15 au 19.....	0 36	56,398,248	17 au 21.....	7 70	1,546,174,008
20 au 24.....	0 32	51,107,760	22 au 26.....	7 68	1,280,150,136
25 au 29.....	0 28	47,045,664	27 au 31.....	7 67	1,033,707,528
30 avril au 4 mai...	0 24	42,464,952	1 ^{er} au 5 novembre...	7 79	1,005,669,864
5 au 9.....	0 19	38,132,640	6 au 10.....	7 88	1,273,948,776
10 au 14.....	0 15	33,987,816	11 au 15.....	7 85	1,273,991,760
15 au 19.....	0 11	31,400,136	16 au 20.....	7 80	1,124,127,072
20 au 24.....	0 07	27,794,232	21 au 25.....	7 70	992,320,632
25 au 29.....	0 03	25,019,280	26 au 30.....	7 49	1,006,644,456
30 mai au 3 juin....	0 00	00,000,000	1 ^{er} au 5 décembre...	6 99	807,082,488
4 au 8.....	0 00	00,000,000	6 au 10.....	6 08	565,722,008
9 au 13.....	0 09	27,683,160	11 au 15.....	5 31	455,331,888
14 au 18.....	0 10	25,177,824	16 au 20.....	4 58	372,311,640
19 au 23.....	0 14	29,041,632	21 au 25.....	3 95	303,742,656
24 au 28.....	0 17	33,318,648	26 au 30.....	3 61	244,688,904
29 juin au 3 juillet...	0 30	41,555,808	31 déc. au 4 janvier..	3 33	276,471,144
4 au 8.....	0 53	57,431,808	5 au 9.....	3 05	314,122,536
9 au 13.....	0 85	90,015,408	10 au 14.....	2 82	352,714,176
14 au 18.....	0 92	99,306,000	15 au 19.....	2 58	333,680,472
19 au 23.....	1 03	126,533,880	20 au 24.....	2 34	293,687,856
24 au 28.....	1 40	186,622,920	25 au 29.....	2 13	292,054,248
29 juillet au 2 août...	1 76	233,323,528	30 janvier au 3 février	1 91	267,367,824
3 au 7.....	2 18	458,710,992	4 au 8.....	1 74	233,271,144
8 au 12.....	2 62	675,138,024	9 au 13.....	1 62	198,623,448
13 au 17.....	2 97	898,027,992	14 au 18.....	1 52	169,856,400
18 au 22.....	3 24	1,099,879,992	19 au 23.....	1 39	130,075,596
23 au 27.....	3 50	1,250,261,784	24 au 28.....	1 29	127,412,252
28 août au 1 ^{er} sept...	3 94	1,549,400,832	Total.....		40,823,727,196

KOMADOUGOU YOOBÉ.

TABLEAU DES JAUGEAGES. (BOSSO, 1907-1908.)

DATES.	NIVEAU MOYEN.	DÉBIT EN 5 JOURS.	DATE.	NIVEAU MOYEN.	DÉBIT EN 5 JOURS.
	mètres.	mètres cubes.		mètres.	mètres cubes.
27 au 31 août 1907..	0 045	47,520	5 au 9.....	1 490	16,107,120
1 ^{er} au 5 septembre...	0 155	61,344	10 au 14.....	1 505	16,167,600
6 au 10.....	0 265	190,080	15 au 19.....	1 500	15,967,152
11 au 15.....	0 380	433,296	20 au 24.....	0 970	8,575,200
16 au 20.....	0 490	984,528	25 au 29.....	0 740	4,805,136
21 au 25.....	0 595	1,627,776	30 nov. au 4 décembre	0 565	2,430,864
26 au 30.....	0 670	2,332,800	5 au 9.....	0 460	1,378,512
1 ^{er} au 5 octobre.....	0 820	3,637,440	10 au 14.....	0 355	636,336
6 au 10.....	0 925	4,898,016	15 au 19.....	0 240	260,064
11 au 15.....	1 035	6,419,952	20 au 24.....	0 145	46,656
16 au 20.....	1 145	8,172,576	25 au 29.....	0 050	9,936
21 au 25.....	1 240	9,891,072	29 déc. au 3 janvier..	0 020	1,944
26 au 30.....	1 350	12,093,840	4 au 8.....	0 005	81
31 oct. au 4 novembre.	1 465	14,608,512	TOTAL.....		131,785,352

OBSERVATIONS EFFECTUÉES À MAO (KÂNEM).

1^o NIVEAU DE L'EAU DANS L'UN DES Puits DU JARDIN À 7 HEURES DU MATIN.2^o DIRECTION DU VENT AU MOMENT DE L'OBSERVATION.3^o FORCE DU VENT AU MOMENT DE L'OBSERVATION.

DATES.	NIVEAU DE L'EAU à l'échelle. mètres.	DIRECTION DU VENT.	FORCE du VENT.	OBSERVATIONS.
MAI 1908.				
18 mai.....	2 170	Nord-Est.	2	L'échelle hydrométrique est graduée de haut en bas; le zéro est arbitraire.
19.....	2 175	Nord-Est.	3	
20.....	2 180	Est.	2	
21.....	2 180	Sud.	2	
22.....	2 180	Sud-Ouest.	2	
23.....	2 180	Sud-Ouest.	4	
24.....	2 185	Ouest.	4	
25.....	2 185	Sud-Est.	2	
26.....	2 190	Est.	1	
27.....	2 190	Ouest.	2	
28.....	2 175	Sud.	3	
29.....	2 198	Ouest.	2	
30.....	2 195	Sud-Ouest.	4	Quelques gouttes d'eau.
31.....	2 190	Sud-Ouest.	4	Petite pluie pendant environ 30 minutes.
JUIN 1908.				
1 ^{er} juin.....	2 190	Sud.	1	L'échelle hydrométrique est graduée de haut en bas; le zéro, choisi arbitrairement, est le même que pour le mois précédent.
2.....	2 188	Ouest.	3	
3.....	2 193	Ouest.	4	
4.....	2 195	Sud-Ouest.	2	
5.....	2 195	Ouest.	2	
6.....	2 195	Sud-Ouest.	3	
7.....	2 198	Calme.	0	
8.....	2 193	Ouest.	4	
9.....	2 193	Ouest.	4	
10.....	2 190	Sud-Ouest.	2	Petite pluie à 7 heures du soir pendant environ 30 minutes.
11.....	2 188	Ouest.	4	
12.....	2 185	Ouest.	1	
13.....	2 188	Nord-Ouest.	2	
14.....	2 193	Nord.	3	
15.....	2 195	Sud-Ouest.	2	
16.....	2 185	Est.	1	
17.....	2 182	Calme.	0	
18.....	2 182	Ouest.	4	

DATES.	NIVEAU DE L'EAU à l'échelle.	DIRECTION DU VENT.	FORCE du VENT.	OBSERVATIONS.
	mètres.			
JUN 1908. (Suite.)				
19 juin.....	2 192	Ouest.	4	
20.....	2 190	Sud-Ouest.	6	
21.....	2 185	Sud.	3	
22.....	2 190	Ouest.	2	
23.....	2 190	Ouest.	4	
24.....	2 192	Sud-Ouest.	2	
25.....	2 195	Sud-Ouest.	3	
26.....	2 195	Ouest.	3	
27.....	2 200	Ouest.	2	
28.....	2 200	Sud-Ouest.	4	Petite pluie d'environ 15 minutes à 4 heures du soir.
29.....	2 200	Sud-Ouest.	4	A 4 ^h 15 du soir, forte tornade de sable pendant 45 minutes.
30.....	2 190	Ouest.	4	A 5 ^h du soir, forte pluie pendant une 1/2 heure.
JUILLET 1908.				
1 ^{er} juillet.....	2 195	Ouest.	2	L'échelle hydrométrique est graduée de haut en bas; le zéro est celui des mois précédents.
2.....	2 200	Ouest.	2	
3.....	2 195	Ouest.	3	
4.....	2 195	Sud-Ouest.	3	
5.....	2 200	Nord-Est.	1	
6.....	2 200	Sud-Ouest.	2	
7.....	2 200	Ouest.	1	
8.....	2 190	Ouest.	2	
9.....	2 195	Sud-Ouest.	3	Forte pluie de 3 ^h 40 à 4 ^h 15.
10.....	2 180	Sud-Ouest.	3	
11.....	2 185	Sud-Ouest.	4	
12.....	2 190	Sud-Ouest.	4	
13.....	2 190	Ouest.	4	
14.....	2 190	Sud-Ouest.	2	
15.....	2 190	Sud-Ouest.	4	
NOTA. Les observations, à partir du départ de la mission, ont été confiées aux autorités locales de Mao; elles ne nous sont pas encore parvenues.				

OBSERVATIONS JOURNALIÈRES ⁽¹⁾

DES VARIATIONS DU NIVEAU DE L'EAU D'UN PUIT SITUÉ PRÈS DE L'ANCIEN LIT DU TCHAD
À 600 MÈTRES ENVIRON DU POSTE MILITAIRE DE N'GUIGMI.

DATES.	NIVEAU de L'EAU.	DIRECTION DU VENT.	FORCE du VENT.	OBSERVATIONS.
	mètres.			
SEPTEMBRE 1908.				
1 ^{er} sept..	0 580	Ouest.	1	L'échelle hydrométrique est graduée de bas en haut; le zéro est arbitraire.
2.....	0 570	Ouest.	1	
3.....	0 570	Ouest.	1	
4.....	0 530	Ouest.	1	
5.....	0 520	Sud-Ouest.	1	Pluie de 6 ^h 10 à 6 ^h 25 soir.
6.....	0 520	Sud-Ouest.	1	
7.....	0 550	Sud-Ouest.	1	
8.....	0 590	Nord-Ouest.	2	
9.....	0 580	Nord-Ouest.	1	Pluie très forte pendant la nuit.
10.....	0 570	Sud-Ouest.	1	
11.....	0 550	Sud-Ouest.	1	
12.....	0 550	Sud-Ouest.	1	
13.....	0 550	Sud-Ouest.	1	Pluie de 5 ^h 10 à 5 ^h 20 soir.
14.....	0 550	Sud-Ouest.	1	
15.....	0 540	Nord-Est.	1	
16.....	0 530	Est.	2	
17.....	0 520	Sud-Ouest.	1	Pluie très forte de 3 ^h 30 à 5 ^h 10 soir.
18.....	0 520	Sud-Ouest.	1	
19.....	0 520	Sud-Ouest.	1	
20.....	0 510	Sud-Ouest.	1	
21.....	0 510	Sud-Ouest.	1	
22.....	0 510	Sud-Ouest.	1	
23.....	0 510	Est.	3	
24.....	0 760	Nord-Ouest.	2	
25.....	0 760	Sud-Ouest.	1	
26.....	0 750	Sud-Ouest.	1	
27.....	0 740	Sud-Ouest.	1	
28.....	0 740	Sud-Ouest.	1	
29.....	0 730	Sud-Ouest.	1	
30.....	0 730	Sud-Ouest.	1	

(1) Effectuées sous la direction du commandant du poste de N'Guigmi. Les observations de septembre 1908 nous sont seules parvenues.

DEUXIÈME PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE ASTRONOMIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

NOS TRANSPORTS DU TEMPS DANS LA RÉGION DU TCHAD.

§ I. GÉNÉRALITÉS.

Nous nous proposons d'exposer dans ce chapitre la méthode de transport du temps que nous avons adoptée pour déterminer nos différences de longitude entre le Niger et le lac Tchad, au cours de notre mission de délimitation, et les résultats que nous avons obtenus pour la région du Tchad. Les vérifications de ces résultats, que nous avons pu faire en divers points par des méthodes distinctes : télégraphe, occultations, arpentage, ont montré des concordances que nous étudierons ultérieurement et nous autorisent à les présenter avec confiance. La précision avec laquelle ont été obtenues nos déterminations de longitude par le transport du temps, à l'aide de montres de torpilleur, ont d'ailleurs fait l'objet d'une note que M. le Commandant Guyon a bien voulu présenter à l'Académie des Sciences à sa séance du 6 décembre 1909.

Nous avons déterminé toutes les différences de longitude servant à établir le canevas astronomique de notre carte de la région du Tchad par le transport du temps. Les longitudes ont été rapportées provisoirement au méridien du centre de Koukaoua (signal Jackson)⁽¹⁾.

Trois réseaux distincts composent notre réseau général; ils ont des sommets communs qui leur permettent de se contrôler mutuellement. Ces trois réseaux sont :

Réseau Lauzanne 1907-1908;

Réseau Vignon 1907-1908;

Réseau Tilho 1904;

Un quatrième réseau (Mailles et Dardignac 1906-1907) se relie aux trois premiers et les complète dans la zone Chari inférieur.

Ces réseaux ont présenté, pour leurs points communs, les concordances les

⁽¹⁾ La longitude de Koukaoua a été déterminée au moyen de 23 observations d'occultations d'étoile par la Lune (voir chap. II. Occultations, p. 244).

plus satisfaisantes, montrant, à n'en pas douter, qu'il ne doit plus rien subsister de la prévention qui s'attachait, il y a peu d'années encore, aux transports du temps effectués au cours de voyages à terre, à la condition, toutefois, de prendre constamment et méticuleusement toutes les précautions matérielles que nous indiquons d'autre part (voir p. 121 et suivantes) et qui concernent :

Le gainage des montres ;

Le transport et la surveillance des montres pendant les journées de route ;

La promenade quotidienne des montres pendant les journées de stationnement.

Le problème général de la détermination des différences de longitude par le transport du temps peut s'énoncer ainsi :

On a observé aux différents lieux A, B, C. . . un ou plusieurs états d'une série de montres 0, 1, 2 . . . sur le temps local (moyen ou sidéral). Ces montres ont d'ailleurs été comparées chaque jour à la montre étalon que nous désignons par 0. Déterminer les différences de longitude des lieux A, B, C.

On dispose, pour faire cette détermination, de deux sortes de données :

1° Les *états* ou corrections des montres sur le temps (moyen ou sidéral) du lieu correspondant ;

2° Les *comparaisons journalières* ou différences 1-0, 2-0, etc. des heures des montres 1, 2, etc. et de la montre 0 ⁽¹⁾.

Ces données se rapportent d'ailleurs à des *heures connues de la montre étalon* 0.

On peut opérer soit sur ces données directement, soit sur des quantités qui en dérivent et qui sont :

1° Les *marches moyennes* par 24 heures de la montre étalon, ou différences de deux états consécutifs obtenus en un même lieu, divisées par les intervalles correspondants, évalués en jours de la montre étalon ;

2° Les *marches relatives* par 24 heures de la montre étalon, ou différences entre les comparaisons du jour et celle de la veille, ramenées par une proportion à correspondre à 24^h de la montre étalon.

Dans les deux cas, c'est la *méthode graphique* qui permet de résoudre le problème de la manière la plus simple et aussi la plus exacte.

Toutes nos différences de longitude ont été obtenues en opérant sur les *marches* des montres. Il nous a cependant paru intéressant, au cours de la rédaction de nos travaux, de rechercher si l'emploi de la méthode utilisant

⁽¹⁾ Nous négligeons ici les corrections de température dont on aura rarement à se servir à terre, les variations de température étant trop rapides pour qu'on puisse évaluer leurs effets (voir p. 124). Il serait du reste très facile d'en tenir compte en modifiant les données et sans rien changer à ce qui suit.

les *états* n'entraînerait pas des calculs plus simples ou des résultats plus précis.

Nous avons donc été amenés, dans les lignes qui vont suivre, à examiner successivement :

1° La méthode employée sur le terrain pour nos déterminations de longitude (méthode des *marches*) ;

2° La méthode dite des *états*, et son application à quelques-uns de nos transports du temps ;

3° Les valeurs respectives de ces deux méthodes et la conclusion pratique qui s'en dégage.

L'exposé de ces méthodes est, naturellement, présenté dans ce compte rendu sans aucune préoccupation didactique, et a seulement pour but de préciser les principes généraux que nous nous sommes efforcés de suivre.

HEURE LOCALE.

L'heure locale s'obtient, avec une précision plus ou moins grande, par observations de hauteurs d'astres, à l'aide d'instruments de mesure d'angles verticaux, tels que : sextant, théodolite, astrolabe à prisme. Les observations d'étoiles sont les meilleures.

L'instrument dont la manipulation est le plus commode en campagne et qui donne en même temps la plus grande précision est l'astrolabe à prisme système Claude et Driencourt.

Au cours de notre mission, nos officiers géodèses, MM. les capitaines Vignon et Lauzanne, se sont exclusivement servis de ce dernier instrument pour leurs déterminations d'heures locales ; nous-même, assisté du sous-lieutenant Richard, avons quelquefois utilisé dans le même but le théodolite, pour observer soit des étoiles de l'Est et de l'Ouest, soit, dans tous les azimuts, des hauteurs égales d'étoiles. Mais le théodolite nous a surtout servi pour nos déterminations d'azimuts géographiques. Comme montres, nous ne disposions que de neuf montres de torpilleur, réglées sur le temps moyen, réparties en deux groupes, et d'une montre sidérale qui nous avait été obligeamment prêtée par notre collègue de la mission anglaise, le major O'Shee.

La détermination des *états* de nos montres sur le temps local dépendait évidemment :

1° De la précision avec laquelle étaient obtenus les *états* du compteur ;

2° De la précision avec laquelle étaient effectuées les comparaisons du compteur et des autres montres.

État du compteur sur le temps local. — Abstraction faite de l'équation personnelle, l'erreur à craindre sur la détermination de l'état du compteur sur

le temps local (moyen ou sidéral) à l'aide de nos astrolabes ⁽¹⁾ ne saurait avoir dépassé, dans les circonstances *les plus défavorables*, $0^{\circ}1$ à $0^{\circ}2$.

Comparaisons des montres et du compteur. — Les erreurs affectant l'état des montres et résultant de ces comparaisons sont de deux sortes :

- a. Celles provenant du fait de l'observateur;
- b. Celles provenant du fait du constructeur.

a. — Un observateur entraîné et attentif à éviter les erreurs accidentelles dues à un éclairage defectueux, à la parallaxe, etc., peut apprécier aisément le $1/10^{\circ}$ de seconde, surtout s'il est seul à prendre les comparaisons.

On sait aussi que, lorsqu'on dispose à la fois de montres sidérales et de montres temps moyen, on peut, par la méthode des coïncidences, arriver à obtenir des comparaisons exactes à moins de $0^{\circ}01$, à la condition que les battements soient très nets et à peu près de même intensité. Avec des montres de torpilleurs dont les battements sont très rapprochés et parfois assez faibles, il est presque nécessaire, pour appliquer cette méthode, de disposer de microphones, d'un téléphone et d'une boîte de résistances. Mais ce matériel nous faisait défaut. D'autre part, nous n'avons eu la montre sidérale que pendant une partie de la mission seulement : nous n'avons donc pas pu utiliser cet excellent procédé de comparaison.

b. — Mais les erreurs provenant des défauts du cadran et du centrage de l'aiguille des secondes pouvaient atteindre des valeurs bien plus importantes que celles provenant du fait de l'observateur.

Voici, en effet, ce que nous avons observé :

Nos montres de torpilleur étaient munies d'un balancier battant 300 oscillations simples en une minute. Donc, théoriquement, si nous commençons à compter les battements d'une montre à partir de celui pour lequel l'aiguille des secondes coïncidait exactement avec une certaine division du cadran des secondes, à chaque multiple de 5, l'aiguille devait correspondre à une division de ce cadran.

En fait, il n'en était rien : à chaque multiple de 5, l'aiguille se trouvait écartée de la division correspondante du cadran d'une certaine quantité ε qui est une fonction périodique du nombre de battements; elle passait par un maximum et un minimum et devenait nulle après une minute, lorsque l'aiguille était revenue à la division origine.

Cette discordance périodique ne pouvait être attribuée qu'à l'excentricité de l'aiguille des secondes.

⁽¹⁾ Dans tout ce qui va suivre, le mot « astrolabe » employé seul désignera « astrolabe à prisme système Claude et Driencourt ».

Cette excentricité résulte d'ailleurs de causes multiples, à savoir :

Imperfection du centrage initial ;

Glissement du cadran par rapport au pivot de l'aiguille ;

Obliquité de l'axe de l'aiguille par rapport au plan du cadran, au-dessus duquel il a une hauteur sensible.

Elle se manifeste expérimentalement lorsque l'on suit des yeux l'extrémité de la trotteuse pendant un tour de cadran : on la voit très nettement empiéter de quantités variables sur la circonférence de la graduation, suivant ses positions.

Les erreurs provenant de cette excentricité ont pu être calculées (fig. 1) :

En effet, soient O le centre du cadran et O' la projection sur le cadran du point autour duquel pivote la trotteuse, $OO' = \omega$ représentera l'excentricité de l'aiguille. Soit $O'T$ une position quelconque de cette aiguille faisant avec la direction OO' un angle variable α ; si l'aiguille avait été bien centrée, elle occuperait la position OT' et l'erreur de lecture qui en résulte est $TT' = \varepsilon$.

On a évidemment : $\varepsilon = \omega \sin \alpha$ (la différence entre l'arc ε et sa tangente étant insensible).

Il s'ensuit que nous avons :

$$\text{Erreur maxima : } \varepsilon = \pm \omega \text{ pour } \alpha = \begin{cases} 15 \text{ secondes.} \\ 45 \text{ —} \end{cases}$$

$$\text{Erreur minima : } \varepsilon = 0 \text{ pour } \alpha = \begin{cases} 0 \text{ secondes.} \\ 30 \text{ —} \end{cases}$$

(les arcs $A + 15 s.$, $A + 30 s.$, $A + 45 s.$, étant évidemment égaux respectivement à 90° , 180° et 270° , par rapport à la direction OO').

Il y a donc le plus grand intérêt à connaître, pour chaque montre, la direction OO' pour laquelle, l'erreur due à l'excentricité étant nulle, les comparaisons offriront le maximum de garanties.

Imaginons la droite $\overline{O'60}$ qui, prolongée, rencontre le cadran au point N' et la droite $\overline{ON}$ parallèle à $\overline{O'60}$.

Appelons γ l'angle $\widehat{AO'60}$, η l'arc $\widehat{60N}$. Il est bien évident que la trotteuse, centrée en O' , partant du point A et atteignant la division 60 aurait atteint le point N si elle avait été centrée en O . L'erreur, à ce moment, est représentée

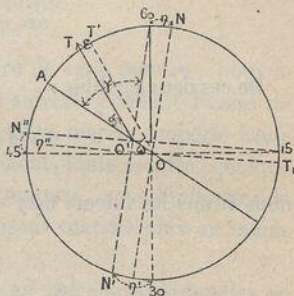


Fig. 1.

par l'arc η et est égale à $\omega \sin \gamma$; un demi-tour de cadran plus tard, l'aiguille sera arrivée en N' et l'erreur sera alors doublée, c'est-à-dire :

$$\text{arc } \eta' = 2 \eta = 2 \omega \sin \gamma.$$

De même, si nous imaginons la ligne $O'15$ prolongée en N'' , nous aurons pour erreur, lorsque l'aiguille atteindra le point N'' :

$$\text{arc } \eta'' = 2 \text{ arc } 15 T_1 = 2 \omega \cos \gamma.$$

De ces deux égalités :

$$\eta' = 2 \omega \sin \gamma \quad \text{et} \quad \eta'' = 2 \omega \cos \gamma$$

nous tirons les valeurs de γ et ω , savoir :

$$\begin{aligned} \lg \gamma &= \frac{\eta'}{\eta''} \\ \omega &= \pm \frac{1}{2} \sqrt{\eta'^2 + \eta''^2}. \end{aligned}$$

Or, les quantités η' et η'' sont faciles à déterminer pour chaque montre : il suffit, pour cela, de compter 150 battements, en prenant successivement pour origines la division 0 et la division 15, et de relever la valeur des arcs $\widehat{30-N'}$ et $\widehat{45-N''}$. Ces arcs seront positifs ou négatifs, suivant qu'ils seront au delà ou en deçà des divisions 30 et 45. Par suite, $\sin \gamma$ et $\cos \gamma$ prendront respectivement les signes de η et de η' , et il n'y aura aucune ambiguïté pour la détermination de l'angle γ .

Nous avons fait le calcul pour cinq de nos montres (capitaine Lauzanne) et nous avons trouvé :

CONSTRUCTEUR.	NUMÉROS des MONTRES.	η'	η''	γ	ω
Leroy.....	5889	+ 0,25	- 0,40	24°, 7	0,24 ou 0 ^{mm} , 19
Leroy.....	5888	+ 0,20	- 0,25	23 5	0 16 ou 0 13
Leroy.....	5199	+ 0,40	- 0,35	21 8	0 27 ou 0 21
Rodanel.....	68441	+ 0,05	- 0,30	28 5	0 15 ou 0 12
Usher and Cole.....	30658	- 0,11	+ 0,44	57 7	0 23 ou 0 18

Ayant ainsi pris toutes nos précautions pour éliminer, autant qu'il était en notre pouvoir, les diverses causes d'erreur dans nos déterminations d'état des

montres sur le temps local, nous sommes fondés à penser que l'état du comp-
teur nous était connu à 0^s.1 près, et celui d'une montre quelconque à 0^s.2 près,
au moment où venait de s'effectuer l'observation.

Il nous reste maintenant à indiquer avec quelle approximation nous avons
pu obtenir nos marches de montres.

§ II. MARCHES DES MONTRES.

La marche d'une montre est l'avance ou le retard de cette montre, pour le
temps sur lequel elle a été réglée (vrai, moyen ou sidéral) pendant l'unité de
temps : jour, heure, minute, etc. La constance de cette marche importe seule
pour la détermination des longitudes. Malheureusement, toute montre, quelque
soignée qu'ait pu être sa fabrication, présente toujours, sous l'influence de
causes permanentes ou accidentelles, des variations de marche plus ou moins
notables.

Parmi les causes perturbatrices de la marche, il en est contre lesquelles on
est absolument désarmé, surtout en campagne; ce sont principalement : l'usure
des pivots et des engrenages, les changements lents d'état moléculaire des
parties vitales de la montre, l'épaississement progressif des huiles, les dilata-
tions et contractions successives des rouages provenant des changements de
température, etc.; mais il en est d'autres qui peuvent être plus ou moins atté-
nuées par des soins et de la surveillance; par exemple, les mouvements circu-
laires, secousses ou chocs accidentellement imprimés aux montres.

SOINS DONNÉS AUX MONTRES PENDANT CETTE CAMPAGNE.

Gainage. — Chacune de nos montres était solidement assujettie dans l'é-
crin spécial en bois, du modèle ordinaire, des montres de torpilleur. Mais cet
écrin ne constituant qu'une protection insuffisante, nous avons assuré la protec-
tion supplémentaire indispensable de la façon suivante :

a. L'ensemble des montres destinées à un même observateur était enfermé
dans une première boîte capitonnée et compartimentée où étaient logés les
écrins, de telle sorte qu'ils ne puissent ni s'entrechoquer accidentellement, ni
jouer dans leur logement; en outre, un thermomètre placé à l'intérieur de cette
boîte avait pour but de nous renseigner sur la température supportée par les
montres dans l'intervalle entre deux observations ⁽¹⁾.

(1) En raison des chocs ou secousses inévitables pendant le transport, il ne nous a pas paru que
l'emploi d'un thermomètre à maxima et à minima ait été susceptible de nous donner des ren-
seignements plus précis qu'un simple thermomètre centigrade.

b. Cette boîte était à son tour logée sans le moindre jeu dans une deuxième boîte capitonnée servant d'enveloppe protectrice ⁽¹⁾.

c. Enfin tout cet appareil était entouré d'une épaisse couverture de laine assujettie au moyen de larges courroies de cuir et ayant pour but d'amortir l'action des rayons solaires et du refroidissement nocturne et de préserver les montres des poussières et des intempéries ⁽²⁾.

Ainsi équipée, la « boîte aux montres » avait approximativement 60^{cm} de longueur sur 30 de largeur et 20 de hauteur et pesait environ 15^{kg}.

Transport et surveillance des montres pendant les journées de route.

— Pendant tout le cours de la Mission, le transport de chacune de nos boîtes aux montres n'a pas été confié à un porteur quelconque, recruté d'étape en étape, mais bien à un employé indigène de la Mission, robuste, sérieux et dévoué, toujours le même et placé continuellement sous la surveillance directe et immédiate d'un Européen; ce porteur se mettait en route ou s'arrêtait au commandement de l'Européen; une consigne précise lui avait été donnée pour qu'il évitât d'une façon absolue de tourner la tête au cours de son service, afin de ne pas donner aux montres de mouvements circulaires. Au moment de la mise en route, la boîte aux montres était placée avec précaution sur la tête du porteur par l'Européen lui-même; aux haltes ou à l'arrivée à l'étape, elle était déposée à terre dans les mêmes conditions; pendant la durée du stationnement, elle était placée sur une cantine ou sur une table, autant que possible sous un abri (arbre, tente ou paillotte) pour la soustraire à l'influence de la réverbération du soleil sur le sol et à celle du refroidissement nocturne; elle restait toujours sous la surveillance directe de l'officier. La boîte était ouverte le soir vers 6^h 1/2 pour le remontage et les comparaisons journalières des montres; les jours d'observation astronomique, elle était rouverte aussitôt après l'observation pour obtenir une nouvelle comparaison du compteur et des montres.

Notons toutefois que dans les régions désertiques, en raison des fatigues exceptionnelles qu'entraînaient pour le porteur des montres la longueur des étapes, la nature du sol (sable très meuble), la haute température, la rareté de l'eau, les difficultés du ravitaillement, etc., les montres étaient portées, tour à tour, par plusieurs indigènes se relayant dans le même ordre et montés à chameau quand ils n'étaient pas de service.

(1) Le capitonnage en fibre de bois, qui éteint plus complètement les vibrations provenant de chocs, nous a paru de beaucoup supérieur au capitonnage de matières élastiques.

(2) La boîte aux montres du capitaine Lauzanne a essuyé de la façon la plus complète les pluies de deux fortes tornades (29 juillet et 5 août 1908) sans être mouillée intérieurement et sans que les marches des montres aient paru en être influencées.

Promenade des montres pendant les journées de stationnement. —

Nous venons de voir que nos montres, au cours d'une même journée de route, se trouvaient dans des conditions différentes, route et soleil, station et ombre; il devait en résulter naturellement, pour leur fonctionnement, des perturbations qui venaient s'ajouter aux causes permanentes de variation journalière d'état de ces montres. Ne pouvant pas calculer l'importance de ces perturbations, nous avons pensé qu'il était préférable de les introduire continuellement dans nos déterminations de marches de montres; pour cela, pendant les journées de stationnement, les montres, au lieu d'être laissées au repos au campement, continuaient à être portées chaque jour par l'employé habituel, sous la surveillance d'un Européen, pendant un temps égal à la durée d'une étape moyenne (4 à 5^h). Cette opération, appelée *promenade des montres*, avait lieu le matin ou le soir, ou encore matin et soir, suivant les conditions dans lesquelles s'étaient effectuées les étapes précédentes; de cette façon, les montres se sont trouvées autant que possible dans des conditions chaque jour identiques, afin d'assurer, dans la mesure réalisable, la constance de leurs marches respectives dans un même circuit chronométrique⁽¹⁾.

Ces dispositions paraissent avoir eu une influence heureuse sur les marches qui n'ont pas éprouvé, en général, de variations anormales; en revanche, elles offraient l'inconvénient de supprimer toute journée complète de repos à l'Européen et au porteur de montres.

Comme les étapes journalières avaient forcément une durée variable et que les conditions atmosphériques étaient parfois très différentes de la veille au lendemain — surtout pendant la saison des pluies — il parut intéressant de rechercher l'influence qu'auraient sur les marches des montres : 1° la modification du mode de promenade; 2° la suppression de la promenade au cours des journées de stationnement. Nous devons en effet envisager le cas où, pour raison de sécurité ou toute autre cause, il serait impossible de laisser s'éloigner quelqu'un du campement. En conséquence, on substitua, dans une première étude, à la promenade sur un itinéraire quelconque une promenade de même durée autour du campement, l'Européen exerçant sa surveillance du campement même. Puis, dans une deuxième étude, on supprima complètement toute promenade des montres.

La promenade autour du camp avait lieu suivant une vaste ellipse peu aplatie, choisie de manière à éviter les changements brusques de direction.

⁽¹⁾ *Circuit chronométrique.* — Les transports du temps effectués par notre Mission sur près de 16 degrés de longitude ont été exécutés par sections de longueur variable (un 1/3 degré environ dans les régions habitées) comprenant 4 à 5 points d'observation en moyenne. Après avoir assuré les observations astronomiques dans une section, les observateurs avaient à compléter le travail topographique de cette section avant de passer à la suivante. Nous désignons sous le nom de «circuit chronométrique» le polygone formé dans chaque section par les points où furent effectuées les observations astronomiques en vue du transport du temps.

Le capitaine Vignon estime que, dans ces conditions, ses montres ont continué à avoir une marche satisfaisante et que la substitution de la promenade autour du camp à la promenade sur la route ne présente aucun inconvénient.

Par contre, le capitaine Lauzanne estime que la promenade autour du campement ne saurait mettre les montres dans les mêmes conditions que pendant le transport en cours d'étapes et que les marches ainsi obtenues ne donnent que des renseignements incertains sur les marches des montres en route.

Tout autres sont les marches déterminées au cours de reconnaissances par la fermeture d'un polygone à la suite de deux passages successifs au même point. Celles-ci présentent de plus grandes garanties que les précédentes et leurs indications ont été naturellement utilisées avec un plus grand poids, non seulement pour les points situés à l'intérieur, mais encore pour ceux situés à l'extérieur du polygone.

Il y a, d'autre part, tout intérêt à multiplier les marches diurnes vraies. Les nécessités matérielles de la route, comme : le ravitaillement, le repos périodique du personnel et des animaux, etc., exigent des arrêts courts, mais fréquents. Il convient donc, au point de vue astronomique, d'utiliser ces arrêts en déterminant une marche de montres qui permettra : 1° de ne pas augmenter, sans nécessité, la durée du transport du temps; 2° d'avoir une indication sur la façon dont se sont comportées les montres en cours de route.

Quant à la suppression de la promenade, elle entraîne pour les montres une marche de stationnement différant, à la fois, des marches en route et en promenade autour du camp.

Influence de la température. — Quelque importance qu'il y ait lieu d'attribuer à cette cause d'irrégularité dans la marche des montres, il nous a été impossible d'en tenir compte, faute de pouvoir l'évaluer.

Les variations de température auxquelles étaient soumises nos montres étaient en effet trop brusques et trop considérables pour qu'on puisse songer à calculer leurs effets.

Dans son *Cours d'astronomie pratique* (1^{re} partie, p. 265), M. Caspari propose diverses méthodes de détermination des marches en tenant compte de la température (méthode de M. Daussy et de M. Vincendon-Dumoulin, procédé graphique de M. Mouchez), mais toutes ces méthodes supposent la proportionnalité des variations de marches à celles du thermomètre et, par suite, une variation thermométrique journalière ne dépassant pas 3 ou 4 degrés.

Or, malgré les précautions prises (triple boîte, entourage en laine, arrêts à l'ombre, etc.), après une marche de plusieurs heures en plein soleil, la température intérieure de la boîte aux montres était encore parfois, vers 6 heures

du soir, de 38 degrés centigrades, laissant supposer une température maxima de 40 à 42 degrés pour les heures les plus chaudes de l'après-midi. Puis, elle descendait brusquement de plus de 20 degrés au moment où nous ouvrons les boîtes pour remonter les montres et prendre les comparaisons précédant et suivant l'observation.

De l'expérience faite par le constructeur avant notre départ, il résultait que nos montres avaient sensiblement conservé la même marche en passant de la température de la glace fondante à celle d'une étuve chauffée à 35 degrés; en dehors de ces limites, elles avaient manifesté quelque trouble. Nous avons donc fait tous nos efforts pour ne pas dépasser cette température en cours de route, nous y avons généralement réussi. Mais ce qu'il était impossible d'éviter, c'était la saute brusque de température qui avait lieu le soir au moment de l'ouverture des boîtes, pour le remontage, la comparaison et l'observation astronomique, saute dont il nous était bien difficile d'évaluer l'influence, bien que cette influence nous paraisse, *a priori*, dominante dans les variations de marches accusées par nos montres.

Marche diurne vraie. Approximation. — La valeur de la marche diurne d'une montre s'obtient en comparant, à 24 heures d'intervalle, les états de cette montre sur le temps local déduit des observations faites pendant ces deux jours.

Ces observations donnent pour le compteur M :

$$\text{État du 1}^{\text{er}} \text{ jour } ^{(1)} : E_1 = T_1 \pm 0^s, 1;$$

$$\text{État du 2}^{\text{e}} \text{ jour : } E_2 = T_2 \pm 0^s, 1;$$

$$\text{Marche du compteur : } m = T_1 - T_2 \pm 0^s, 2.$$

Elles donnent pour une montre quelconque M', dont les comparaisons avec le compteur au moment des observations sont respectivement :

$$(M' - M)_1 = k_1 \pm 0^s, 1;$$

$$(M' - M)_2 = k_2 \pm 0^s, 1;$$

$$\text{État de la montre M' le 1}^{\text{er}} \text{ jour : } E'_1 = T_1 \pm 0^s, 1 + k_1 \pm 0^s, 1;$$

$$\text{État de la montre M' le 2}^{\text{e}} \text{ jour : } E'_2 = T_2 \pm 0^s, 1 + k_2 \pm 0^s, 1;$$

$$\text{Marche de la montre M' : } m' = T_1 - T_2 + k_1 - k_2 \pm 0^s, 4.$$

⁽¹⁾ Signification des notations employées : E, E', E''.... représentent l'état sur le temps local des montres M, M', M''.... les indices correspondent au rang des observations; m, m', m''... représentent les marches diurnes des montres M, M', M''....; T avec son indice représente le résultat brut du calcul d'observation.

Nous en concluons que la marche diurne du compteur nous est connue avec une approximation de $0^s,2$ et la marche diurne d'une autre montre avec une approximation de $0^s,4$ ⁽¹⁾.

Marche moyenne diurne obtenue par deux observations en un même lieu à p jours d'intervalle. — Ces observations donnent pour le compteur M :

$$\text{État de } M \text{ le } 1^{\text{er}} \text{ jour : } E_1 = T_1 \pm 0^s,1;$$

$$\text{État de } M \text{ le } p^{\text{e}} \text{ jour : } E_p = T_p \pm 0^s,1;$$

$$\text{Marche moyenne diurne de } M : m = \frac{T_1 - T_p \pm 0^s,2}{p}.$$

Elles donnent pour une montre M' dont les comparaisons au compteur K sont :

$$(M' - M)_1 = k_1 \pm 0^s,1;$$

$$(M' - M)_p = k_p \pm 0^s,1;$$

$$\text{État de } M' \text{ le } 1^{\text{er}} \text{ jour : } E'_1 = T_1 \pm 0^s,1 + k_1 \pm 0^s,1;$$

$$\text{État de } M' \text{ le } p^{\text{e}} \text{ jour : } E'_p = T_p \pm 0^s,1 + k_p \pm 0^s,1;$$

$$\text{Moyenne diurne de } A : m' = \frac{T_1 - T_p + k_1 - k_p}{p} \pm \frac{0^s,4}{p}.$$

Il semble donc, *a priori*, que l'approximation devrait être d'autant plus grande que l'intervalle entre les observations sera lui-même plus grand. Mais ce n'est là qu'une apparence, car il convient de remarquer que nous obtenons ainsi,

non la *marche diurne vraie* pour chaque jour, mais une *marche diurne moyenne* qui en diffère plus ou moins tous les jours. Prenons pour abscisses les jours et pour ordonnées les marches diurnes (fig. 2), nous voyons que la marche totale ($E - E_1 = mp$) peut être représentée par la surface du rectangle A_1MNA_p , où A_1A_p représente le nombre p de jours et A_1M la marche moyenne diurne m .

Mais il est bien évident que si nous connaissons pour chaque jour

la valeur exacte des marches diurnes *vraies* de la montre considérée et que nous tracions les ordonnées correspondantes, la ligne qui joindrait les sommets

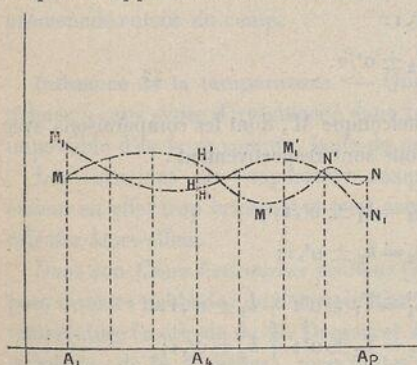


Fig. 2.

(1) Il s'agit ici, bien entendu, de l'erreur *maxima* à craindre et non pas de l'erreur *probable*.

de ces ordonnées ne serait pas la ligne droite MN, mais une courbe irrégulière MM'N'N ou M₁H₁M'₁H'₁ ou toute autre encore, telle que la surface comprise entre cette courbe, l'axe des x et les ordonnées extrêmes de A₁ et A_p, soit égale à celle du rectangle A₁MNA_p.

Il en résulte que si nous avons besoin de connaître l'état de la montre sur le temps du lieu A pour le 4^e jour, par exemple, de l'intervalle p , et que, faute d'observation directe, nous le déduisons de l'état observé le 1^{er} jour et de la marche diurne moyenne conclue le p^e jour, nous obtiendrons pour cet état du 4^e jour une valeur égale à : $E_1 + \text{rect. } A_1MHA_4$, alors que sa vraie valeur serait : $E_1 + \text{surf. } A_1MH'A_4$. Notre résultat sera donc erroné de toute la valeur de la surface MH'H.

Degré d'incertitude d'une différence de longitude provenant des indications d'une montre. — Toute l'incertitude du calcul des différences de longitude par le transport du temps réside dans l'impossibilité de déterminer, autrement qu'avec une approximation plus ou moins satisfaisante la valeur x de cette surface MHH'. En effet, soit O un lieu où nous observons aux jours 1 et p les états de la montre sur le temps local⁽¹⁾ : $E_1(O)$, $E_p(O)$ et soit Z un lieu où le n^e jour de cet intervalle p nous avons observé un état de la même montre sur le temps de Z : $E_n(Z)$. Nous avons évidemment :

$$Dg(Z.O) = E_n(Z) - E_n(O).$$

Or, si nous avons directement la valeur de $E_n(Z)$ par l'observation faite en Z, nous ne pouvons par contre que calculer la valeur de $E_n(O)$ au même instant à l'aide de l'état $E_1(O)$ et de la marche diurne moyenne : $m = \frac{E_p(O) - E_1(O)}{p}$.

Nous obtenons ainsi : $E_n(O) = E_1(O) + nm + x \dots \dots (x = \text{surf. MHH'})$.

D'où :

$$Dg(Z.O) = E_n(Z) - E_1(O) - nm - x \quad \text{pour une première montre;}$$

$$Dg(Z.O) = E'_n(Z) - E'_3(O) - nm' - x' \quad \text{pour une deuxième montre;}$$

$$Dg(Z.O) = E''_n(Z) - E''_1(O) - nm'' - x'' \quad \text{pour une troisième montre;}$$

et ainsi de suite.

Les quantités $xx'x''x''' \dots$, etc., étant généralement différentes d'une montre à l'autre, on obtiendra, en les négligeant (faute de pouvoir les calculer), autant de valeurs de $Dg(Z.O)$ qu'il y aura de montres.

⁽¹⁾ Les notations que nous employons là signifient : $E(O)$, état de la 1^{re} montre sur le temps du lieu O; $E_1(O)$, $E_n(O)$, $E_p(O)$, état de la montre sur le temps du lieu O aux jours 1, n , p ; $Dg(Z.O)$, différence de longitude entre les points Z et O. Les accents ' , '' , ''', s'appliquent à la 2^e, la 3^e, la 4^e, montre.

Si toutes les montres présentent un égal degré de confiance, on adoptera pour valeur de $Dg(Z.O)$ la moyenne des valeurs obtenues; sinon, on multipliera le résultat fourni par chacune des montres par un poids convenablement choisi et l'on obtiendra $Dg(Z.O)$ en divisant par la somme des poids la somme de ces produits.

§ III. POIDS À ATTRIBUER AUX DIVERSES MONTRES.

Les poids à affecter à chacune des montres varient, de période en période, au cours d'une campagne de longue durée. Pour déterminer ces poids, nous nous sommes basés sur deux éléments précis :

1° Courbes des marches relatives des montres l'une par rapport à l'autre, déduites de leurs comparaisons journalières. — Ces comparaisons journalières, rapportées à l'une des montres — la meilleure autant que possible — dénommée montre étalon, servent à construire pour chaque montre la courbe de sa « marche relative » par rapport à la marche de l'étalon supposée constante, suivant la méthode exposée plus loin (voir page 135). Par leur allure générale, ces courbes rendent compte des sauts que les montres auraient pu faire accidentellement, prévenant ainsi l'observateur que leurs indications doivent être tenues pour suspectes pendant les intervalles où se sont produits les sauts.

Il est à noter toutefois que lorsqu'on ne possède qu'un nombre restreint de montres — trois ou quatre par exemple — on ne doit pas oublier que des divergences de même sens dans les courbes de trois des montres par rapport à la 4^e n'impliquent pas forcément que l'irrégularité soit due à cette 4^e montre, mais qu'elle pourrait être imputable, quoique avec une probabilité moindre, à un saut commun aux trois autres. Cet aléa s'atténue lorsqu'on dispose d'un plus grand nombre de montres pour un même observateur, huit ou dix, par exemple.

2° Graphique des marches diurnes moyennes. — Le second élément d'appréciation, qui est, croyons-nous, beaucoup plus important à ce point de vue spécial que le précédent, est constitué par le graphique dit des marches diurnes moyennes des montres, lequel est construit de la façon suivante : les jours étant pris comme abscisses et les marches comme ordonnées, on réunit par une parallèle à l'axe des x le sommet des ordonnées représentant les marches diurnes moyennes de chacun des circuits chronométriques fermés (longs ou courts) exécutés tout le long de l'itinéraire parcouru; on obtient ainsi une série de tronçons de parallèles à l'axe des x plus ou moins longs et

plus ou moins rapprochés entre eux, qui représentent tout ce que nous pouvons connaître d'absolument exact concernant les marches absolues de nos montres sur tout le parcours accompli. Il paraîtrait dès lors logique de chercher à déterminer la courbe représentant les marches diurnes vraies de chacune des montres à l'aide de ce faisceau de tronçons de parallèles à l'axe des x et des marches relatives résultant des comparaisons journalières entre les diverses montres, les conditions à remplir étant expressément :

a. Que la surface limitée par la courbe, ses deux ordonnées extrêmes et l'axe des x soit égale à la somme des surfaces des rectangles déterminés par ces tronçons de parallèles et l'axe des x ;

b. Que les courbes ainsi tracées pour chaque montre soient respectivement distantes les unes des autres et de jour en jour de valeurs égales à une constante augmentée des différences secondes résultant des comparaisons journalières⁽¹⁾.

La construction de telles courbes, même par tâtonnements, nous a paru si longue et si compliquée, que nous y avons vite renoncé; mais, par contre, il était aisé de tracer pour chaque montre, à travers le faisceau des tronçons de parallèles, une ligne médiane la moins sinueuse possible et telle que la somme des longueurs de tronçons laissés de part et d'autre de cette ligne soit sensiblement la même. C'est cette ligne médiane (que nous appelons « axe de marche de la montre ») qui nous a servi de base pour déterminer, le moins arbitrairement possible, les poids à attribuer, de période en période, à chacune de nos montres.

Dans ce but, nous avons considéré :

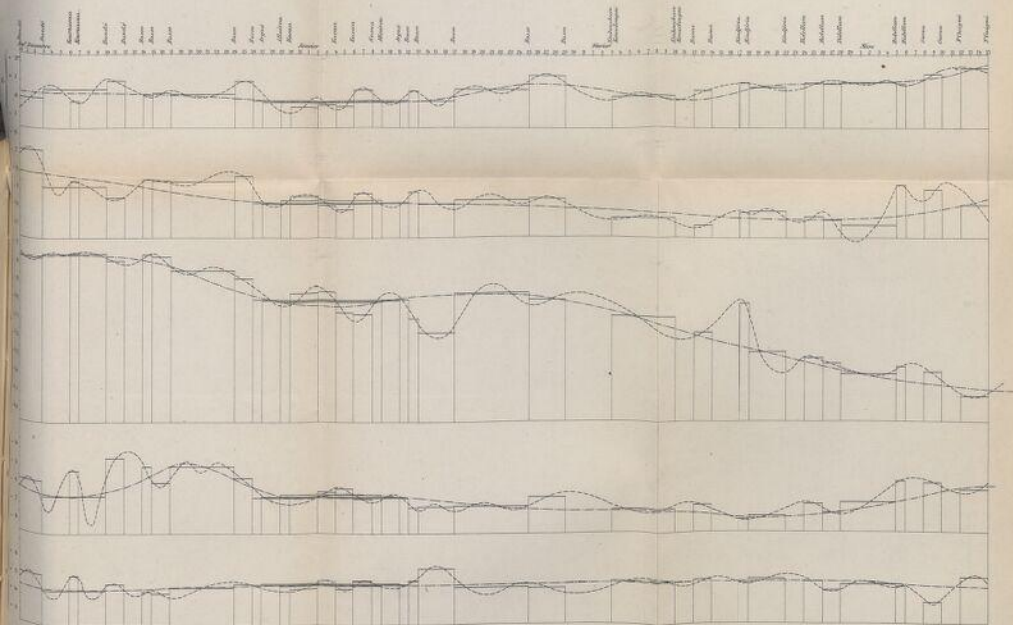
a. L'allure générale de l'axe de marche (ligne presque droite ou peu brisée ou très brisée) permettant d'apprécier si ses variations successives de coefficient angulaire sont *fortes* ou *faibles*, *lentes* ou *rapides*;

b. Les écarts maxima entre les tronçons de parallèles les plus éloignés et l'axe de marche;

c. L'amplitude moyenne des sinuosités qu'il est vraisemblable d'attribuer à la courbe inconnue des marches diurnes vraies.

Nous avons affecté d'une cote chacun de ces trois éléments, et c'est la combinaison de ces cotes qui nous a donné de période en période le chiffre représentant le poids de chaque montre.

(1) En s'en tenant à la condition (*a*), le tracé de la courbe des marches diurnes vraies pour chaque montre prise isolément (autant que le permettent les tronçons de parallèles à l'axe des x) est relativement simple. D'autre part, le tracé des courbes de marches relatives de la montre étalon et des autres montres met en évidence les sauts. Le poids à donner à chaque montre dépend de l'amplitude des sinuosités de la première courbe et des sauts brusques ou variations rapides de marche mis en évidence par la seconde courbe.



Approximation (pour une différence de longitude) résultant des poids donnés aux montres. — Cherchons maintenant à établir quel degré d'approximation cette méthode est susceptible de nous donner, ou, en d'autres termes, quelle est la plus forte erreur que nous ayons à craindre.

Nous avons vu plus haut (p. 129) que la différence de longitude entre deux points O et Z était donnée par une montre avec une certaine approximation représentée par la surface $x = MHH'$. Cette surface aura sa plus grande valeur absolue lorsque l'élément de courbe MH' sera situé en entier d'un même côté de la ligne MH , et cette valeur sera très sensiblement comprise entre $\frac{1}{2} n\mu$ et $\frac{3}{4} n\mu$, μ étant la différence entre la marche diurne moyenne et la plus forte (ou faible suivant le cas), marche diurne vraie qu'il paraisse vraisemblable d'attribuer à la montre dans l'intervalle n considéré. Ce qui nous permet d'écrire pour chacune des montres du groupe :

$$\frac{1}{2} n\mu < x < \frac{3}{4} n\mu;$$

$$\frac{1}{2} n\mu' < x' < \frac{3}{4} n\mu';$$

$$\frac{1}{2} n\mu'' < x'' < \frac{3}{4} n\mu'';$$

.....

Et, en tenant compte des poids $p, p', p'' \dots$ attribués à chaque montre :

$$\frac{1}{2} n \frac{p\mu + p'\mu' + p''\mu'' + \dots}{\sqrt{p + p' + p'' + \dots}} < X < \frac{3}{4} n \frac{p\mu + p'\mu' + p''\mu'' + \dots}{\sqrt{p + p' + p'' + \dots}}.$$

Dans le cas défavorable où $\mu, \mu', \mu'' \dots$ seraient de même signe, l'erreur totale X à craindre peut atteindre une valeur très appréciable; mais plus fréquemment on trouvera que ces quantités ne sont pas toutes de même signe et le numérateur $p\mu + p'\mu' + p''\mu'' + \dots$ sera généralement assez faible.

De toutes façons, l'erreur à craindre X étant proportionnelle au nombre n de jours, on en conclut aisément qu'il y aura intérêt à prendre cet intervalle aussi petit que les nécessités générales de la marche du travail le permettront.

C'est précisément la condition que nous avons cherché à réaliser au cours de cette campagne en réduisant soit directement, soit indirectement, les périodes auxquelles était affectée une même marche diurne moyenne.

Dans ce but, nos circuits chronométriques ont eu une durée moyenne de quatre à six jours et possédaient, au moins, un sommet commun. Lorsque le circuit devenait plus considérable, nous nous efforcions, après première fermeture, de repasser par un des points d'observation autre que l'origine, afin

d'y obtenir par une nouvelle observation une nouvelle marche diurne moyenne complétant la première; ce qui revient à dire que lorsqu'un circuit paraissait devoir être trop étendu, nous tâchions de le compléter par un circuit intérieur (et parfois même par plusieurs).

Lorsque deux circuits ne pouvaient se relier par un sommet commun, la marche diurne moyenne de l'intervalle qui les séparait était arbitrairement supposée égale à la moyenne arithmétique des marches trouvées pour ces deux circuits, si la distance entre leurs sommets les plus voisins n'excédait pas deux ou trois jours; dans le cas contraire, on observait au milieu de l'intervalle une marche diurne *vraie* de 24 heures destinée à renseigner l'observateur sur l'allure probable de la courbe de marches pendant cet intervalle.

Quelques résultats. — On pourra se rendre compte du degré de précision auquel il est possible de prétendre pour nos différences de longitude de la région du Tchad, en considérant les résultats que nous avons pu obtenir au cours du travail de délimitation que nous avons exécuté en 1907, de concert avec la mission anglaise du major O'Shee⁽¹⁾.

En effet, entre Niger et Tchad, les résultats du transport du temps ont pu être contrôlés de place en place :

- 1° Sur le trajet Carimama-Konni, à l'aide de la ligne télégraphique;
- 2° Du Niger jusqu'au Tchad, à l'aide du chainage exécuté par la mission anglaise (*traverse*).

À notre voyage d'aller, la ligne télégraphique ne dépassait pas le Niger et nous avons dû l'abandonner à partir de Carimama, dernier point déterminé télégraphiquement en longitude. Lors de notre voyage de retour, le télégraphe atteignait Konni, permettant ainsi de vérifier entre Carimama et Konni le degré d'exactitude des résultats du transport du temps effectué dix-huit mois auparavant. Nous avons trouvé ainsi pour la différence de longitude entre Carimama (maison du télégraphe) et Konni (angle Nord du mur d'enceinte) :

A. Par notre transport du temps 1907.....	8 ^m 19',43	} Sur un parcours d'environ 350 kilomètres.
B. Par la <i>traverse</i> anglaise.....	8 ^m 18',97	
C. Par le télégraphe en 1908.....	8 ^m 18',32	

Si nous tenons compte de ce fait que nos échanges de signaux télégraphiques ont été faits sans le secours de chronographes et que les comparaisons de station à station présentent ainsi une incertitude de 0',1 à 0',3, nous sommes

⁽¹⁾ Les occultations, ainsi que nous le verrons plus loin, n'offrent pas une précision suffisante pour contrôler les résultats de nos transports du temps.

fondés à conclure que les trois valeurs indiquées plus haut offrent un degré de précision à peu près comparable.

Il est vrai qu'en ce qui concerne les montres ce résultat peut paraître une simple et heureuse coïncidence; mais nous allons voir que cette coïncidence n'est point fortuite et qu'elle s'est retrouvée tout le long de notre itinéraire général.

En effet, le cheminement anglais (aux résultats duquel nous faisons appel pour contrôler ceux de notre transport du temps) était une ligne brisée continue tracée, à proximité de la frontière à délimiter, pour relier en longitude les divers points situés entre le Niger et le lac Tchad; l'orientation des éléments de cette ligne était déterminée au théodolite et leur longueur était chaînée à l'aide d'un ruban d'acier de 400 pieds. En outre, elle était appuyée de distance en distance — tous les 50 kilomètres environ — sur une latitude déterminée astronomiquement, et, vers son milieu, elle atteignait la station télégraphique de Kano, dont la longitude avait été précédemment (1906) déterminée par échange de signaux avec Lagos.

Entre ces deux longitudes déterminées télégraphiquement, de Carimama et de Kano, la *traverse* se plaça presque exactement (à moins de 5 secondes d'arc), ce qui nous permet de la considérer comme un moyen de contrôle très suffisant pour les diverses sections de notre transport du temps ayant des points de contact avec elle. Nous trouvons ainsi :

Dg. Konni et Sabon Birni (sur un parcours d'environ 150 kilomètres).	par notre transport du temps.....	4 ^m 23 ^s ,60
	par la «traverse»	4 ^m 23 ^s ,58
Dg. Sabon Birni et Katséna (sur un parcours d'environ 240 kilomètres).	par notre transport du temps.....	5 ^m 04 ^s ,38
	par la «traverse»	5 ^m 05 ^s ,88
Dg. Katséna et Zongo (sur un parcours d'environ 200 kilomètres).	par notre transport du temps.....	3 ^m 26 ^s ,48
	par la «traverse»	3 ^m 26 ^s ,93
Dg. Zongo et Bosso (sur un parcours d'environ 650 kilomètres).	par notre transport du temps.....	19 ^m 16 ^s ,65
	par la «traverse»	19 ^m 18 ^s ,49
Dg. Gourselik et Boudoum (sur un parcours d'environ 200 kilomètres).	par notre transport du temps.....	6 ^m 00 ^s ,42
	par la «traverse»	5 ^m 59 ^s ,09
Dg. Bosso et Koukaoua (sur un parcours d'environ 110 kilomètres).	par notre transport du temps.....	1 ^m 00 ^s ,66
	par la «traverse»	1 ^m 00 ^s ,90

De pareilles concordances ne sauraient être considérées comme purement fortuites; elles nous permettent, à notre point de vue particulier, d'accorder

une grande confiance aux longitudes que nous avons calculées à l'aide de nos montres depuis le Tchad jusqu'au Bodeli, et, à un point de vue plus général, elles tendent à établir que, contrairement à une opinion assez répandue, le transport du temps pendant les voyages à terre peut s'effectuer avec toute la précision désirable pour l'exécution de nos cartes africaines au $1/250,000^{\circ}$ ou au $1/500,000^{\circ}$, à la condition d'avoir un nombre suffisant de montres, de veiller sur elles constamment et avec la plus grande sollicitude, et enfin de déterminer les différences de longitude autant que cela sera possible par une chaîne de circuits chronométriques fermés.

§ IV. — MÉTHODE « DES ÉTATS ».

Nous venons d'exposer succinctement la méthode de calcul que nous avons appliquée au cours de nos opérations sur le terrain. Elle se résume ainsi : calculer séparément la différence de longitude cherchée, entre deux points, à l'aide de chacune des montres et effectuer ensuite, de la façon la plus convenable, une combinaison des résultats ainsi obtenus, donnant une valeur de cette différence de longitude avec une certaine approximation facile à déterminer.

Cette méthode présente l'avantage de permettre à l'observateur de faire entrer en ligne de compte dans son calcul toutes les marches diurnes moyennes qu'il a pu avoir occasion de déterminer au cours d'un circuit plusieurs fois fermé; et, en second lieu, de lui permettre d'éliminer, le cas échéant, telle de ses montres dont les indications lui sembleraient trop suspectes.

Mais, par contre, elle présente l'inconvénient de ne tenir qu'un compte très faible des comparaisons des montres faites à des jours où il n'a été effectué aucune observation astronomique, de ne pas assez parler aux yeux et d'être d'une vérification longue et pénible pour tout autre que l'observateur lui-même.

A notre retour en France, M. Claude, membre adjoint du Bureau des Longitudes, nous a indiqué pour l'utilisation des transports du temps une autre méthode, parlant aux yeux, réduisant notablement les calculs, facilitant par conséquent les vérifications et déduisant les différences de longitude cherchées de mesures effectuées directement sur un graphique. C'est cette méthode que nous allons exposer ci-après. Elle consiste essentiellement à substituer à la combinaison des résultats donnés par chaque montre, préconisée dans la méthode précédente, le résultat donné par l'une des montres, dite « montre étalon », dont les variations probables sont déduites des comparaisons journalières de cette montre étalon avec chacune des autres. Cette méthode comporte deux opérations principales successives :

a. Construction de la courbe moyenne représentant les variations probables des états de la montre étalon sur le temps du méridien origine;

b. Établissement du graphique donnant par mesure directe pour des dates quelconques les états de l'étalon sur le temps de Paris, d'où se déduisent, presque automatiquement, les différences de longitude cherchées.

A. Construction de la courbe des variations probables de la montre étalon. — Comme on le sait, on désigne sous le nom de « montre étalon » d'un groupe de montres, celle d'entre elles qui présente la marche la moins irrégulière. C'est à cette montre que, chaque jour, — et approximativement à la même heure — on compare les autres montres du groupe pour savoir de quelle quantité augmente ou diminue leur écart initial avec elle.

Le carnet des comparaisons journalières doit être tenu avec le plus grand soin, car c'est lui qui sert à la construction de la courbe des variations probables de l'état de l'étalon sur le temps du méridien origine.

Supposons, tout d'abord, que la marche de l'étalon soit *absolument constante*; sa courbe de variations d'état se réduira à une droite.

Prenons pour abscisses le temps moyen du 1^{er} méridien et pour ordonnées les comparaisons journalières à une constante près pour chacune des montres ⁽¹⁾.

En réunissant par une ligne continue le sommet des ordonnées successives de chaque montre, nous obtiendrons pour chacune d'elles une ligne plus ou moins incurvée, plus ou moins sinueuse, qui représentera graphiquement la série des écarts successifs entre les états des diverses montres et celui de la montre étalon dont la courbe est représentée par l'axe des x (fig. 3).

Mais notre hypothèse d'un étalon R ayant une marche absolument constante n'est pas conforme à la réalité; il y a en effet autant de probabilités pour R que pour toute autre montre A d'avoir une marche irrégulière. Tout ce que nous pouvons admettre avec une quasi certitude est que la marche de R est moins irrégulière que celle des autres montres.

Dans ces conditions, il est normal d'admettre que la courbe la plus probable des variations de R sera la courbe moyenne entre l'axe des x et les diverses courbes A, B, C, D... construites par rapport à cet axe des x .

Dans la pratique, si l'on s'en tenait aux indications ci-dessus, on éprouverait les plus grandes difficultés à établir ces courbes, car on trouve généralement que leur axe a un coefficient angulaire tel, qu'il sort rapidement des limites d'une feuille de papier aisément maniable. Mais il est extrêmement facile de tourner la difficulté; il suffit, pour cela, de réduire convenablement le coefficient angulaire de l'axe de chaque courbe, de manière à le rapprocher le plus possible de l'axe des x . En d'autres termes, il suffit de retrancher ou

(1) Les dates qu'on prend comme abscisses doivent être évaluées en temps moyen du méridien origine; il suffit, pour cela, d'avoir des valeurs grossièrement approchées des longitudes des lieux où ont été faites les comparaisons journalières.

d'ajouter aux ordonnées de la courbe primitive une quantité proportionnelle au temps, ce qui donnera une deuxième courbe plus proche de l'axe

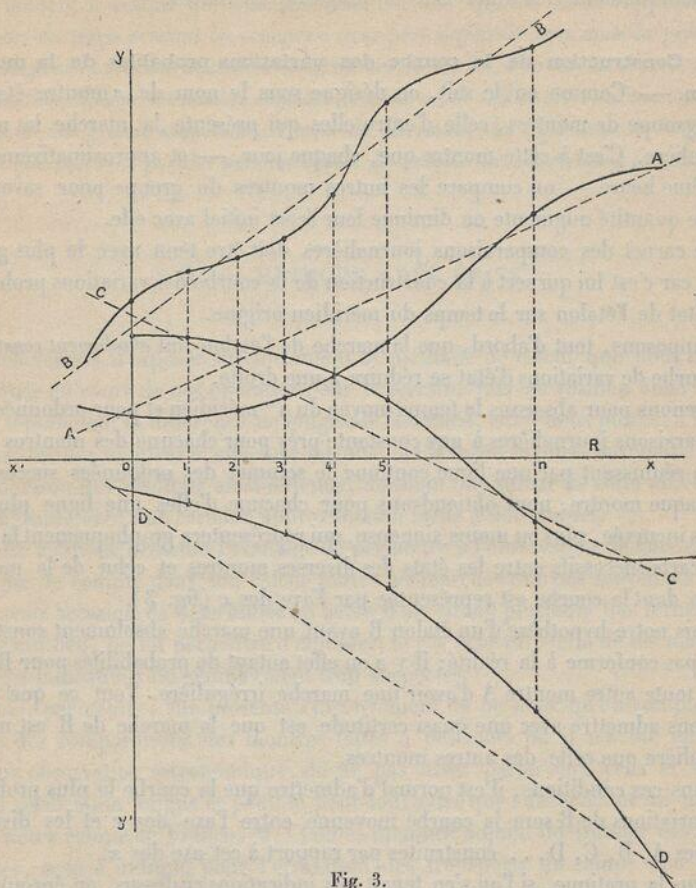


Fig. 3.

des x , par conséquent plus maniable, mais qui sera une représentation, identique à la première courbe, des variations de la montre considérée par rapport à l'étalon⁽¹⁾.

⁽¹⁾ En effet (fig. 4), soit F la feuille de papier et OA l'axe de la courbe primitive A. Soit α la quantité proportionnelle au temps que l'on retranche à chaque ordonnée; l'axe de la courbe deviendra OA'. Une ordonnée quelconque HH' du n° jour se trouvera diminuée d'une quantité hh' égale αz et l'ordonnée de la nouvelle courbe H'H'' sera telle que sa partie H'h' située au-dessus de l'axe OA' restera précisément égale à la partie Hh de l'ordonnée primitive située au-dessus de l'axe OA'. Le raisonnement étant applicable à tous les points de la courbe, il s'ensuit que la nouvelle courbe peut iden-

Cette quantité proportionnelle au temps sera de préférence choisie de la façon suivante :

On déterminera l'écart moyen journalier entre l'étalon et la montre pendant la période considérée et la quantité cherchée sera le nombre rond de secondes le plus voisin du nombre exprimant cet écart moyen journalier⁽¹⁾.

Nous pouvons ainsi tracer sur la même feuille de papier toutes les courbes

tiqument remplacer l'ancienne pour toutes les mesures graphiques que l'on peut avoir à effectuer, à la condition, bien entendu, de tenir compte, au moment voulu, de la quantité α sous-entendue.

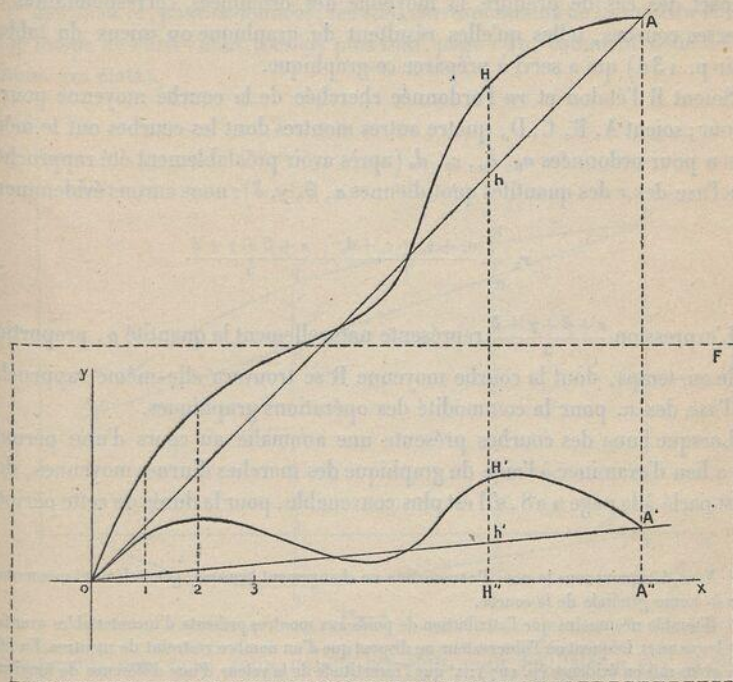


Fig. 4.

⁽¹⁾ Exemple : Comparaison du 26 mai : $R - A = 1^h 27^m 22^s,2$

Comparaison du 25 juin : $R - A = 1^h 20^m 56^s,7$

$$\text{Écart en 30 jours :} \quad \underline{\quad = - 6^m 25^s,5 = - 385^s \quad}$$

$$\text{Écart moyen pour un jour :} \quad = - \frac{385^s}{30} = - 12^s,85.$$

Valeur de la quantité proportionnelle : $- 12^s$ ou $- 13^s$.

de comparaisons journalières; cela nous permet de les comparer entre elles et de mettre en évidence, le cas échéant, les anomalies ⁽¹⁾ de chacune.

M. Claude estime qu'en général on manque des données suffisantes pour apprécier la façon dont se sont comportées les montres au cours de la période considérée, autrement dit, pour leur affecter des poids ⁽²⁾, et que, par conséquent, il convient d'attribuer aux diverses courbes (pour la détermination de la courbe moyenne destinée à représenter les variations probables de l'étalon) le même poids, sauf, bien entendu, dans les périodes d'anomalies. De telle sorte que, pour obtenir les ordonnées de la courbe moyenne cherchée, il suffira dans la plupart des cas de prendre la moyenne des ordonnées correspondantes des diverses courbes, telles qu'elles résultent du graphique ou mieux du tableau (voir p. 130) qui a servi à préparer ce graphique.

Soient R l'étalon et r_n l'ordonnée cherchée de la courbe moyenne pour le n° jour; soient A, B, C, D, quatre autres montres dont les courbes ont le même jour n pour ordonnées a_n, b_n, c_n, d_n (après avoir préalablement été rapprochées vers l'axe des x des quantités quotidiennes $\alpha, \beta, \gamma, \delta$); nous aurons évidemment :

$$r_n = \frac{a_n + b_n + c_n + d_n}{5} + \frac{\alpha + \beta + \gamma + \delta}{5}.$$

L'expression $\frac{\alpha + \beta + \gamma + \delta}{5}$ représente naturellement la quantité ρ , proportionnelle au temps, dont la courbe moyenne R se trouvera elle-même rapprochée de l'axe des x , pour la commodité des opérations graphiques.

Lorsque l'une des courbes présente une anomalie au cours d'une période, il y a lieu d'examiner à l'aide du graphique des marches diurnes moyennes, dont il est parlé à la page 128, s'il est plus convenable, pour la durée de cette période,

(1) Nous désignons sous le nom d'«anomalie» un changement brusque, généralement momentané, dans la forme générale de la courbe.

(2) Il semble néanmoins que l'attribution de poids aux montres présente d'incontestables avantages dans le cas assez fréquent où l'observateur ne dispose que d'un nombre restreint de montres. En effet, nous avons mis en évidence (p. 127) : 1° que l'incertitude de la valeur d'une différence de longitude, déduite des indications d'une seule montre, était représentée par la surface MHH' (fig. 2); 2° que cette surface MHH' est d'autant plus faible que la courbe inconnue des marches diurnes vraies de la montre est plus aplatie et plus rapprochée d'une parallèle à l'axe des x ; 3° que l'inspection du graphique des marches diurnes moyennes permet d'apprécier :

a. Avec une grande approximation, l'axe général de la courbe inconnue des marches diurnes vraies de la montre, que nous avons appelé *axe de marche de la montre*.

b. Avec une approximation suffisante, l'amplitude moyenne des sinuosités probables de la même courbe inconnue.

c. Avec une approximation un peu moindre, la limite maxima des plus fortes sinuosités pouvant affecter ladite courbe (sauf en périodes d'anomalies).

La combinaison de ces trois éléments nous permet aisément de classer nos montres et de leur affecter les poids les plus vraisemblables, la *part du sentiment* y étant de la sorte aussi réduite que possible.

d'éliminer complètement cette montre (on ne s'y résoudra qu'avec la plus grande circonspection), ou bien de lui attribuer un poids moindre.

Dans l'un ou l'autre cas, la courbe moyenne sera rectifiée selon qu'il aura été décidé à l'égard de la montre défailante.

La courbe moyenne cherchée se trouve ainsi tracée. Voyons comment nous allons l'utiliser.

B. Établissement du graphique de détermination des états de l'étalon sur le temps du méridien origine.— Prenons pour abscisses le temps moyen du 1^{er} méridien et, pour ordonnées, les états correspondants de la montre étalon sur le temps de Paris (nous verrons plus loin, page 149, comment nous déterminons ces états).

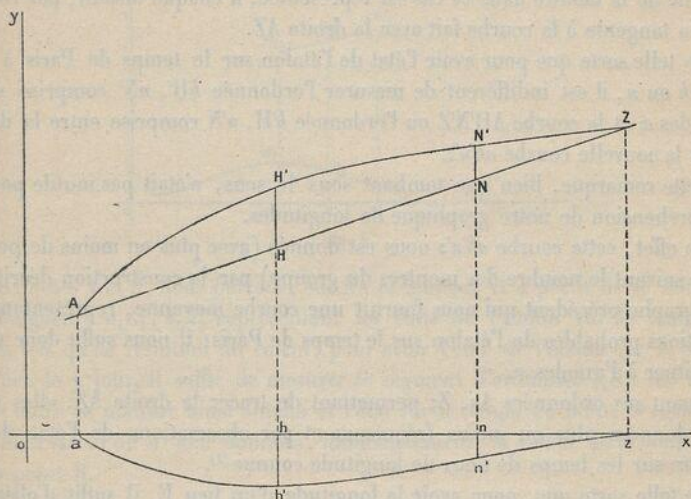


Fig. 5.

Supposons que nous connaissions ces états pour les dates a et z et qu'ils soient représentés par les ordonnées Aa , Zz (fig. 5).

a. Si l'étalon avait une marche constante, la variation de ses états sur les temps de Paris entre les dates a et z serait représentée par la droite AZ dont le coefficient angulaire serait précisément égal à la valeur de cette marche supposée constante. Pour avoir l'état de l'étalon sur le temps de Paris à une date intermédiaire n , il suffirait évidemment de mesurer l'ordonnée Nn , comprise entre l'axe des abscisses et la droite AZ .

b. Si la marche de l'étalon n'est pas constante entre les dates a et z , la variation de ses états sur le temps de Paris ne sera plus représentée pendant cette période par la droite AZ , mais par une certaine courbe $AH'N'X$, la

marche de la montre étant représentée à chaque instant par le coefficient angulaire de la tangente à cette courbe. Là encore pour avoir, à une date intermédiaire n , la valeur de l'état de l'étalon sur le temps de Paris, il suffira de mesurer la longueur de l'ordonnée $N'n$ comprise entre l'axe des abscisses et la courbe des variations d'état de l'étalon $AH'NZ$.

Supposons maintenant que nous portions sur les ordonnées des longueurs respectivement égales aux états qui nous ont servi à établir la courbe $AH'NZ$, non plus à partir de l'axe des x vers la droite AZ , mais bien à partir de la droite AZ vers l'axe des x . Il est aisé de voir que nous obtiendrons ainsi une courbe $ah'n'z$ qui sera la courbe des variations d'état de l'étalon par rapport à la droite AZ , comme la courbe $AH'NZ$ l'est par rapport à l'axe des x ; car les segments d'ordonnées hh' , nn' sont respectivement égaux à HH' et NN' . La marche de la montre dans ce cas est représentée, à chaque instant, par l'angle que la tangente à la courbe fait avec la droite AZ .

De telle sorte que pour avoir l'état de l'étalon sur le temps de Paris à une date h ou n , il est indifférent de mesurer l'ordonnée hH' , nN' comprise entre l'axe des x et la courbe $AH'NZ$ ou l'ordonnée hH , nN comprise entre la droite AZ et la nouvelle courbe $ah'n'z$.

Cette remarque, bien que tombant sous le sens, n'était pas inutile pour la compréhension de notre graphique de longitudes.

En effet, cette courbe $ah'n'z$ nous est donnée (avec plus ou moins de probabilité suivant le nombre des montres du groupe) par la construction décrite au paragraphe précédent qui nous fournit une courbe moyenne, représentant les variations probables de l'étalon sur le temps de Paris: il nous suffit donc de la substituer à l'axe des x .

Quant aux ordonnées Aa , Zz permettant de tracer la droite AZ , elles nous sont données plus ou moins fréquemment par observations de l'état de la montre sur les temps de lieux de longitude connue ⁽¹⁾.

De telle sorte que, pour avoir la longitude d'un lieu E , il suffit d'observer l'état de l'étalon sur le temps (vrai, moyen ou sidéral) de ce lieu E , puis de mesurer sur le graphique l'ordonnée donnant, au même moment, l'état de l'étalon sur le temps de Paris (vrai, moyen ou sidéral) et de faire la différence des deux nombres obtenus.

Tel est le principe de la méthode graphique.

Passons maintenant à l'application.

PROBLÈME I (circuit fermé). — La longitude d'un point A étant connue, nous observons l'état de l'étalon sur le temps *local* :

1° du point A (1^{er} jour);

(1) Ou bien par deux ou plusieurs observations en un même lieu de longitude inconnue.

2° du point B de longitude inconnue (2° jour);

3° du point A (3° jour).

Il s'agit de déterminer la longitude du point B.

Connaissant la longitude de A, nous en déduisons l'état de l'étalon sur le temps de Paris le 1^{er} et le 3^e jour.

Nous connaissons d'autre part la forme de la courbe des variations probables d'état de l'étalon (fig. 6).

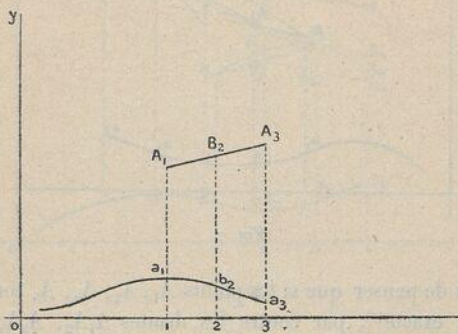


Fig. 6.

Aux dates 1 et 3, nous portons, sur les ordonnées et à partir de la courbe, des longueurs a_1A_1 , a_3A_3 représentant les états de l'étalon sur le temps de Paris, tels qu'ils résultent du calcul; pour avoir l'état de l'étalon sur le temps de Paris le 2^e jour, il suffit de mesurer le segment d'ordonnée b_2B_2 . La différence entre le nombre ainsi obtenu et l'état sur le temps du point B résultant de l'observation du 2^e jour donnera, immédiatement, la valeur de la longitude de ce point B.

Courbe auxiliaire. — Il peut arriver que l'on ait fait la série d'observations suivante :

1 ^{er} jour, état du compteur sur le temps de A (longitude de A connue);			
2°	—	—	A;
3°	—	—	B (longitude de B inconnue);
4°	—	—	A;
5°	—	—	A.

Le graphique pourra se présenter alors sous l'une des formes ci-après (fig. 7).

Si nous n'avions pas les observations A_2 , A_4 , la variation d'état de l'étalon du 1^{er} au 5^e jour serait représentée par la droite A_1A_5 .

Si, au contraire, nous n'avions pas les observations A_1, A_5 , cette variation serait représentée par la droite $A_2 A_4$.

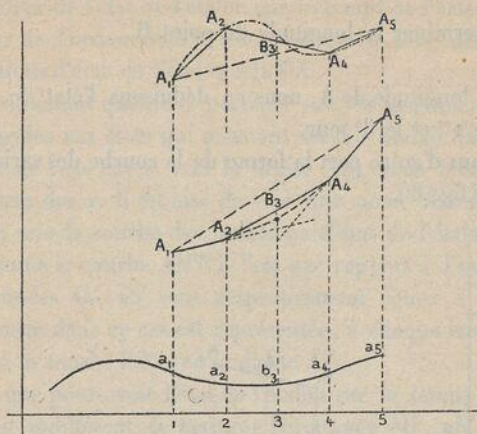


Fig. 7.

Il y a tout lieu de penser que si les points A_1, A_2, A_4, A_5 sont par construction à leur place exacte⁽¹⁾, par contre les droites $A_1 A_2, A_2 A_4, A_4 A_5$ ne sont que de grossiers éléments d'une courbe passant par ces points A_1, A_2, A_4, A_5 et répondant mieux qu'une ligne polygonale à la loi de continuité que nous supposons présider aux variations de l'état d'une montre sur le temps d'un même lieu. En conséquence, il y aura lieu, toutes les fois que cela sera possible, de tracer cette courbe que nous dénommerons courbe auxiliaire et de mesurer le segment d'ordonnée $b_3 B_3$, prenant le point B_3 non sur la droite $A_2 A_4$, mais sur cette courbe auxiliaire proche d'elle et raccordant les points A_1, A_2, A_4, A_5 par la courbe la plus simple possible⁽²⁾.

PROBLÈME II (circuit doublement fermé). — La longitude d'un point A étant connue et celle d'un point B inconnue, nous observons de la manière suivante l'état de l'étalon sur les temps locaux de A et de B :

$$\begin{array}{l|l} 1^{\text{er}} \text{ jour en A;} & 3^{\circ} \text{ jour en B;} \\ 2^{\circ} \text{ jour en B;} & 4^{\circ} \text{ jour en B.} \end{array}$$

Il s'agit de déterminer la longitude du point B (fig. 8).

⁽¹⁾ Il y aurait avantage à substituer à ces points des petits cercles ayant pour rayon l'incertitude de l'état correspondant; l'état vrai serait représenté par un point du diamètre vertical du cercle.

⁽²⁾ Cette courbe pourrait être tracée encore plus simplement si on substituait aux points A_1, A_2, A_4, A_5 , des segments d'ordonnées comme il est dit au renvoi ⁽¹⁾ ci-dessus.

PROBLÈME III (circuit doublement fermé avec points intérieurs). — La longitude d'un point A étant connue, et celles d'un certain nombre de points B, C,

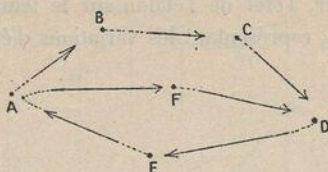


Fig. 9.

D, E, F étant inconnues, on observe de la manière suivante l'état de l'étalon sur les temps locaux de A, B, C, D, E, F (fig. 9) :

1 ^{er} jour en A.	7 ^e jour en A.
2 ^e jour en A.	8 ^e jour en A.
3 ^e jour en B.	9 ^e jour en F.
4 ^e jour en C.	10 ^e jour en D.
5 ^e jour en D.	11 ^e jour en D.
6 ^e jour en E.	

Il s'agit de déterminer la longitude des points B, C, D, E, F.

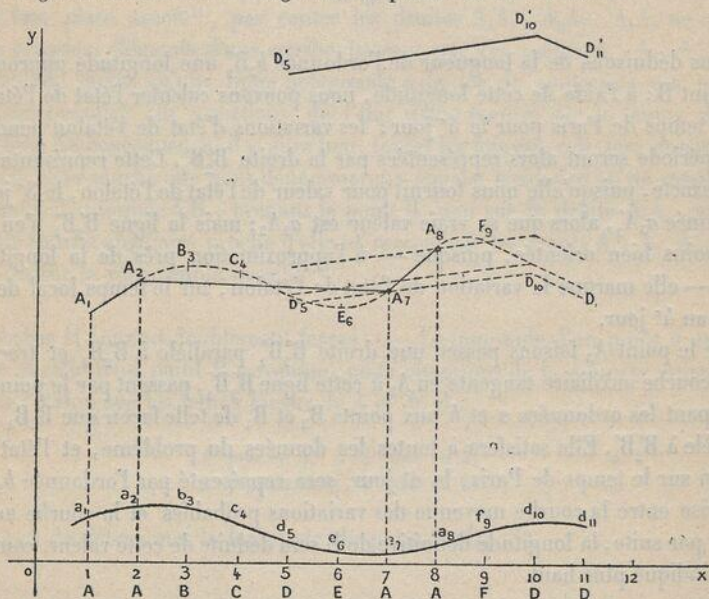


Fig. 10.

Sans répéter ce qui a été dit aux précédents problèmes, nous pouvons placer sur notre graphique les ordonnées a_1A_1 , a_2A_2 , a_7A_7 , a_8A_8 , états de l'étalon sur

le temps de Paris aux dates correspondantes. Les droites A_1A_2 , A_2A_7 , A_7A_8 représentent les variations d'état de l'étalon du 1^{er} au 8^e jour; mais, ainsi que nous l'avons dit plus haut, il est probable qu'une courbe auxiliaire remplirait mieux cet office que la ligne brisée $A_1A_2A_7A_8$ (fig. 10).

D'autre part, en affectant provisoirement à D une longitude quelconque, nous voyons que la variation d'état de l'étalon pendant la période du 5^e au 11^e jour peut être représentée par la ligne $D_5D'_{10}D'_{11}$ ou une courbe auxiliaire s'en rapprochant.

Par chacun des points A_8 et A_7 menons une ligne brisée parallèle à D'_5 , D'_{10} , D'_{11} .

La courbe auxiliaire que nous cherchons doit passer par les points A_1 , A_2 , A_7 , A_8 et couper les ordonnées 5, 10 et 11 de telle façon que la ligne brisée $D_5D_{10}D_{11}$ soit parallèle à la ligne brisée $D'_5D'_{10}D'_{11}$.

Il y aura généralement peu à tâtonner pour trouver la courbe répondant à la question. Une fois cette courbe auxiliaire tracée, les longitudes des points B, C, D, E, F, se déduiront aisément de l'état de l'étalon sur le temps de Paris mesuré à l'aide des segments d'ordonnées b_3B_3 , c_4C_4 , d_5D_5 , e_6E_6 , f_9F_9 , compris entre la courbe moyenne des variations probables de l'étalon et la courbe auxiliaire tracée sur le graphique.

PROBLÈME IV (intervalle entre circuits fermés). — La longitude d'un point A étant connue et celle d'un point B inconnue, on observe de la manière suivante l'état de l'étalon sur les temps locaux de A et de B :

$$\begin{array}{l|l} 1^{\text{er}} \text{ jour en A;} & 3^{\text{e}} \text{ jour en B;} \\ 2^{\text{e}} \text{ jour en A;} & 4^{\text{e}} \text{ jour en B.} \end{array}$$

Il s'agit de déterminer la longitude de B (fig. 11).

Comme précédemment nous pouvons poser sur notre graphique les ordonnées a_1A_1 , a_2A_2 , états de l'étalon le 1^{er} et le 2^e jours sur le temps de Paris et tracer la droite A_1A_2 représentant les variations d'état de l'étalon du 1^{er} au 2^e jour.

De même en prenant provisoirement pour longitude de B une valeur approchée, nous pouvons tracer la droite $B_3B'_1$ représentant les variations d'état de l'étalon du 3^e au 4^e jour.

Du 2^e au 3^e jour, la variation d'état de l'étalon sera arbitrairement considérée comme égale à la moyenne de cette même variation du 1^{er} au 2^e jour et du 3^e au 4^e jour.

Pour la représenter graphiquement, il suffira de prolonger la droite A_1A_2 ⁽¹⁾

(1) Il est bien entendu que la variation des états entre A_1 et A_2 , B_3 et B_4 n'est pas nécessairement représentée par une droite et que les segments A_1A_2 , B_3B_4 sensiblement rectilignes dans le cas

jusqu'à son intersection avec l'ordonnée $\frac{2+3}{2}$ et par ce point de mener une parallèle à B_3B_4 . On aura ainsi l'ordonnée b_3B_3 donnant l'état de l'étalon sur le

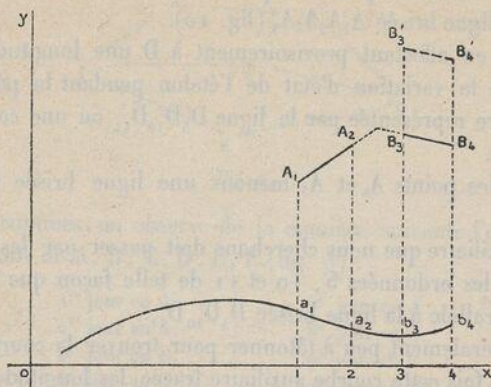


Fig. 11.

temps de Paris le 3^e jour, et par suite la longitude du point B par différence avec l'état de l'étalon sur le temps local de B.

Remarque. — En pareil cas, nous ne pouvons guère nous appuyer que sur la loi de continuité des variations d'état de la montre; mais il est aisé de voir par le croquis ci-dessous (fig. 12) que la position du point B_3 sur la 3^e ordonnée peut varier assez notablement sans sortir des limites de la vraisemblance.

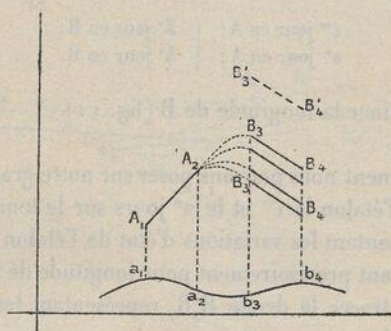


Fig. 12.

PROBLÈME V (liaison de deux circuits fermés). — Deux circuits chronométriques fermés ABCD et GHIJ, dont le premier renferme un lieu A de longitude connue, sont séparés par un intervalle CEFG représentant un circuit non

présent pourront affecter des formes plus ou moins sinueuses, facilitant le tracé de la courbe la plus simple possible par les points A_1, A_2, B_3, B_4 .

fermé; il s'agit de déterminer les longitudes des points du circuit fermé GHJ et celle des points intermédiaires E, F, l'état de l'étalon sur les temps locaux des divers points ayant été observé de la façon suivante (fig. 13) :

1 ^{er} jour en A	1 ^{er} circuit doublement fermé.	8 ^e jour en F	2 ^e circuit doublement fermé.
2 ^e jour en B		9 ^e jour en G	
3 ^e jour en C		10 ^e jour en H	
4 ^e jour en D		11 ^e jour en I	
5 ^e jour en A		12 ^e jour en J	
6 ^e jour en C		13 ^e jour en G	
7 ^e jour en E		14 ^e jour en I	

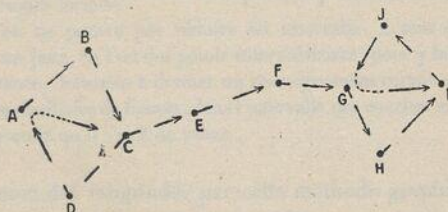


Fig. 13.

Comme il a été indiqué au problème III, nous voyons que nous pouvons aisément construire la courbe auxiliaire représentant les variations d'état de l'étalon dans le premier circuit (fig. 14).

Pour cela, à l'aide d'une longitude hypothétique du point C, nous pouvons obtenir la direction de la droite C_3C_6 représentant ce que nous savons des variations d'état de l'étalon du 3^e au 6^e jour.

Par le point A_5 nous menons une parallèle à cette droite et nous traçons la courbe auxiliaire des variations d'état de l'étalon du 1^{er} au 6^e jour $A_1C_3A_5C_6$ tangente à cette parallèle en A_5 , passant par le point A_1 , et coupant les ordonnées 3 et 6 aux points C_3 et C_6 tels que la droite C_3C_6 soit parallèle à $C'_3C'_6$. Nous obtenons ainsi la longitude vraie du point C (différence entre l'état de l'étalon sur le temps de Paris représenté par le segment d'ordonnée c_3C_3 et l'état de l'étalon sur le temps local de C obtenu par observation directe).

Passons au 2^e circuit dont l'origine est en G de longitude inconnue. Prenons tout d'abord une longitude arbitraire de G et une autre de I, nous permettant de construire pour le 2^e circuit fermé la courbe auxiliaire des variations d'état de l'étalon du 9^e au 14^e jour $G_9I_{11}G'_{13}I'_{14}$ par le même procédé que pour le 1^{er} circuit.

Il convient maintenant de déterminer la longitude du point G par rapport à celle du point C que vient de nous fournir la courbe auxiliaire du 1^{er} circuit.

Pour cela, nous supposerons arbitrairement (comme dans le problème IV) que, dans la période du 6 au 9, la valeur inconnue de la variation d'état de

d'état de la montre; nous obtiendrons ainsi les ordonnées $e_7 E_7, f_8 F_8$ qui nous donneront la longitude des points E et F par le simple calcul déjà connu.

Remarque. — A ne tenir compte que de la loi de continuité des variations d'état, on voit que l'on pourrait situer la courbe auxiliaire du 2^e circuit aussi bien en $G_9 I_{14}''$ qu'en $G_9 I_{14}$ (fig. 14). Pourtant, $G_9 I_{14}$ est plus vraisemblable, car elle est basée sur la moyenne de variations d'état respectivement connues pendant trois et quatre jours, tandis que $G_9 I_{14}''$ ne serait basée que sur la moyenne de variations d'état *probables* d'un et de deux jours seulement, $A_5 C_6$ d'une part et $G_9 I_{11}$ d'autre part.

Quoi qu'il en soit, à défaut d'autre indication, le doute reste permis. On peut en conclure, ce que nous savions déjà :

a. Qu'il y a intérêt à réduire le plus possible et même à supprimer l'intervalle entre deux circuits chronométriques fermés;

b. Que, lorsqu'on ne pourra pas réduire cet intervalle, il sera extrêmement utile de pouvoir stationner un jour, en l'un des points intermédiaires, pour y faire deux observations à 24 heures de distance, destinées à donner un renseignement certain sur la direction d'une portion de la courbe auxiliaire de liaison, dans l'intervalle des courbes auxiliaires tracées pour chacun des deux circuits qu'il s'agit de relier.

La détermination des longitudes par cette méthode graphique pourrait comporter encore l'examen de nombreux problèmes particuliers plus ou moins compliqués; il est sans intérêt, pour la clarté de l'exposé de la méthode, de nous attarder à les examiner, car tous pourraient être ramenés, plus ou moins facilement, à l'un des cinq cas que nous venons d'étudier ci-dessus.

Note sur la détermination des états de l'étalon sur le temps de Paris.

— L'état de l'étalon sur le temps de Paris (temps vrai, moyen ou sidéral) est égal à l'état de l'étalon sur le temps du lieu où l'on observe, augmenté de la longitude du lieu. Ce qui s'exprime algébriquement ainsi :

$$E_p = E_L + g.$$

E_p signifie état sur le temps de Paris;

E_L signifie état sur le temps du lieu L;

g signifie longitude du lieu L (positive à l'Est du 1^{er} méridien; négative à l'Ouest).

Dans l'exposé de nos cinq problèmes, nous avons supposé que l'on partait d'un lieu A de longitude connue; or, très souvent, il pourra ne pas en être ainsi et la longitude du lieu A ne sera que très grossièrement approchée; la correction à apporter offre peu de difficultés : partant du point A avec cette longitude approchée, on poursuivra la chaîne des circuits chronométriques en la dirigeant sur un point P de longitude connue (télégraphe, ou série d'occultations ou série de hauteurs égales de lune et d'étoile, etc.). La différence entre la longitude vraie de ce point P et la longitude obtenue par transport du temps,

en partant de la longitude inexacte de A, donnera la correction qu'il conviendra d'appliquer à cette longitude inexacte de A et à celle de tous les points intermédiaires du réseau chronométrique compris entre A et P.

Note sur la courbe auxiliaire des variations d'état de l'étalon. — Si la courbe moyenne représentant les variations probables d'état de l'étalon sur le temps de Paris, et déduite des comparaisons journalières des montres, était la figuration parfaite des variations réelles de l'étalon, la courbe auxiliaire (que nous avons tracée très incurvée pour la commodité du dessin dans chacun des circuits théoriques de nos cinq problèmes) se réduirait obligatoirement à une droite; cela ressort nettement de la remarque fondamentale de la page 140. Dans la pratique, d'ailleurs, lorsqu'on dispose de bonnes montres, cette courbe auxiliaire est le plus souvent très aplatie, car les droites qui servent à la construire ne font pas entre elles des angles aussi accusés que ceux dessinés sur les figures pour la commodité et la clarté du dessin. Aussi cette courbe auxiliaire est-elle généralement très peu incertaine dans chaque circuit.

Cas où la montre étalon a une marche assez forte (8 à 10 secondes par jour). — Dans un circuit AZ, la marche vraie de l'étalon est représentée à tout instant n par la tangente de l'angle $N'Kn'$ ou NKn' , suivant que la variation d'état est représentée par la courbe auxiliaire $AN'Z$ ou par la droite AZ (fig. 15). Soient :

$a'n'z'$, la courbe moyenne des variations probables;

$AN'Z$, la courbe auxiliaire des variations de l'étalon;

NK , $n'K$, les tangentes à ces courbes aux sommets n' , N' de l'ordonnée nN .

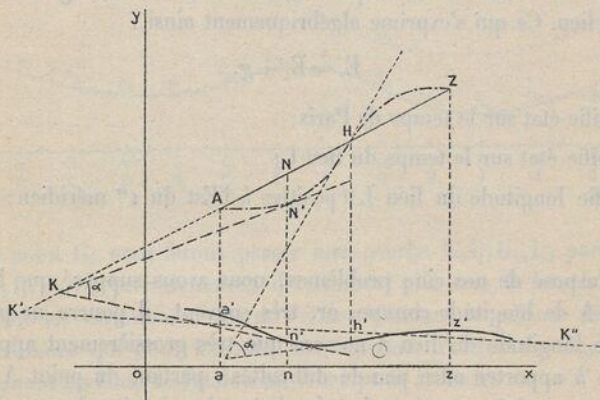


Fig. 15.

Une courbure aussi accentuée que celle indiquée sur la figure schématique ci-dessus correspondrait à des marches très variables; or, dans la pratique, les

marches ne présentent pas de tels écarts, et la courbe auxiliaire étant très aplatie, on pourra, dans beaucoup de cas, se dispenser de la tracer.

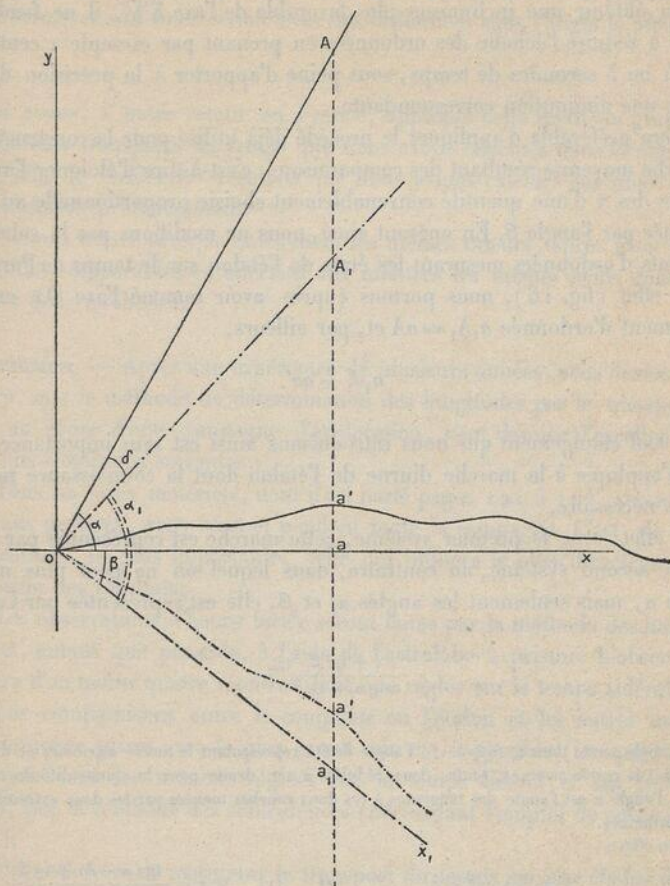


Fig. 16.

Mais la régularité de marche d'une montre est, théoriquement, indépendante de la grandeur absolue de sa marche diurne; cet élément, même pour de bonnes montres, atteint fréquemment 8 à 10 secondes par jour, et par suite (à l'échelle généralement adoptée pour le graphique, savoir: pour les abscisses, 1 centimètre par jour; pour les ordonnées, 1 centimètre par deux secondes de temps) l'angle de la droite AZ et de l'axe K'K'' de la courbe moyenne des variations probables prend une valeur assez voisine de 90 degrés (fig. 15); or, une faible inclinaison de cet axe K'K'' sur l'axe des x présente le double inconvénient de faire sortir très rapidement la droite AZ des limites

du graphique et de rendre imprécise l'intersection de la droite AZ et des diverses ordonnées.

Pour obtenir une inclinaison plus favorable de l'axe $K'K''$, il ne faudra pas songer à réduire l'échelle des ordonnées en prenant par exemple 1 centimètre pour 4 ou 5 secondes de temps, sous peine d'apporter à la précision du graphique une diminution correspondante.

Il sera préférable d'appliquer le procédé déjà utilisé pour la construction de la courbe moyenne résultant des comparaisons, c'est-à-dire d'éloigner l'axe $K'K''$ de l'axe des x d'une quantité convenablement choisie proportionnelle au temps exprimée par l'angle β . En opérant ainsi, nous ne modifions pas la valeur des segments d'ordonnées mesurant les états de l'étalon sur le temps de Paris.

En effet (fig. 16), nous portons (après avoir ramené l'axe Ox en Ox_1) le segment d'ordonnée $a_1A_1 = aA$ et, par ailleurs,

$$a_1a'_1 = aa'.$$

Le seul changement que nous introduisons ainsi est sans importance, puisqu'il s'applique à la marche diurne de l'étalon dont la connaissance ne nous est pas nécessaire.

En effet, avec le premier système, cette marche est représentée par $\text{tg } \alpha^{(1)}$; avec le second système, au contraire, dans lequel on ne peut plus mesurer l'angle α , mais seulement les angles α_1 et β , elle est représentée par l'expression :

$$\frac{1 + \text{tg}^2 \beta}{\text{cotg } \alpha_1 + \text{tg } \beta} \quad (2).$$

⁽¹⁾ L'angle α est, dans la figure 16, l'angle de OA représentant la *courbe auxiliaire* et de Ox représentant la *courbe moyenne*, toutes deux réduites à une droite pour la commodité du calcul; en réalité, l'angle α est l'angle des tangentes à ces deux courbes menées par les deux extrémités de la même ordonnée.

⁽²⁾ En effet :

$$\alpha_1 = \alpha - \delta + \beta \quad \text{et} \quad (1) \quad \text{tg } \alpha_1 = \frac{\text{tg } (\alpha - \delta) + \text{tg } \beta}{1 - \text{tg } (\alpha - \delta) \text{tg } \beta}.$$

Or :

$$\begin{aligned} Aa &= Oa \text{ tg } \alpha, & a_1a &= Oa \text{ tg } \beta, \\ A_1a &= Oa \text{ tg } (\alpha - \delta), & Aa &= A_1a_1 = A_1a + a_1a, \end{aligned}$$

$$\text{c'est-à-dire : } \text{tg } \alpha = \text{tg } (\alpha - \delta) + \text{tg } \beta \quad \text{ou} \quad (2) \quad \text{tg } (\alpha - \delta) = \text{tg } \alpha - \text{tg } \beta$$

En transportant (2) dans (1) il vient :

$$\text{tg } \alpha_1 = \frac{\text{tg } \alpha - \text{tg } \beta + \text{tg } \beta}{1 - \text{tg } \beta (\text{tg } \alpha - \text{tg } \beta)} = \frac{\text{tg } \alpha}{1 - \text{tg } \alpha \text{tg } \beta + \text{tg}^2 \beta}.$$

d'où l'on tire :

$$\text{tg } \alpha = \frac{\text{tg } \alpha_1 + \text{tg } \alpha_1 \text{tg}^2 \beta}{1 + \text{tg } \alpha_1 \text{tg } \beta}, \quad \text{tg } \alpha = \frac{1 + \text{tg}^2 \beta}{\text{cotg } \alpha_1 + \text{tg } \beta}.$$

En choisissant judicieusement l'angle β , nous pouvons abaisser la droite OA autant qu'il sera nécessaire pour la maintenir dans les limites du graphique et pour déterminer son intersection avec les ordonnées sous l'angle le plus favorable.

Nous avons, à notre retour en France, appliqué cette méthode graphique aux différents transports du temps que nous avons effectués dans la région du Tchad, afin de vérifier les résultats que nous avons calculés sur place par la méthode décrite précédemment.

Nous avons trouvé presque exactement les mêmes valeurs, après avoir rendu les résultats comparables en affectant aux montres les mêmes poids dans chacune des deux méthodes.

Conclusion. — Après une expérience de plusieurs années, nous dirons, pour conclure, que la méthode de détermination des longitudes par le transport du temps, au cours d'une campagne d'exploration, peut donner d'excellents résultats aux conditions suivantes :

1° Tous les soins matériels, dont il est parlé pages 121 à 124, seront prodigués aux montres, sans répit et pendant toute la campagne. C'est, de toutes les conditions, la plus importante, celle qui influera le plus directement sur la précision des résultats;

2° Les observations d'heure locale seront faites par la méthode des hauteurs égales et, autant que possible, à l'aide de l'astrolabe à prisme. L'observateur disposera d'au moins quatre montres dont une réglée sur le temps sidéral;

3° Les comparaisons entre le compteur ou l'étalon et les autres montres seront toujours prises avec le plus grand soin et, si possible (lorsque l'observateur possédera des montres réglées sur le temps sidéral et sur le temps moyen), par la méthode des coïncidences (nécessitant l'emploi de petits microphones);

4° On s'efforcera de maintenir le transport du temps sur une chaîne de circuits chronométriques fermés une fois au moins; chaque circuit moyen durant huit à dix jours environ et représentant une progression d'environ 40 à 50 kilomètres dans la direction générale de marche de l'expédition;

5° Les courbes des comparaisons journalières, ou des marches relatives de l'étalon et des diverses montres, seront établies comme il est dit (p. 128);

6° Le graphique des marches moyennes diurnes des montres sera établi comme il est indiqué (p. 128 et 129);

7° Les poids des montres, de circuit fermé en circuit fermé, seront déterminés comme il est expliqué (p. 130).

En outre, si l'on veut opérer par la méthode *des états* :

8° La courbe moyenne des variations probables de l'étalon sera établie

comme il est indiqué (p. 135), *mais en tenant compte des poids déterminés pour les montres*⁽¹⁾;

9° Le graphique des états de l'étalon sur le temps de Paris (voir p. 139) sera dressé à l'échelle minima de 1 centimètre par jour et 1 centimètre pour deux secondes de temps; cette échelle pourra, à l'occasion, être augmentée, afin de diminuer l'imprécision des appréciations graphiques.

Ces conditions étant remplies, nous estimons qu'un bon observateur, cheminant le long d'un parallèle, peut effectuer son transport du temps avec une *approximation de 5 à 10 secondes d'arc par degré de longitude*.

§ V. APPLICATION NUMÉRIQUE.

Pour compléter cet exposé de la méthode graphique, nous allons donner avec quelques détails une application numérique de cette méthode à l'un de nos circuits chronométriques, dans la région du Tchad. Le capitaine Lauzanne fut chargé de la détermination des différences de longitude suivantes :

Bosso — Embouchure Rivière Komadougou.

Bosso Koukaoua Baga (Seyoram).

Le travail dura du 14 décembre 1907 au 13 janvier 1908 et comporta les observations de latitudes et d'heures locales suivantes (fig. 17) :

Bosso	14 décembre.	} Circuit fermé.
Bosso	15 —	
Embouchure Komadougou.	16 —	
Bosso	17 —	
Bosso	24 décembre.	} Circuit plusieurs fois fermé.
Bosso	26 —	
Argué.....	27 —	
Allaïrou	29 —	
Kaoua.....	30 —	
Kaoua.....	2 janvier.	
Koukaoua	3 —	
Kaoua.....	4 —	
Baga.....	5 —	
Kaoua.....	6 —	
Kaoua.....	8 —	
Allaïrou.....	9 —	
Argué.....	11 —	
Bosso	12 —	
Bosso	13 —	

⁽¹⁾ Voir, à ce sujet, le paragraphe 6 sur l'esprit général des méthodes des états et des marches.

Le capitaine Lauzanne disposait de cinq montres, dites de torpilleur, dont quatre réglées sur le temps moyen : R, D, A, B, et une réglée sur le temps sidéral : S. R servait d'étalon ; S de compteur.

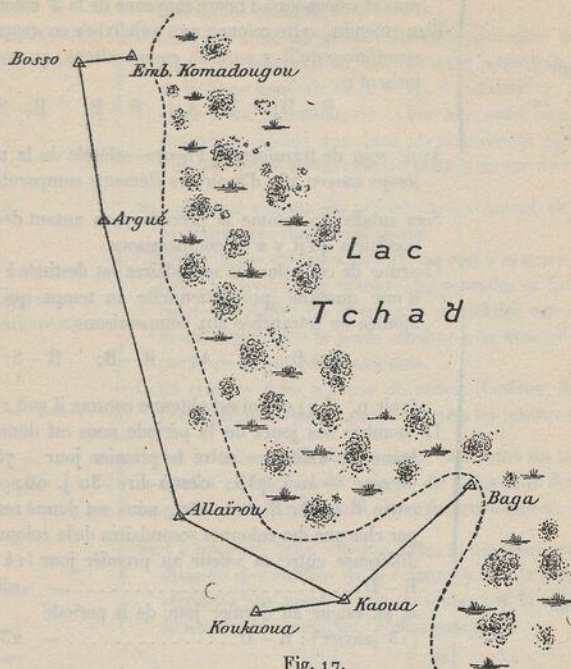


Fig. 17.

On trouvera à la fin du paragraphe 8 (pl. VI à XXXII) quelques graphiques d'observations avec les résultats qui en ont été conclus au point de vue des latitudes et des états des montres sur le temps local.

Passons maintenant à l'établissement du tableau destiné à la construction de la courbe moyenne des variations probables de l'étalon pendant toute cette période. Pour plus de facilité et de clarté, nous prendrons une feuille de papier quadrillé que nous diviserons en plusieurs colonnes :

1^{re} colonne. Date.

2^e colonne. { Nombre de jours et fraction de jour de la période Julienne correspondant à cette date et à l'heure moyenne des comparaisons des montres (ce renseignement est donné par la *Connaissance des Temps*, p. 13 à 15, en 1908)⁽¹⁾.

⁽¹⁾ En vue de la simplification des calculs, nous retranchons un nombre constant de jours à la période julienne. Ce nombre de jours est celui qui correspond au jour moyen de la période considérée. Il est de 2,418,000 dans notre exemple et correspond au 28 février.

3^e colonne..... L'heure moyenne des comparaisons ⁽¹⁾.

Les diverses comparaisons de l'étalon R aux autres montres à cette date, telles qu'elles résultent du carnet des comparaisons et ramenées à l'heure moyenne de la 3^e colonne.

4^e colonne..... Bien entendu, cette colonne sera subdivisée en *autant de colonnes secondaires* qu'il y aura de comparaisons, quatre dans le cas présent :

$$R - D; \quad R - A; \quad R - B; \quad R - S.$$

Avoir soin de transformer l'heure sidérale de la montre S en temps moyen afin d'avoir des éléments comparables ⁽²⁾.

Sera subdivisée comme la précédente en autant de colonnes secondaires qu'il y a de comparaisons.

Chacune de ces colonnes secondaires est destinée à l'inscription d'une quantité proportionnelle au temps qui devra être ajoutée ou retranchée aux comparaisons :

$$R - D; \quad R - A; \quad R - B; \quad R - S;$$

(voir p. 159) et qui est obtenue comme il suit :

Le nombre des jours de la période nous est donné par la colonne 2, différence entre le premier jour — 75 j. 802 et le dernier — 45 j. 743, c'est-à-dire 30 j. 06; l'écart total entre R et D, R et A, etc., nous est donné respectivement par chacune des colonnes secondaires de la colonne 4 : c'est la différence entre sa valeur au premier jour (14 décembre) :

$$\begin{aligned} R - D & \dots\dots\dots = 23^h 25^m 04^s \\ \text{et sa valeur au dernier jour de la période} \\ (13 \text{ janvier}) : R - D & \dots\dots\dots = 23^h 19^m 44^s,55 \end{aligned}$$

c'est-à-dire l'accroissement de la quantité $R - D$ pendant 30 j. 06..... $5^m 19^s,45$
ce qui donne pour un jour : 10^s,63 pour $R - D$;
on obtient de même :

$$\begin{aligned} 13^s,67 & \text{ pour } R - A; \\ 13^s,81 & \text{ pour } R - B; \\ 4^s,46 & \text{ pour } R - S; \end{aligned}$$

et nous adoptons respectivement comme facteur quotidien de la quantité proportionnelle au temps : 10^s, 14^s, 14^s, 4^s, que nous multiplions par les chiffres de la colonne 2. Le résultat de la multiplication est inscrit, pour chaque date, dans les quatre colonnes secondaires de cette colonne 5.

⁽¹⁾ Nous entendons par heure moyenne des comparaisons, l'heure marquée par l'étalon au milieu de l'opération des comparaisons. Si la comparaison de la première montre à l'étalon est prise à 6^h 5^m 20^s de l'étalon, et si la comparaison de la dernière montre est prise à 6^h 14^m 40^s, l'heure moyenne de la comparaison sera 6^h 10^m de l'étalon. Il ne sera pas nécessaire de tenir compte de l'état de l'étalon sur le temps local ou sur le temps de Paris.

⁽²⁾ Cette transformation s'effectue aisément à l'aide de la table V de la *Connaissance des Temps*.

- Se subdivise, comme la précédente, en autant de colonnes secondaires que de comparaisons.
- Chacune de ces colonnes secondaires sert à inscrire pour chaque date la différence entre les colonnes secondaires correspondantes des colonnes 4 et 5.
- 6^e colonne On obtient ainsi des nombres se succédant dans un ordre assez régulier; lorsque l'un des nombres s'écartera brusquement de la ligne générale de la série, il conviendra, avant de conclure à une anomalie, de rechercher, aussi bien sur le carnet des comparaisons que dans les précédentes colonnes, s'il ne s'est pas glissé fortuitement quelque erreur de calcul.
- Se subdivise comme la précédente en autant de colonnes secondaires que de comparaisons.
- Chacune de ces colonnes secondaires sert à inscrire, pour chaque date, le produit du nombre des secondes et fractions de seconde du chiffre de la colonne secondaire correspondante de la colonne 6, par le poids attribué à la montre pour tout ou partie de la période considérée.
- 6^e colonne *bis*.
(facultative) Cette colonne 6 *bis* n'a pas de raison d'exister dans le cas où l'on attribue le même poids à toutes les montres.
- 7^e colonne Sert à inscrire, pour chaque date, la somme du nombre des secondes et fraction de seconde de l'ensemble des colonnes secondaires de la colonne 6 *bis* ou de la colonne 6, suivant le cas.
- 8^e colonne Sert à inscrire, pour chaque date, le quotient provenant de la division des chiffres de la colonne 7 par la somme des poids attribués aux montres, ou, si toutes ont le même poids, par le nombre des montres (étalon compris).

TABLEAU POUR L'ÉTABLISSEMENT DE LA COURBE

DES VARIATIONS PROBABLES DE L'ÉTALON.

DATE.	JOURS de la semaine julienne.	HEURE MOYENNE des observations.	RÉSULTATS DES COMPARAISONS JOURNALIÈRES				QUANTITÉ PROPORTIONNELLE AU TEMPS				DIFFÉRENCE DES COLONNES 5 à 7 et 8 à 11.				PRODUIT DES CHIFFRES DES COLONNES 12 à 15 PAR LES PUISS.				NOTE
			R - D $b_1 - b_2$ $t_1 - t_2$	R - A $b_1 - b_3$ $t_1 - t_3$	R - B $b_1 - b_4$ $t_1 - t_4$	R - S $b_1 - b_5$ $t_1 - t_5$	R - D $Q = 10$	R - A $Q = 14$	R - B $Q = 15$	R - S $Q = 17$	12	13	14	15	16	17	18	19	
11 décembre.	-75,806	0 45 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	-11 38 00	-17 51 15	-17 51 15	-17 51 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
12.....	719	6 44	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	23 56	17 79
13.....	-74,799	4 59	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
14.....	720	6 31	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
15.....	-75,799	5 01 5	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
16.....	720	6 39	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
17.....	-74,799	4 56	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
17.....	720	6 36	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
18.....	-74,799	5 00	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
19.....	670	7 46 5	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
20.....	-76,807	4 28	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
21.....	-69,800	4 18 5	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
22.....	-68,804	5 40	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
23.....	-67,799	5 00	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
24.....	-66,799	4 38	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
25.....	-65,799	6 03	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
26.....	690	7 30	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
27.....	-64,799	4 57	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
28.....	-63,799	6 33	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
29.....	-62,799	6 03	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
30.....	-61,799	7 11 5	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
31.....	-60,799	5 49	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
32.....	690	7 39 5	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79
33.....	-60,800	4 47 5	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	23 56 15	17 79

(1) M. Clergé a adopté les notations suivantes :

Heure (moyenne) de la mesure.	R = b_1 D = b_2 A = b_3 B = b_4	État (sur le temps moyen) de la mesure.	R = t_1 D = t_2 A = t_3 B = t_4
Heure (solénaire) de la mesure.	S = H_1	État (sur le temps solénaire) de la mesure.	S = T_1

 T_1 = Temps solénaire à midi moyen. K = Coefficient de conversion de temps moyen en temps solénaire.

(Table VI de la C. T.)

JOURS de la planète julienne.	JOURS des compar. julienne.	RÉSULTATS DES COMPARAISONS JOURNALIÈRES MONTÉS À L'ÉCHÉLON DES COMPARAISONS.				QUANTITÉ PROPORTIONNELLE AU TILHO À L'ÉCHÉLON DES COMPARAISONS DES COLONNES 12 À 15.							
		R - B	R - A	R - S	R - T	R - B	R - A	R - S	R - T	R - B	R - A	R - S	R - T
		$\frac{R-B}{T_1-T_2}$	$\frac{R-A}{T_1-T_2}$	$\frac{R-S}{T_1-T_2}$	$\frac{R-T}{T_1-T_2}$	$\frac{R-B}{T_1-T_2}$	$\frac{R-A}{T_1-T_2}$	$\frac{R-S}{T_1-T_2}$	$\frac{R-T}{T_1-T_2}$	$\frac{R-B}{T_1-T_2}$	$\frac{R-A}{T_1-T_2}$	$\frac{R-S}{T_1-T_2}$	$\frac{R-T}{T_1-T_2}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
29 décembre.	-66,774	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
30.....	-67,754	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
31.....	-68,734	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
1.....	-69,714	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
2.....	-70,694	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
3.....	-71,674	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
4.....	-72,654	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
5.....	-73,634	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
6.....	-74,614	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
7.....	-75,594	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
8.....	-76,574	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
9.....	-77,554	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
10.....	-78,534	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
11.....	-79,514	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
12.....	-80,494	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
13.....	-81,474	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
14.....	-82,454	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
15.....	-83,434	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
16.....	-84,414	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
17.....	-85,394	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
18.....	-86,374	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
19.....	-87,354	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
20.....	-88,334	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
21.....	-89,314	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
22.....	-90,294	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
23.....	-91,274	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
24.....	-92,254	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
25.....	-93,234	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
26.....	-94,214	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
27.....	-95,194	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
28.....	-96,174	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
29.....	-97,154	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
30.....	-98,134	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5
31.....	-99,114	5'45"5	5'35"5	5'25"5	5'15"5	5'05"5	4'55"5	4'45"5	4'35"5	4'25"5	4'15"5	4'05"5	3'55"5

MISSION TILHO. — 1.

DIFFÉRENCE DES COLONNES 4 à 7 ET 8 à 11.				PRODUIT DES CHIFFRES DES COLONNES 12 à 15 PAR LES SIGNES.				SOMME des produits.		NOTE des observations.	
R - B	R - A	R - S	R - T	R - B	R - A	R - S	R - T	R - B	R - A	R - S	R - T
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113
103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122
112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123
113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124
114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133
123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136
126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138
128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142
132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145
135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146
136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147
137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148
138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152
142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153
143											

TABLEAU DU CALCUL DES LONGITUDES.

DÉCEMBRE 1907.									
	BOSSO		EMB. K. YOOBÉ	BOSSO			ARGUÉ	ALLAÏROU	KAOUA
	14 déc.	15 déc.	16 déc.	17 déc.	24 déc.	26 déc.	27 déc.	29 déc.	30 déc.
$Tmp - R +$	0°09'46'35	0°09'50'62	0°09'54'68	0°09'59'03	0°10'30'90	0°10'40'28	0°10'44'44	0°10'57'10	0°10'59'58
$Tml - R +$	0 53 38 35	0 53 42 62	0 54 03 12	0 53 51 03	0 54 22 91	0 54 32 28	0 54 42 48	0 55 30 88	0 56 23 18
$l +$	0 43 52	0 43 52	0 44 08 44	0 43 52	0 43 52	0 43 52	0 43 58 04	0 44 33 78	0 45 23 60
$l_2 +$	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	0 43 57 80	0 44 35 95	0 45 22 89
$Tmp - R +$							0 10 44 68	0 10 54 93	0 11 00 29
$l_3 +$							(1)	0 44 36 84	0 45 23 78
$Tmp - R +$								0 10 54 04	0 10 59 40
$l_4 +$								(1)	0 45 24 18
$Tmp - R +$									0 10 59 05
									(1)
Anciennes longitudes.	0 43 52						0 43 57 58	0 44 36 85	0 45 24 57

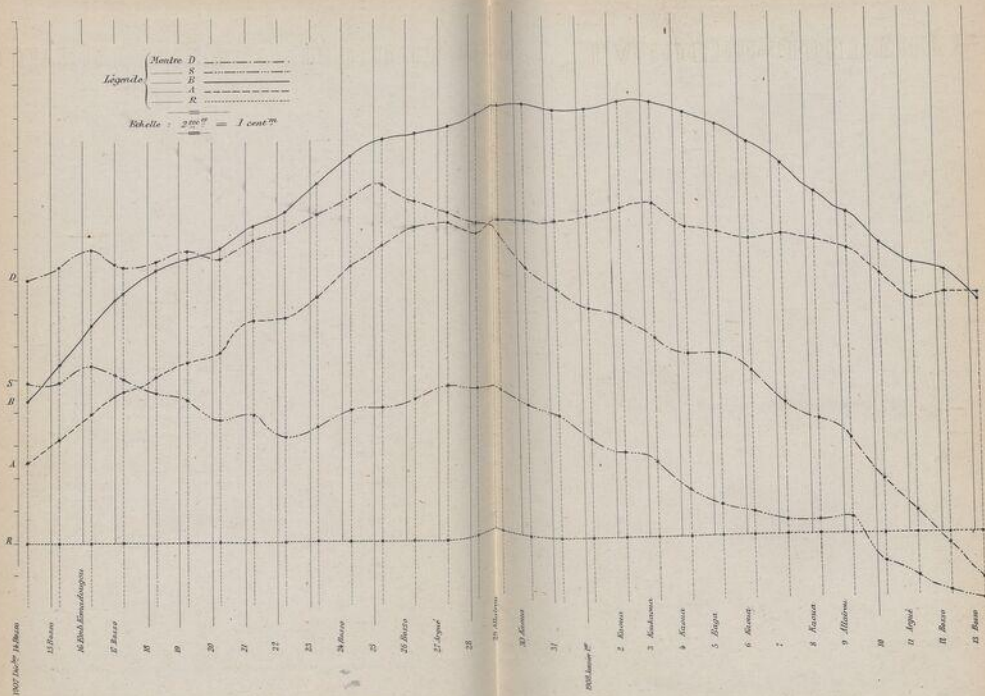
JANVIER 1908.									
	KAOUA	KOUKAOUA	KAOUA	BAGA	KAOUA		ALLAÏROU	ARGUÉ	BOSSO
	2 janv.	3 janv.	4 janv.	5 janv.	6 janv.	8 janv.	9 janv.	11 janv.	12 janv. 13 janv.
$Tmp - R +$	0°11'13'67	0°11'18'22	0°11'23'47	0°11'27'76	0°11'32'34	0°11'42'82	0°11'43'84	0°11'55'54	0°11'59'97
$Tml - R +$	0 56 36 56	0 56 09 19	0 56 46 36	0 57 31 43	0 56 55 23	0 57 04 99	0 56 21 96	0 55 53 10	0 55 51 97
	0 45 22 89	0 44 50 97	0 45 22 89	0 46 03 67	0 45 22 89	0 45 22 17	0 44 38 12	0 43 57 56	0 43 52
$l_2 +$		0 44 52 21		0 46 04 91		0 45 22 89	0 44 35 95	0 43 57 80	
$Tmp - R +$		0 11 16 98		0 11 26 52		0 11 42 10	0 11 46 04	0 11 55 30	
Anciennes longitudes.		0 44 52 66		0 46 05 48					
Anglais.		0 44 53 15							

(1) Ces diverses approximations peuvent être rendues inutiles par le tracé de la courbe auxiliaire.

Légende

Montre D	— — — — —
S	— — — — —
B	— — — — —
A	— — — — —
R	— — — — —

Echelle : $\frac{2 \text{ mm}}{1 \text{ cent}} = 1 \text{ cent}^{\text{re}}$



Notre tableau étant ainsi dressé, nous passons à l'exécution des courbes représentant les variations de chacune des montres par rapport à la marche de l'étalon, représentée par une ligne droite, l'axe des x .

Sur une feuille de papier millimétré nous portons sur l'axe des x les dates, à l'échelle de 1 centimètre pour un jour; nous portons ensuite en ordonnées, aux dates correspondantes, des longueurs égales aux chiffres de chacune des colonnes secondaires de la colonne 6, à l'échelle de 1 centimètre pour deux secondes. Nous joignons les sommets de ces ordonnées et nous obtenons autant de courbes que de colonnes secondaires, chaque courbe représentant la variation de la montre à laquelle elle appartient par rapport à l'étalon R (voir pl. III).

Ces courbes ne décelant dans notre graphique aucune variation anormale, nous en concluons qu'il n'y a pas eu de perturbations pendant la période considérée, et nous passons à la construction de la courbe moyenne, que nous effectuons en utilisant simplement les chiffres de la colonne 8 (il y a avantage à effectuer ce tracé sur une feuille de papier millimétré indépendante).

Cette courbe moyenne étant ainsi tracée, nos déterminations de longitude vont s'effectuer de la façon la plus simple et la plus rapide.

Sur une feuille de papier quadrillé, traçons autant de colonnes verticales qu'il y a eu d'observations effectuées pendant la période considérée (voir *Tableau du calcul des longitudes*).

Puis écrivons sur trois lignes horizontales :

1° État de l'étalon sur le temps moyen de Paris : $Tmp - R$;

2° État de l'étalon sur le temps moyen local : $Tml - R$;

3° Longitude du point par rapport à Paris : l .

On sait que ces trois quantités sont liées par la relation :

$$(Tmp - R) + l = (Tml - R).$$

L'état sur le temps moyen local ($Tml - R$) étant toujours connu par l'observation faite en ce point, l'inconnue sera tantôt l (longitude du point) si l'on connaît ($Tmp - R$), tantôt ($Tmp - R$) si l'on connaît l .

Ainsi, ayant adopté comme longitude de Bosso $0^h 43^m 52^s$ Est Paris, nous inscrivons sur la deuxième ligne horizontale les états de R sur le temps moyen local résultant des observations des 14, 15 et 17 décembre, $0^h 53^m 38^s, 35$, etc.; nous en concluons aussitôt les chiffres à inscrire sur la première ligne $Tmp - R$ pour ces trois jours, ils représentent la différence entre les lignes 2 et 3.

Portons en ordonnées, sur le graphique où est tracée la courbe moyenne des variations probables de l'étalon aux dates 14, 15 et 17 décembre, les chiffres obtenus ainsi pour $Tmp - R$, bien entendu, à partir de cette courbe moyenne et à la même échelle que précédemment.

Pour ne pas sortir des limites de l'épure, retranchons aux ordonnées de cette courbe moyenne une ordonnée constante et égale à $9^m 50^s$; à partir de cette courbe moyenne, nous n'avons donc qu'à porter les trois ordonnées :

$$- 3^s,65; \quad + 0^s,62; \quad + 9^s,03.$$

Joignons par des lignes droites les sommets de ces trois ordonnées, puis traçons la courbe auxiliaire qui remplace logiquement la ligne brisée ainsi déterminée (voir pl. IV).

Mesurons la portion de l'ordonnée du 16 décembre, comprise entre la courbe moyenne et la courbe auxiliaire, soit $+ 4^s 68$; en ajoutant la constante négligée pour la commodité du graphique, $9^m 50^s$, nous en déduisons l'état de R sur le temps moyen de Paris le 16 décembre, $9^m 54^s,68$, résultat inscrit sur la première ligne de la colonne du 16 décembre, $Tmp - R$. Comme nous avons déjà inscrit sur la deuxième ligne de cette colonne $Tml - R$ (résultant de l'observation du jour), nous en concluons l par une simple soustraction :

$$\text{longitude camp}^t \text{ embouchure Komadougou} = + 0^h 44^m 08^s,44.$$

Le deuxième circuit se présente sous une forme un peu plus compliquée, qui rend plus laborieux le tracé de la courbe auxiliaire.

Nous possédons, en effet, les données suivantes :

1° A Bosso, les observations des 24 et 26 décembre, 12 et 13 janvier, donnant une première ligne polygonale de variations d'état de l'étalon sur le temps de Paris, figurée à sa place sur le graphique, puisque nous connaissons la longitude de Bosso;

2° A Argué, les observations du 27 décembre et du 11 janvier donnant une droite de variations d'état de l'étalon figurée entre ses ordonnées exactes, mais hors de sa place présumée, sa place vraie dépendant de la longitude inconnue d'Argué;

3° A Allairou, les observations du 29 décembre et du 9 janvier donnant une droite de variations d'état de l'étalon figurée entre ses ordonnées exactes, mais hors de sa place présumée, sa place vraie dépendant de la longitude inconnue d'Allairou;

4° A Kaoua, les observations des 30 décembre, 2, 4, 6 et 8 janvier donnant une dernière ligne de variations d'état de l'étalon, ligne brisée figurée

entre ses ordonnées exactes, mais hors de sa place présumée, sa place vraie dépendant de la longitude inconnue de Kaoua.

§ 6. ESPRIT GÉNÉRAL DES DEUX MÉTHODES (MARCHES ET ÉTATS). CONCLUSION PRATIQUE.

M. Driencourt, ingénieur hydrographe en chef de la Marine, a bien voulu dégager pour nous l'esprit général des deux méthodes et nous exposer la conclusion pratique à laquelle il s'était arrêté pour la détermination des poids à affecter aux montres.

Le présent paragraphe, rédigé sur ses indications immédiates, exprime, sur ces questions, son opinion particulièrement autorisée.

Modes de représentation des données. — Prenons pour abscisses les jours de la montre et pour ordonnées les valeurs de l'élément à représenter. L'échelle de 0^m 0 1 par 24 heures pour les abscisses peut être regardée comme

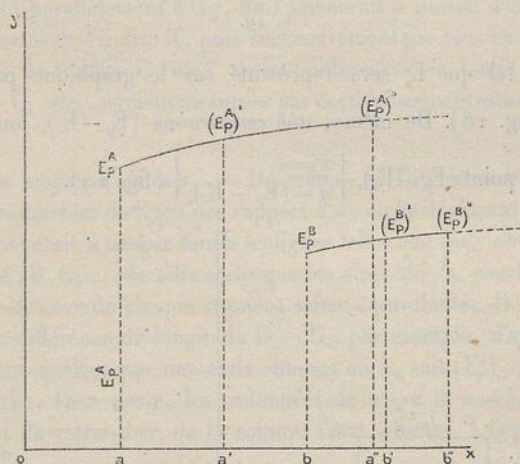


Fig. 18.

amplement suffisante : à cette échelle, les variations de la montre étalon sont négligeables et il est permis de considérer les abscisses comme proportionnelles au temps.

Soient :

p , l'une des montres;

$E_p^A, (E_p^A)', (E_p^A)'' \dots, E_p^B, (E_p^B)', (E_p^B)'' \dots$, ses états sur le temps du lieu A, du lieu B, etc.; aux époques définies par les abscisses $a, a', a'' \dots, b, b', b'' \dots$, O représentant l'origine du temps de la montre étalon;

$(E_p - E_o)_n$ le résultat de la comparaison journalière à l'époque définie par l'abscisse n .

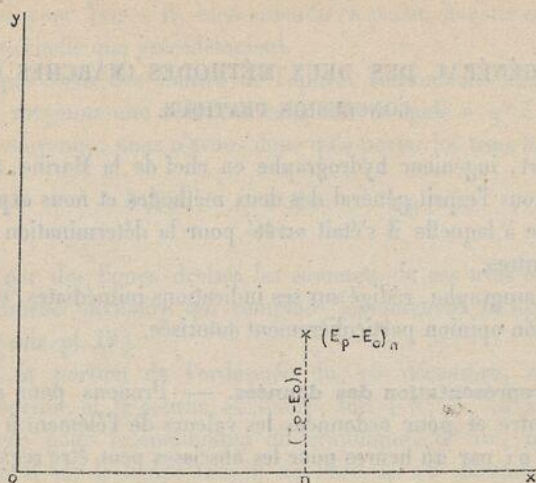


Fig. 19.

1° Un état tel que E_p^A sera représenté sur le graphique par le point $E_p^A \left\{ \begin{matrix} x=a \\ y=E_p^A \end{matrix} \right\}$ (fig. 18). De même, une comparaison $(E_p - E_o)_n$ aura pour représentation le point $(E_p - E_o)_n \left\{ \begin{matrix} x=n \\ y=(E_p - E_o)_n \end{matrix} \right\}$ (fig. 19).

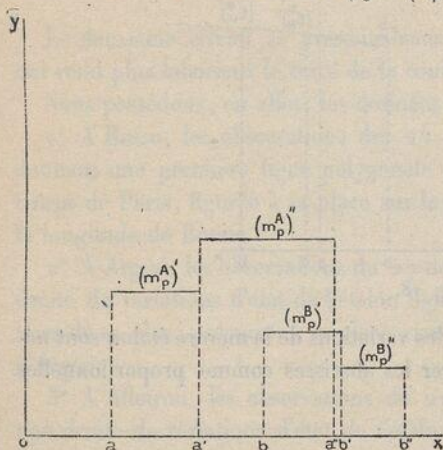


Fig. 20.

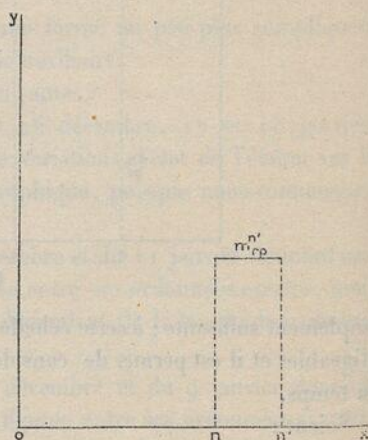


Fig. 21.

2° Chaque marche diurne moyenne, telle que $(m_p^A)'$, entre les époques a et a' de deux états consécutifs obtenus en un même lieu, sera représentée par le segment

$(m_p^A)'$ de la parallèle à Ox , $y = \frac{(E_p^A)' - E_p}{a' - a}$, limité aux droites $x = a$, $x = a'$ (fig. 20) et chaque *marche relative diurne* telle que celle entre les deux jours consécutifs n et n' ($n' - n$ voisin de 1) pour le segment $m_{rp}^{n'}$ de la parallèle à Ox , $y = \frac{(E_p - E_o)_{n'} - (E_p - E_o)_n}{n' - n}$, limité aux droites $x = n$ et $x = n'$ (fig. 21).

Détermination des différences de longitude par chaque montre séparément. — Nous allons voir comment on doit procéder, suivant le mode de représentation que l'on emploie pour les données, pour déterminer les différences de longitude $G_A - G_n$, $G_n - G_c$, etc., au moyen de la seule montre p .

Ici, les comparaisons journalières ou les marches relatives diurnes ne peuvent, évidemment, nous être d'aucune utilité, puisqu'il ne s'agit que d'une montre. Nous ne nous occupons donc que des figures 18 et 20 et seulement sur ces figures des points ou segments se rapportant à la montre p .

1° *États.* — Si l'on connaissait la courbe, $y = E_p(x)$, des états de la montre sur le temps d'un lieu quelconque, en fonction du temps x de la montre étalon, en la déplaçant parallèlement à Oy , on l'amènerait à passer d'abord par tous les points affectés de l'indice A , puis successivement par tous les points affectés de l'indice B , de l'indice C , etc., et les différences de longitude cherchées $G_A - G_n$, $G_n - G_c$, etc., seraient mesurées par ces déplacements successifs comptés suivant Oy .

2° *Marches moyennes diurnes.* — De même, si l'on connaissait la courbe $y = E_p'(x)$ des dérivées de $E_p(x)$ par rapport à x , en la déplaçant parallèlement à Oy , on l'amènerait à couper toutes les lignes telles que $(m_p^A)'$ obtenues aux différents lieux $A, B, C, \dots$ de telle sorte que les aires de la courbe situées au-dessus et au-dessous de chaque segment soient équivalentes. Il suffirait alors, pour avoir la différence de longitude $G_A - G_n$, par exemple, d'ajouter algébriquement à l'un quelconque des états obtenus en A , soit $(E_p^A)'$, l'aire comprise entre la courbe, l'axe des x , les ordonnées de $x = a$ et $x = b$, ou $x = b'$, ou $x = b''$, ... et de retrancher de la somme l'état observé à l'époque b , ou b' , ou b'' , ...

Indétermination du problème. — La connaissance de l'une ou l'autre de ces courbes, qui est suffisante, est aussi nécessaire pour résoudre le problème d'une façon rigoureuse. Or on n'a, pour la première, que des points isolés appartenant à des tronçons décalés en y , les uns par rapport aux autres, de quantités égales aux différences de longitude inconnues mesurées sur Oy ; et, pour la seconde, on sait seulement qu'elle doit satisfaire à la condition d'équivalence des aires qui vient d'être indiquée pour chacun des segments de la figure 20. *Le problème est donc complètement indéterminé.*

Toutefois, on sait par expérience que, si la montre p est bonne et si elle a été convenablement traitée, ses marches réelles n'ont pu varier qu'entre des limites très restreintes. Leur courbe doit donc ne présenter que de *faibles écarts* de part et d'autre des segments de marches moyennes. Pour la même raison, la courbe réelle des états sur le temps d'un lieu quelconque dont les marches sont les coefficients angulaires des tangentes doit être *assez régulière*.

Cette condition supplémentaire *limite donc seulement l'indétermination* du problème qui reste toujours non susceptible d'une solution rigoureuse.

Pour le déterminer, il faut avoir recours à une hypothèse. C'est ce qu'ont fait certains auteurs qui sont arrivés ainsi à tracer des règles conduisant, dans les différents cas, à une solution indépendante du calculateur. C'est là évidemment un avantage, mais encore faut-il que l'hypothèse au prix de laquelle il est acheté soit plausible, et c'est précisément ce qu'il est difficile de justifier. En outre, quelques-unes de ces méthodes ont l'inconvénient de comporter des calculs trop compliqués pour le peu de précision qu'on peut espérer obtenir en raison de l'indétermination qui subsiste.

Tracé des courbes au sentiment. — Puisque, de toutes façons, il faut faire *intervenir le sentiment* pour déterminer le problème, au lieu de le faire se manifester dans le choix d'une hypothèse, choix très limité à cause du petit nombre de celles qui paraissent admissibles et conduisent à des solutions relativement simples, il est de beaucoup préférable de s'en servir pour le tracé des courbes d'états ou de marches. D'après ce qui a été dit plus haut, on sait que ces courbes, en dehors de la condition à laquelle elles sont assujetties nécessairement, ne présentent, si la montre est bonne, que des irrégularités assez faibles. Comme on ignore le sens de chacune de ces irrégularités, le mieux est de tracer *une courbe aussi simple que possible*, satisfaisant à la condition qui doit être rigoureusement remplie.

Avec les marches moyennes, on tracera donc une *courbe de marches vraies aussi régulière que possible* remplissant cette condition que les aires, situées au-dessus et au-dessous de chaque marche moyenne entre la courbe, le segment de marche moyenne et ses ordonnées extrêmes, soient équivalentes. Le tracé une fois effectué, on aura les différences de longitude fournies par la montre p comme il a été dit précédemment.

Avec les états, on commencera par faire passer *des courbes, aussi régulières que possible, par les différents points représentatifs des états de chaque lieu*; puis on déplacera les courbes de B, de C, etc. parallèlement à Oy de manière à ce qu'elles forment, avec la courbe de A, une seule et même courbe présentant le moins d'inflexions possible. Pour atteindre ce résultat, on devra naturellement combler les lacunes, s'il en existe, et faire en sorte que les parties communes se superposent, ce qui amènera toujours à remanier le tracé des tronçons primitifs.

Les autres parties de ces tronçons auront sans doute également à subir quelques modifications, tout en restant assujetties à passer par les points représentatifs des états, augmentés ou diminués d'une quantité constante pour chaque lieu. Cela fait, les différences de longitude $G_a - G_b$, $G_b - G_c$, etc., s'obtiendront immédiatement en mesurant, sur le graphique, les déplacements en y d'un point représentatif d'état en B, puis un point représentatif en C par rapport au précédent, et ainsi de suite.

Dans un mode de représentation comme dans l'autre, la méthode graphique, on le voit, se prête merveilleusement à la résolution du problème tel qu'il se posait avec son indétermination limitée. Il est d'ailleurs évident que si on opère par les deux procédés, on ne trouvera pas, en général, identiquement les mêmes résultats, le sentiment n'intervenant pas de la même façon pour le tracé des deux courbes; mais les différences seront toujours au plus de l'ordre de celles qui peuvent affecter toute solution plausible du problème; elles pourront même servir à donner une idée de cet ordre de grandeur.

Comparaison des deux modes de représentation. — A première vue, le tracé de la courbe des marches paraît plus simple que celui des états sur le temps de A. En réalité, il se complique rapidement lorsque plusieurs séries de marches moyennes chevauchent les unes sur les autres. Le tracé de la courbe des états est peut-être alors plus facile.

L'emploi des états semble présenter d'autres avantages sur celui des marches. Tout d'abord, les états sont obtenus directement, tandis que les marches doivent être calculées. Puis, les différences de longitude se lisent directement sur le graphique des états, alors qu'il faut évaluer une aire et faire un petit calcul avec le graphique des marches. En fait, le premier de ces avantages est illusoire, car il est presque toujours impossible de construire la courbe des états proprement dits qui ne tarde pas à sortir de la feuille dès que la marche atteint quelques secondes, et on est obligé, pour l'y faire rentrer sans changement d'origine, de retrancher de tous les états le produit du temps, depuis l'origine O, par une marche constante qu'on ne connaît généralement pas immédiatement, ce qui empêche de construire le graphique au fur et à mesure du calcul des états.

Avec les marches, cet inconvénient n'a pas lieu. Leur emploi est aussi plus satisfaisant au point de vue théorique, chaque segment représentant une valeur particulière, moyenne il est vrai, du même élément, quel que soit le lieu où il a été obtenu. Et si le tracé de la courbe de marche est plus compliqué, dans certains cas, que celui de la courbe des états, il semble par là même donner moins de prise à la critique, le sentiment n'intervenant qu'une fois et toujours de la même manière, tandis qu'il intervient deux fois et sous des formes différentes pour l'autre.

Élimination des résultats suspects. — Pour chaque différence de longitude, on a ainsi autant de résultats que de montres ayant servi à transporter le temps. Il arrivera souvent qu'un ou plusieurs de ces résultats présenteront, avec la moyenne, des écarts notablement plus grands que tous les autres. Doit-on les éliminer ?

En principe, un résultat n'est à rejeter que si l'on a la certitude que la montre qui l'a fourni a eu une marche tout à fait défectueuse, dans l'intervalle des observations dont il dépend. Le seul fait qu'un résultat diffère notablement des autres, ne doit pas suffire à le faire exclure. Pour en faire comprendre la raison, imaginons un exemple idéalement simple.

Supposons que, pour obtenir la différence $G_A - G_B$, on ait transporté le temps de A en B avec 5 montres, qu'on ait fait deux états en A, suivis immédiatement du départ et un seul en B, à l'arrivée. Chacune des valeurs de $G_A - G_B$ résultera du prolongement de la marche moyenne de la montre dans l'intervalle $a' - a$ des états de A, jusqu'à l'époque b de l'état de B. Admettons encore que, entre $x=a$ et $x=b$, les courbes de comparaisons des montres 1, 2, 3 avec l'étalon 0 sont des droites (fig. 22), ou que leurs courbes de marches relatives sont des parallèles à Ox (fig. 23), tandis que la courbe des comparaisons de 4 est formée de deux parties rectilignes de coefficients angulaires assez différents, la première entre $x=a$ et $x=a'$, la deuxième entre $x=a'$ et $x=b$, ou (fig. 23) que ses courbes de marches relatives dans les mêmes intervalles sont deux parallèles à Ox d'ordonnées assez différentes.

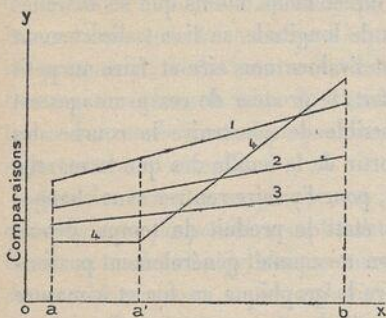


Fig. 22.

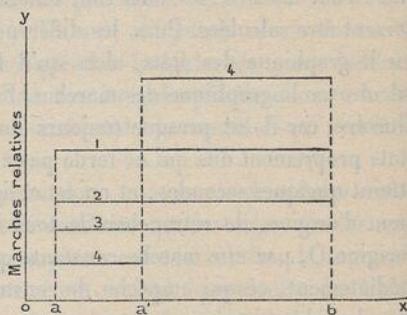


Fig. 23.

Qu'indiquent ces graphiques ? Seulement ceci, que les montres 0, 1, 2, 3, qui marchaient parallèlement en A, ont continué à suivre la même marche parallèle durant le transport de A en B, tandis que la montre 4 ne s'est pas comportée de la même manière, vis-à-vis des quatre premières, dans les deux périodes, tout en marchant parallèlement aux autres dans chacune d'elles. Mais rien ne prouve que ce soit la montre 4 qui ait le plus changé de marche absolue au départ de A.

Dans un groupe de montres, il peut s'en trouver plusieurs qui, sans suivre des marches absolument parallèles comme nous venons de le supposer dans cet exemple théorique, sont influencées dans le même sens par les variations de température et aussi par les petites secousses qu'elles reçoivent durant le portage.

Cela est surtout à craindre pour des montres provenant du même constructeur et ayant eu le même régleur. On conçoit qu'alors elles puissent donner un résultat moyen moins exact, qu'une autre montre influencée en sens contraire par les mêmes causes.

Par contre, si l'une des courbes de comparaisons ou de marches relatives présente de grandes sinuosités alors que les autres sont assez régulières, il est extrêmement probable que la montre correspondante a eu une marche très irrégulière ou de véritables sauts. Le résultat qu'elle a fourni doit être tenu pour suspect et il ne faut pas craindre de le supprimer quand bien même il différerait peu des autres.

Les courbes de marches relatives s'emploient, naturellement, en même temps que les graphiques de marches moyennes, de même que les courbes de comparaisons avec les courbes d'états. Les courbes de marches relatives nécessitent le calcul préalable des différences premières des comparaisons et leur réduction à 24 heures du temps de la montre étalon; mais elles ont l'avantage de ne pas sortir des limites en y du graphique, ce qui se produit souvent pour les courbes de comparaisons. Pour pouvoir construire celles-ci, on est alors obligé de retrancher, de chaque comparaison diurne, une comparaison fictive variant proportionnellement au temps; elles perdent ainsi leur signification et leur seul avantage pratique sur les courbes de marches relatives.

Attribution des poids. — Toutes les valeurs particulières d'une même différence de longitude, celles reconnues suspectes ayant été éliminées, doivent entrer dans la formation du chiffre à adopter. Mais comme les montres ne sont pas également bonnes, ces valeurs n'ont pas le même degré de probabilité. Comment doit-on les combiner pour obtenir le résultat le plus plausible?

On est souvent tenté de donner des *poids de sentiment* d'après l'inspection des courbes de comparaisons ou de marches relatives dans l'intervalle des observations dont dépendent les résultats. Si l'on emploie les marches relatives, par exemple, on construit les courbes en prenant successivement chaque montre comme montre étalon; et les montres sont considérées comme d'autant meilleures que les courbes de marches relatives qui s'y rapportent sont plus rectilignes en moyenne.

Cette règle permet sans doute de classer, jusqu'à un certain point, les montres par ordre de bonté, mais il s'en faut qu'elle donne le moyen d'évaluer les poids

à attribuer aux résultats particuliers fournis par chacune d'elles. Elle peut être appliquée avantageusement, comme nous l'avons vu plus haut, pour mettre en évidence les montres, ou franchement mauvaises ou qui traversent une période de perturbations et dont les résultats, dans tous les cas, doivent être éliminés. C'est à cela que doit, selon nous, se borner l'utilisation des courbes de comparaisons ou de marches relatives dans la détermination des différences de longitude.

Il faut supprimer, autant que possible, l'arbitraire dans l'attribution des poids, et pour cela, il n'y qu'un moyen, c'est de les déterminer à l'aide des résultats particuliers eux-mêmes quand la chose est possible.

Considérons d'abord le cas où la différence de longitude $G_A - G_B$ a été obtenue à l'aide d'une seule montre par une série de transports en nombre égal n dans les deux sens. Si les moyennes des résultats des transports de A en B et de B en A sont sensiblement les mêmes, on prendra comme valeur exacte de $G_A - G_B$ la moyenne arithmétique des résultats et on pourra calculer l'erreur moyenne d'une valeur particulière.

Si maintenant, au lieu d'une seule montre, on en a employé k , on aura de la même manière l'erreur moyenne d'un résultat de chacune des k montres et par suite son poids. Le résultat le plus probable d'un transport en particulier sera la moyenne pondérée des k valeurs correspondantes, de même que la valeur la plus probable du résultat des $2n$ transports sera la moyenne pondérée des k valeurs moyennes fournies par chaque montre.

Le cas le plus fréquent est celui où, au lieu d'une seule différence de longitude déterminée un certain nombre de fois n d'une manière identique, on a, au contraire, une série de n différences de longitude déterminées chacune une seule fois.

Supposons d'abord que les diverses circonstances (durée, longueur des étapes, etc.) puissent être considérées comme étant les mêmes dans tous les transports. Si le nombre k des montres est assez grand, on pourra admettre comme un fait d'expérience que la moyenne arithmétique des k valeurs de chaque différence de longitude représente à très peu près sa valeur exacte et se servir de cette moyenne pour calculer les écarts des k valeurs individuelles. On aura ainsi, pour chaque montre, n écarts correspondant aux n différences de longitude qui fourniront l'erreur moyenne d'une valeur particulière donnée par cette montre. De ces valeurs moyennes on déduira les poids et on n'aura plus qu'à faire la moyenne pondérée des k valeurs particulières pour chaque différence de longitude.

En général, les circonstances ne seront pas les mêmes pour chaque transport. Il faudra alors multiplier les écarts d'un même transport par un certain facteur, pour lui donner le même degré de probabilité. Par exemple, si ce sont les durées des transports qui ont varié, on divisera les écarts par la racine

carrée de la durée du transport correspondant et on sera ramené au cas précédent.

En dehors des cas que nous venons d'examiner, il faut faire intervenir le sentiment, et l'attribution des poids devient chose très délicate et très critiquable. Il est préférable, à notre sens, de donner le même poids à chacun des résultats partiels, c'est-à-dire de prendre la moyenne arithmétique des résultats fournis par les différentes montres.

§ 7. EXPOSÉ GÉNÉRAL DE LA MÉTHODE EMPLOYÉE

POUR LA DÉTERMINATION DES POSITIONS ASTRONOMIQUES DANS LA RÉGION DU TCHAD.

Les opérations astronomiques à effectuer au Tchad étaient de deux ordres :

- 1° Celles permettant de tracer dans le lac la frontière définie par le protocole franco-anglais du 29 mai 1906 ;
- 2° Celles destinées à appuyer les levés d'itinéraires effectués dans la région du Tchad, en vue de la construction d'une carte d'ensemble de cette région.

I

TRAVAUX ASTRONOMIQUES RELATIFS À LA FRONTIÈRE.

La frontière théorique était définie comme il suit par le protocole franco-anglais du 29 mai 1906 :

Article I (dernier paragraphe). — « A partir de l'embouchure de la Komadougou-Yoobé dans le lac Tchad, la frontière suivra, vers l'Est, le parallèle de latitude passant par le thalweg de l'embouchure de ladite rivière jusqu'au point de ce parallèle situé à une distance de 35 kilomètres du centre du village de Bosso. De ce point, elle se dirigera en ligne droite sur le point d'intersection du 13^e parallèle de latitude Nord avec le méridien qui passe à 35' à l'Est du centre de la ville de Koukaoua, méridien visé dans les conventions du 14 juin 1898 et du 8 avril 1904. »

Article II. — « Il est convenu que les îles du Tchad qui se trouvent situées à l'intérieur de la ligne déterminée par le dernier paragraphe de l'article 1^{er} feront partie intégrante des territoires britanniques, et que celles qui se trouvent en dehors de cette même ligne feront partie intégrante des possessions françaises. »

« Les deux Hautes Parties contractantes s'engagent mutuellement à assurer aux citoyens et protégés français, aux sujets et protégés britanniques, pour leurs personnes comme pour leurs biens, la libre navigation sur les eaux du lac. »

Une série de reconnaissances effectuées, de novembre 1907 à janvier 1908, montrèrent que la zone frontière, généralement marécageuse, couverte d'une végétation très dense de papyrus, de roseaux, d'ambachs⁽¹⁾, etc., était inaccessible sur la plus grande partie de son étendue. En tous les cas, aucun établissement permanent ne se trouvait dans le voisinage immédiat de cette frontière; aucune terre même ne s'y rencontrait sur laquelle on pût se rendre, soit à pied, soit en embarcation, pour y faire des observations astronomiques.

Dans ces conditions, on dut se borner à définir autour de la frontière, et aussi près que possible de celle-ci, un réseau astronomique ayant pour sommets des points connus, permanents, faciles à retrouver. Lorsqu'aucun repère naturel ne permettait de définir l'endroit où ont été faites les observations astronomiques, un *signal* était élevé, *marquant cet endroit*.

Les sommets en question sont :

Bosso, embouchure de la Komadougou-Yoobé, île Edward Grey, île n° 5, Pourquerirom, Kindjiria, Bidellam, N'Gollom, île X (campement du 28 janvier), Kindinn, Samia, île N'Goréa, île Seyorom-Fallières, Seyorom-Baga, Kaoua, Koukaoua, Allairou, Argué, Bosso.

Le travail a été effectué par les capitaines Lauzanne et Vignon observant à l'astrolabe à prisme (système Claude et Driencourt). Le capitaine Lauzanne disposait de quatre montres de torpilleur (trois Leroy, une Rodanet) et d'un chronomètre sidéral mis obligeamment à la disposition de la Mission française par le major O'Shee, chef de la section anglaise de la Commission de délimitation. Le capitaine Vignon avait quatre montres de torpilleur (Leroy). Le *détail* des opérations astronomiques sera exposé au paragraphe 8.

II

En vue de l'établissement d'une carte d'ensemble du lac et des régions voisines, il importait d'étendre le canevas astronomique sur toute l'étendue de la région à lever. On fut amené ainsi à adopter comme sommets nouveaux :

Baroa, N'guigmi, Garoa, Kouloa, N'Goum, Leschour, Zigueï, Mao, N'Gouri, Kalimboa, Massakory, Hadjer el Hamis, Kelbou, Irnougou, Goudji, Bol, Mommo, embouchure du Chari, qui sont des points géographiques remarquables, ou des centres indigènes importants, ou encore des postes militaires.

⁽¹⁾ *Herminiera elaphroxyton*.

III

Le travail astronomique exécuté fournissait un cadre rigide dans lequel s'inséreraient successivement la zone frontière, puis les régions voisines. Pour situer ce cadre à la surface du globe, on a déterminé un certain nombre de *longitudes absolues* par des observations d'occultations d'étoiles par la lune. (Voir 2^e partie, *Occultations*.)

IV

Enfin, parmi les diverses déterminations astronomiques effectuées dans la région du Tchad par les observateurs qui précédèrent la Mission Tilho, plusieurs offraient des garanties d'exactitude telles, qu'il était très désirable d'y relier nos travaux.

Ces positions astronomiques sont :

Koukaoua (signal du centre du village); Mission saharienne Foureau-Lamy, 1900; Mission anglo-allemande, 1903 (colonel Jackson, capitaine Glauning); Mission franco-anglaise, 1903 (capitaine Moll, colonel Elliot); Mission franco-allemande, 1907 (commandant Moll, capitaine Seefried).

Argué (Mission saharienne, 1900).

Allaïrou (Mission saharienne, 1900).

Embouchure de la Komadougou-Ycobé (Mission Moll, 1903, capitaine Tilho).

Baroa (Mission saharienne, 1900).

Bangoa

N'guigmi

Kouloa

Kamba

Farguimi

Bol

Mao

(capitaine Tilho, 1904).

Toutes, à l'exception de Kamba et de Farguimi, font déjà partie des réseaux astronomiques déterminés par la Mission. Nous avons pu ainsi comparer entre elles les diverses valeurs fournies pour les coordonnées d'un même point par les voyageurs qui ont effectué des travaux astronomiques dans la région du lac Tchad.

Mais les coordonnées employées pour la construction de la carte sont celles déduites des seuls travaux de la Mission en 1907 et 1908; cependant, dans un certain nombre de cas, il a été fait état, concurremment avec les résultats de 1908, des travaux du capitaine Tilho en 1904. Le compte rendu qui suit indique le détail des observations astronomiques effectuées et les résultats obtenus.

§ 8. COMPTE RENDU RÉSUMÉ DE L'EXÉCUTION
DES TRAVAUX ASTRONOMIQUES DANS LA RÉGION DU TCHAD.

RÉSEAU ASTRONOMIQUE BOSSO, BAROA, N'GUIGMI, KOULOA, KINDJIRIA.

Les travaux astronomiques effectués dans cette zone comprennent :

A. *Capitaine Lauzanne.*

- 1° Le transport du temps Bosso—Embouchure Komadougou en *circuit fermé* (2 jours);
- 2° La latitude de l'île Édouard Grey;
- 3° Le transport du temps Bosso—Baroa en *circuit fermé* (2 jours);
- 4° Le transport du temps Embouchure Komadougou—Baroa, *circuit non fermé* (2 jours);
- 5° Le transport du temps Baroa—Kindjiria, *circuit non fermé* (3 jours);
- 6° Le transport du temps Kindjiria—Tchad (île n° 5), *circuit fermé* (4 jours);
- 7° Le transport du temps Kindjiria—Bidellam, *circuit non fermé* (2 jours);
- 8° Le transport du temps Bidellam—Tchad (île x), *circuit fermé* (6 jours);
- 9° Le transport du temps Bidellam—Kouloa, *circuit fermé* (2 jours);
- 10° Le transport du temps Bidellam—Garoa, *circuit non fermé* (2 jours);
- 11° Le transport du temps Garoa—N'Guigmi, *circuit non fermé* (2 jours);
- 12° Le transport du temps N'Guigmi—Baroa, *circuit non fermé* (3 jours);
- 13° Le transport du temps Baroa—Bangoa, *circuit fermé* (2 jours).

B. *Capitaine Vignon.*

- 1° Le transport du temps Bosso—N'Gollom, *circuit non fermé* (5 jours);
- 2° Le transport du temps Kouloa—Kindjiria, *circuit non fermé* (2 jours);
- 3° Le transport du temps Kindjiria—N'Guigmi, *circuit non fermé* (3 jours).

C. *Capitaine Tilho (1904).*

- 1° Le transport du temps Embouchure Komadougou—N'Guigmi, *circuit non fermé* (3 jours);
- 2° Le transport du temps N'Guigmi—Garoumélé, *circuit non fermé* (1 jour);
- 3° Le transport du temps Garoumélé—Bangoa, *circuit fermé* (2 jours).

Ces divers travaux forment trois réseaux distincts un peu enchevêtrés, dans lesquels plusieurs points d'observation sont communs : ces trois réseaux donnent pour la longitude⁽¹⁾ de chacun de ces points communs un certain nombre de valeurs comparables, mais distinctes, qu'il convient de ramener à une valeur moyenne en effectuant la compensation des longitudes, suivant les poids qu'il conviendra d'attribuer à chacun des éléments entrant en discussion.

En effet, les divers sommets de ces réseaux astronomiques sont reliés entre eux, suivant le cas, par plusieurs transports du temps ou par un seul. Nous considérons tout d'abord les sommets reliés entre eux par plusieurs transports du temps et nous fixerons leur longitude en effectuant les compensations convenables sur les diverses valeurs des différences de longitude obtenues entre chacun d'eux. Nous déduirons ensuite de ces longitudes celles des points pour lesquels il n'existe qu'un seul transport du temps.

Détermination des longitudes des points principaux.

Nous nous sommes proposés de montrer que :

A. Les trois points de Bidellam, N'Gollom et Kouloa sont reliés entre eux de telle manière que l'on puisse substituer dans le raisonnement le point de Kouloa à l'un quelconque des deux autres ;

B. Les divers transports du temps reliant les trois points de Kouloa—Kindjiria—N'Guigmi présentent une concordance très satisfaisante permettant de fixer définitivement en longitude ces trois points, l'un par rapport à l'autre ;

C. Les divers transports du temps reliant les points de Bosso—Embouchure de la Komadougou—Baroa présentent une concordance très satisfaisante permettant de fixer définitivement en longitude ces trois points, l'un par rapport à l'autre ;

D. Le transport du temps, en circuit fermé, reliant les points de Baroa à Bangoa est très satisfaisant et permet de fixer définitivement en longitude Bangoa par rapport à Baroa ;

E. Le transport du temps, en circuit fermé, reliant les points de Bangoa et Garoumélé est très satisfaisant et permet de fixer définitivement en longitude Garoumélé par rapport à Bangoa.

Nous sommes ainsi amenés à examiner deux systèmes distincts (Kouloa—Kindjiria—N'Guigmi) et (Bosso—Embouchure Komadougou—Baroa—Bangoa—Garoumélé) *n'ayant aucun sommet commun*, mais reliés entre eux par cinq transports

(1) Nous rappelons que, par ce mot de longitude, nous entendons simplement désigner non des longitudes absolues par rapport au 1^{er} méridien, mais des différences de longitude avec le méridien du centre de Koukaoua, dont la détermination fait l'objet d'un paragraphe spécial (voir p. 244).

du temps, joignant divers sommets de l'un à certains sommets de l'autre. La discussion de ces cinq transports du temps va nous permettre de fixer la différence de longitude la plus probable, entre un sommet du système Kouloa et un sommet du système Bosso.

Les deux systèmes seront alors reliés entre eux et par conséquent au méridien de Koukaoua⁽¹⁾, et ils constitueront la base servant à déterminer tous les autres points astronomiques du réseau du Tchad et des régions circonvoisines.

A. *Système Kouloa-Bidellam-N°Gollom.*

Les points de Bidellam et N°Gollom ont été reliés par chaînage⁽²⁾, soit :

$$(1) \quad \text{Dg N°Gollom-Bidellam} = 0^{\circ}00'52'',65 \text{ (adopté sans compensation).}$$

Les points de Bidellam et Kouloa ont été reliés par un transport du temps, très satisfaisant, effectué en 2 jours en circuit fermé.

$$(2) \quad \text{Dg. Bidellam-Kouloa} = 0^{\circ}00'40'',20 \text{ (adopté sans compensation).}$$

B. *Système Kouloa-Kindjiria-N°Guigmi.*

1° Deux transports du temps ont été effectués entre Kouloa et Kindjiria :

$$\text{Capitaine Vignon} \dots = 0^{\circ}14'02'',1, \text{ poids } 3^{(3)},$$

$$\text{Capitaine Lauzanne} = 0^{\circ}13'55'',2, \text{ poids } 2^{(3)},$$

$$(3) \quad \text{Dg. Kouloa-Kindjiria} = 0^{\circ}13'59''53.$$

⁽¹⁾ Voir liaison Bosso-Koukaoua, p. 183.

⁽²⁾ Chaînage effectué sur une distance de 2,262 mètres au moyen d'une corde de 52^m 25 n'ayant point subi d'allongement appréciable pendant l'opération; les azimuts pris à la boussole à chaque chaînée. Le relevé du chaînage a fait ressortir une erreur de 38 mètres avec la différence des latitudes (1,500 mètres) obtenues à Bidellam et à N°Gollom par l'astrolabe à prisme. Cette erreur de 38 mètres, insignifiante pour le cas qui nous occupe, peut être imputée à la fois à l'approximation des latitudes obtenues par l'astrolabe (environ 1'', soit 30 mètres), à la variation de la boussole utilisée et au chaînage.

La différence des longitudes entre les extrémités du chaînage étant de 1,579 mètres et l'angle avec le méridien étant moindre que 45°, on peut admettre que l'erreur probable en longitude restera inférieure à l'erreur probable en latitude, c'est-à-dire moindre que 1''.

⁽³⁾ Nous affectons au premier le poids 3, parce qu'il a été effectué directement en deux jours seulement, et le poids 2 au second, parce qu'il a été effectué en passant par Bidellam et en 3 jours. Les poids ont été donnés en tenant compte : 1° du nombre de jours écoulés pendant les transports du temps; 2° de la concordance donnée par les montres dans chaque groupe de chronomètres; 3° du nombre des montres employées dans chacun des deux cas.

2° *Circuit Kouloa-Kindjiria-N'Guigmi-Garoua*. — N'Guigmi est placé par rapport à Kouloa à l'aide de deux transports du temps :

a. Capitaine Vignon :

Dg. Kouloa-Kindjiria. = $0^{\circ} 13' 59''$, 3 (*précédemment adopté*),

Dg. Kindjiria-N'Guigmi = $0^{\circ} 32' 38''$, 4

d'où :

$$(4) \quad \text{Dg. Kouloa-N'Guigmi} = 0^{\circ} 46' 37''$$
, 7, poids 1⁽¹⁾;

b. Capitaine Lauzanne :

Dg. Bidellam-Kouloa = $0^{\circ} 00' 40''$, 2 (*précédemment adopté*),

Dg. Bidellam-Garoua = $0^{\circ} 19' 12''$, 75,

Dg. Garoua-N'Guigmi = $0^{\circ} 28' 08''$, 85,

d'où :

$$\text{Dg. Kouloa-N'Guigmi} = 0^{\circ} 46' 41''$$
, 4, poids 1⁽¹⁾,

et par suite :

$$(5) \quad \text{Dg. Kouloa-N'Guigmi} = 0^{\circ} 46' 39''$$
 55.

Il convient donc d'augmenter de 1'', 85 le résultat (4). Cette quantité sera reportée intégralement sur la section Kindjiria-N'Guigmi; le résultat de la section Kouloa-Kindjiria déterminé dans de meilleures conditions étant définitivement adopté.

D'où :

$$(6) \quad \text{Dg. Kindjiria-N'Guigmi} = 0^{\circ} 32' 40''$$
, 25.

C. *Système Embouchure Komadougou-Bosso-Baroua.*

On a, d'une part :

$$(7) \quad \text{Dg. Bosso-Baroua} = 0^{\circ} 08' 05''$$
, 55,

⁽¹⁾ Ces deux transports du temps sont affectés de poids égaux; car si le transport du temps du capitaine Vignon est moins concordant, il ne comporte que deux sections et a été effectué en 5 jours; celui du capitaine Lauzanne est meilleur, mais effectué en 3 sections et en 6 jours.

et, d'autre part :

Dg. Embouchure Komadougou-Baroa = $0^{\circ}12'15'',0$

Dg. Embouchure Komadougou-Bosso = $0^{\circ}04'08'',1$

d'où :

(8) Dg. Bosso-Baroa = $0^{\circ}08'06'',9$.

En donnant le poids 5 au transport du temps (7) et le poids 1 au transport du temps (8) ⁽¹⁾, nous obtenons :

(9) Dg. Bosso-Baroa = $0^{\circ}08'05'',8$

(10) Dg. Embouchure Komadougou-Bosso = $0^{\circ}04'08'',1$

(11) Dg. Embouchure Komadougou-Baroa = $0^{\circ}12'13'',8$.

D. Système Baroa-Bangoa.

Le transport du temps effectué du 12 au 14 février 1908 en circuit fermé entre Baroa et Bangoa a donné :

(12) Dg. Baroa-Bangoa = $0^{\circ}04'59'',4$.

Ce résultat est adopté sans compensation en raison de la concordance qu'ont donnée les montres, dans cette section, et en l'absence de tout autre transport du temps servant de contrôle, indiquant le sens d'une compensation possible.

E. Système Bangoa-Garoumélé.

En 1904, le capitaine Tilho faisant la liaison entre ces deux points a trouvé :

(13) Dg. Bangoa-Garoumélé = $0^{\circ}07'18'',45$.

Ce résultat est également adopté sans compensation. Ce transport du temps, en effet, effectué en 3 jours et en circuit fermé peut être considéré comme satisfaisant.

⁽¹⁾ Le transport du temps (7) a été effectué en circuit fermé 2 fois (Baroa-Bosso-Baroa-Bosso); il ne comporte qu'une seule section. Le transport du temps (8) est la somme de 2 transports du temps distincts, effectués l'un en circuit fermé entre Bosso et Embouchure Komadougou et l'autre direct entre Embouchure Komadougou et Baroa.

F. Liaison Kindjiria-Baroa.

En faisant intervenir divers transports du temps, on obtient pour cette liaison cinq valeurs différentes :

1° Capitaine Lauzanne :

$$(14) \quad \text{Dg. Kindjiria-Baroa} = 0^{\circ} 28' 55'', 65^{(1)}, \text{ poids } 5;$$

2° Capitaine Vignon :

$$(15) \quad \text{Dg. Kindjiria-Baroa} = 0^{\circ} 28' 33'', 35^{(2)}, \text{ poids } 2;$$

3° Capitaine Lauzanne :

$$(16) \quad \text{Dg. Kindjiria-Baroa} = 0^{\circ} 29' 08'', 3^{(3)}, \text{ poids } 1;$$

⁽¹⁾ Effectué en 1908, directement, en 3 jours, avec 5 montres. Résultats des montres concordants. Poids 5, égal au nombre des montres.

⁽²⁾ Le résultat (15) est obtenu de la manière suivante :

$$\text{Dg. N'Gollom-Bosso} = 0^{\circ} 35' 59'', 7,$$

ou en ajoutant l'expression (9) :

$$(a) \quad \text{Dg. N'Gollom-Baroa} = 0^{\circ} 44' 05'', 5$$

de (a) retranchons :

$$\text{N'Gollom-Kouloa} = 0^{\circ} 01' 32'', 85,$$

et :

$$\text{Kouloa-Kindjiria} = 0^{\circ} 13' 59'', 3;$$

d'où l'expression :

$$(15) \quad \text{Dg. Kindjiria-Baroa} = 0^{\circ} 28' 33'', 35.$$

Nous affectons à cette expression le poids 2, soit : nombre des montres = 4, diminué de 1, à cause des éléments divers intervenant dans le calcul, et de 1, à cause de la concordance défectueuse des montres entre N'Gollom et Bosso.

⁽³⁾ Le résultat (16) est obtenu de la manière suivante :

$$(6) \quad \text{Dg. Kindjiria-N'Guigmi} = 0^{\circ} 32' 40'', 25,$$

et :

$$\text{Dg. Baroa-N'Guigmi} = 0^{\circ} 03' 31'', 65;$$

d'où :

$$(16) \quad \text{Dg. Kindjiria-Baroa} = 0^{\circ} 29' 08'', 60.$$

Nous affectons à cette expression le poids 1, soit : nombre des montres = 5, diminué de 1, puisque le transport du temps n'est pas direct, et de 3, à cause de la concordance défectueuse des montres entre Baroa et N'Guigmi.

4° Capitaine Tilho :

$$(17) \quad \text{Dg. Kindjiria-Baroa} = 0^{\circ} 29' 40'', 15^{(1)}, \text{ poids } 1;$$

5° Capitaine Tilho :

$$(18) \quad \text{Dg. Kindjiria-Baroa} = 0^{\circ} 29' 15'', 8^{(2)}, \text{ poids } 1;$$

et on adopte :

$$(19) \quad \text{Dg. Kindjiria-Baroa} = 0^{\circ} 28' 58'', 9.$$

Détermination des longitudes des points secondaires.

1° Garoa.

On a adopté :

$$(5) \quad \text{Dg. Kouloa-N'Guigmi} = 0^{\circ} 46' 39'', 55$$

et le transport du temps effectué entre Bidellam et N'Guigmi a donné :

$$\text{Dg. Bidellam-Kouloa} = 0^{\circ} 00' 40'', 2$$

$$\text{Dg. Bidellam-Garoa} = 0^{\circ} 19' 12'', 75$$

$$\text{Dg. Garoa-N'Guigmi} = 0^{\circ} 28' 08'', 85$$

d'où :

$$\text{Dg. Kouloa-N'Guigmi} = 0^{\circ} 46' 41'', 4;$$

⁽¹⁾ Le résultat (17) est obtenu ainsi qu'il suit :

$$(6) \quad \text{Dg. Kindjiria-N'Guigmi} \dots \dots \dots = 0^{\circ} 32' 40'', 25$$

$$(0^{\circ} 12' 16'', 8 + 2' 57'', 3 \text{ de report}) =$$

$$(20) \quad \text{Dg. Embouchure Komadougou-N'Guigmi} = 0^{\circ} 15' 14'', 1$$

$$(11) \quad \text{Dg. Embouchure Komadougou-Baroa} \dots = 0^{\circ} 12' 13'', 8$$

On obtient (17) en faisant (6) - (20) + (11).

Nous affectons à cette expression le poids 1 égal au nombre des montres entre Embouchure Komadougou et N'Guigmi 2, diminué de 1, puisque le transport du temps n'est pas direct.

⁽²⁾ Le résultat (18) est obtenu ainsi qu'il suit :

$$(8) \quad \text{Dg. Kindjiria-N'Guigmi} = 0^{\circ} 32' 40'', 25$$

$$(21) \quad \text{Dg. N'Guigmi-Garoumélé} = \begin{cases} 0^{\circ} 09' 53'', 4 \\ - 0^{\circ} 01' 00'', 0 \text{ (report).} \end{cases}$$

$$= 0^{\circ} 08' 53'', 4$$

$$(22) \quad \text{Dg. Garoumélé-Baroa} \dots \dots = 0^{\circ} 12' 17'', 85$$

On obtient (18) en faisant (8) + (21) - (22).

Nous affectons au résultat (18) le poids 1, puisqu'il a été obtenu avec une seule montre entre N'Guigmi et Baroa.

soit $1^{\circ}85'$ à réduire proportionnellement aux valeurs des différences de longitude; d'où :

$$\text{Dg. Bidellam-Garoa} = 0^{\circ}19'11'',95$$

$$\text{Dg. Garoa-N'Guigmi} = 0^{\circ}28'07'',75.$$

2° *Liaison Baga-Koukaoua-Bosso.* — Ce transport du temps a été effectué en circuit fermé (pl. X à XXV).

Les résultats de ce transport du temps ont été comparés aux résultats fournis par l'arpentage de la Mission anglaise⁽¹⁾ et nous avons adopté après compensation :

$$\text{Dg. Koukaoua-Bosso} = 0^{\circ}15'13'',45.$$

⁽¹⁾ *Koukaoua-Bosso.* — La Mission anglaise a effectué l'arpentage Koukaoua-Argué-Yoo-Bosso. Sa chaîne (un ruban en acier) avait 400 pieds de longueur et son théodolite donnait la seconde. Elle a obtenu les résultats suivants, en regard desquels nous avons placé les résultats obtenus par la Mission française au cours du transport du temps, Bosso-Koukaoua-Bosso :

LIEUX.	LATITUDES.		LONGITUDES.		POINTS D'OBSERVATION.
	MISSION anglaise.	MISSION française.	E. DE GREENWICH (Mission anglaise).	O. DE KOUKAOUA (Mission française).	
Koukaoua.....	$12^{\circ}55'34'',44$	$12^{\circ}55'36'',2$	$13^{\circ}34'08'',78$	0	Signal Jackson.
Yoo.....	$13^{\circ}33'25'',03$	$13^{\circ}33'22'',2$	$13^{\circ}14'16'',80$	"	Mission française.
Bosso.....	$13^{\circ}41'51'',04$	$13^{\circ}41'49'',0$	$13^{\circ}18'51'',57$	$0^{\circ}15'09'',9$	Mission française.

Les valeurs des coordonnées de la Mission anglaise ont été adoptées par elle après avoir été affectées des corrections qu'entraînait la détermination astronomique (à l'aide du théodolite) des latitudes respectives de Koukaoua, Yoo et Bosso.

Mais les latitudes de la Mission française, légèrement différentes, ayant été déterminées à l'aide de l'astrolabe à prisme, dans les meilleures conditions d'observation, doivent être adoptées de préférence, en raison de la grande précision de cet instrument.

Elles entraînent donc de nouvelles corrections à apporter aux longitudes adoptées par la Mission anglaise pour Koukaoua, Yoo et Bosso.

Si nous supposons rigoureusement exacte l'orientation générale du chaînage entre chacun des points considérés, nous ferons peser ces corrections sur les seules distances mesurées.

Les angles que font les directions Koukaoua-Yoo et Yoo-Bosso avec les parallèles sont respecti-

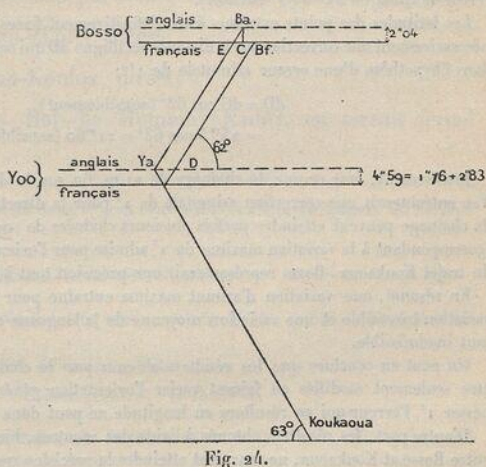


Fig. 24.

3° *Liaison Kamba-N'Gollom.* — Effectuée en circuit fermé de la manière suivante :

Kamba, le 8 avril 1908;

vement égaux à 63° et 62° . On voit immédiatement (fig. 24) que la correction apportée par les latitudes de la Mission française à la longitude de Bosso déterminée par la Mission anglaise est :

$$\begin{aligned} &= + G.Bf = E.Bf - EG = Ya.D - EG = 4'',59 (\cot 63^\circ + \cot 62^\circ) - 2'',04 \cot 62^\circ \\ &= 4'',59 \cot 63^\circ + 2'',55 \cot 62^\circ = + 3'',70; \end{aligned}$$

d'où

$$G. \text{ Bosso} \dots (\text{Mission anglaise}) = 13^\circ 18' 55'',27 \quad \text{E. de Greenwich.}$$

Or,

$$G. \text{ Koukaoua} (\text{Mission anglaise}) = 13^\circ 34' 08'',78 \quad \text{E. de Greenwich;}$$

d'où :

$$Dg. \text{ Koukaoua-Bosso} \dots \dots = 0^\circ 15' 13'',51 \quad (\text{Mission anglaise});$$

soit une différence de $3'',61$ avec le résultat obtenu par la Mission française.

Cherchons maintenant la correction de longitude qu'entraînerait pour les résultats de la Mission anglaise une erreur d'azimut de $1'$ sur la direction Koukaoua-Yoo.

Il y a 78 kilomètres entre ces deux derniers points et l'on a sensiblement :

$$dG' = \frac{78^{\text{km}} \sin 1'}{\sin 63^\circ} = 25^{\text{m}}5$$

et la même erreur maxima de $1'$ sur la direction Yoo-Bosso (18^{km}) entraînerait :

$$dG' = \frac{18^{\text{km}} \sin 1'}{\sin 62^\circ} = 5^{\text{m}}9.$$

Une erreur d'azimut de $1'$ semble devoir être maxima et n'entraînera donc, sur la longitude, qu'une erreur maxima de $31^{\text{m}}4$ ($1''$ environ).

Les latitudes des points extrêmes étant définitivement fixées, une erreur sur l'azimut entraînera nécessairement une correction sur la distance rectiligne dD qui sera, par exemple, pour Koukaoua-Yoo, dans l'hypothèse d'une erreur azimutale de $1'$:

$$\begin{aligned} dD &= dG \cos 63^\circ (\text{sensiblement}) \\ &= 25^{\text{m}}5 \cos 63^\circ = 11^{\text{m}}60 (\text{sensiblement}). \end{aligned}$$

Inversement, une erreur de chaînage de 11 m. 60 sur la distance rectiligne entre Koukaoua et Yoo entraînerait une correction azimutale de $1'$ pour la direction Koukaoua-Yoo. Or, les erreurs de chaînage peuvent atteindre parfois plusieurs chaînées de 100 mètres, et une variation de 11 m. 60 (correspondant à la variation maxima de $1'$ admise pour l'orientation générale) sur les 78 kilomètres du trajet Koukaoua-Bosso représenterait une précision tout à fait exceptionnelle.

En résumé, une variation d'azimut maxima entraîne pour la longueur rectiligne chaînée une variation très faible et une variation moyenne de la longueur chaînée entraîne une variation d'azimut inadmissible.

On peut en conclure que les résultats obtenus par le chaînage de la Mission anglaise peuvent être seulement modifiés en faisant varier l'orientation générale; cette variation ne pouvant dépasser $1'$, l'erreur qui en résultera en longitude ne peut donc être supérieure à $1''$.

D'autre part, les résultats obtenus à l'aide des montres, bien que particulièrement concordants entre Bosso et Koukaoua, ne sauraient atteindre la précision que présente un arpentage effectué dans de bonnes conditions.

On effectuera donc la compensation de la différence, très faible d'ailleurs ($3'',61$) entre les longi-

N'Gollom, le 9 avril 1908;

Kamba, le 10 avril 1908.

Résultat :

Dg. Kamba-N'Gollom (centre) = $0^{\circ}15'55'',65$

que l'on adopte sans compensation ⁽¹⁾.

4° *Liaisons Kindjiria — Île n° 5 et Bidellam — Île X.* — Formant des éléments divergents dans l'ensemble du réseau et ne s'appuyant que sur un seul sommet du système principal, il n'est pas possible d'effectuer de compensation sur ces transports du temps qui sont adoptés intégralement.

RÉSEAU ASTRONOMIQUE DE LA RÉGION EST DU TCHAD.

Les travaux effectués dans cette région par le capitaine Vignon sont les suivants :

- 1° Le transport du temps Bosso-N'Gollom (par Pourquerirom) [5 jours];
- 2° Le transport du temps N'Gollom-Baga effectué en deux sections :
 - a. N'Gollom-Samia en transport du temps direct (9 jours) par campement du 28 janvier et Kindin;
 - b. Samia-Baga en circuit fermé par île N'Goréa et île Seyorom;
- 3° Le transport du temps Samia-Bol par embouchure du Chari (5 jours);
- 4° Le transport du temps Bol-Mao par Goudji et N'Gouri, direct (6 jours);
- 5° Le transport du temps Mao-Ziguéï, direct;
- 6° Le transport du temps Mao-Kouloa, direct;
- 7° Le transport du temps Bol-île Mommo (Kadé), en circuit fermé (2 jours);

tudes de Koukaoua et de Bosso, en affectant dans le sens convenable le chainage anglais de l'erreur maxima qui peut lui être attribuée ($1''$),

d'où :

Dg. Koukaoua-Bosso = $0^{\circ}15'12'',51$.

Nous avons néanmoins conservé le résultat très voisin : $0^{\circ}15'13'',45$, utilisé dans un premier calcul.

⁽¹⁾ En effet, le transport du temps 1904 du capitaine Tilho donne :

Dg. Kamba-N'Gollom (centre) = $0^{\circ}15'52'',7$.

La différence de $2'',95$ est reportée en entier sur le transport du temps 1904, celui-ci ayant été effectué en circuit non fermé, avec une seule montre — les deux autres montres ayant eu des variations anormales depuis le 1^{er} avril — et en 4 jours (en 1908, le transport du temps a été effectué en circuit fermé, avec 5 montres et en 2 jours).

8° Le transport du temps N'Gouri-Kelbou, en circuit fermé, par puits Kamlimboa, Massakory et Irnougou (16 jours);

9° Le transport du temps, en circuit fermé, Kelbou-Hadjer-el-Hamis (7 jours).

1° Transport du temps Bosso-N'Gollom.

La valeur adoptée pour la différence de longitude Bosso-N'Gollom est :

$$(1) \quad \text{Dg. N'Gollom } (\Delta)^{(1)} - \text{Bosso } (\Delta) = 0^{\circ}36'24'',75.$$

Ce résultat a été obtenu, en tenant compte de tous les transports du temps reliant les sommets du polygone déterminé dans le Nord du Tchad. Il est donc naturel de considérer cette section Bosso-N'Gollom comme base du travail effectué dans le Sud et le Sud-Est du lac.

Le transport du temps direct Bosso-Pourquerirom-N'Gollom effectué en janvier 1908 par le capitaine Vignon donne :

$$(1') \quad \text{Dg. N'Gollom } (\Delta) - \text{Bosso } (\Delta) = 0^{\circ}35'59'',7$$

faisant ressortir avec (1) une différence de $25'',05$.

Ce résultat doit être considéré comme médiocre. Le travail avait d'ailleurs été exécuté dans des conditions défavorables. En effet, pendant une durée d'un mois environ, les observations astronomiques et la promenade quotidienne des montres avaient été interrompues à Tourbanguida. Il est donc certain qu'à l'arrivée à Bosso, les chronomètres n'avaient point repris entièrement leur marche de route. D'autre part, les étapes entre Bosso et N'Gollom eurent une durée très variable.

En conséquence, il est naturel d'adopter pour le transport du temps Bosso-N'Gollom la valeur (1) et de répartir l'erreur $25'',05$ entre les deux sections Bosso-Pourquerirom et Pourquerirom-N'Gollom proportionnellement au degré de confiance que l'on peut attribuer à chacune d'entre elles.

Les montres ayant donné pour le transport du temps entre Bosso et Pourquerirom des résultats plus concordants que pour le transport du temps Pourquerirom-N'Gollom, il semble convenable de répartir l'erreur dans la proportion de 1 à 2, soit :

8'',35 à ajouter à Dg. Pourquerirom-Bosso

et

16'',70 à ajouter à Dg. N'Gollom-Pourquerirom ;

⁽¹⁾ Δ signifie : point d'observation. (Voir le tableau des positions astronomiques dans la région du Tchad, à la fin du § 8, p. 221.)

d'où :

$$\text{Dg. Pourquerirom } (\Delta) - \text{Bosso } (\Delta) \dots = 0^{\circ}11'15'',00 + 8'',35 = 0^{\circ}11'23'',35$$

$$\text{Dg. N'Gollom } (\Delta) - \text{Pourquerirom } (\Delta) = 0^{\circ}24'44'',70 + 16'',70 = 0^{\circ}25'01'',40.$$

2^e Transport du temps N'Gollom-Baga.

Le transport du temps direct très satisfaisant, effectué par le capitaine Lauzanne, entre Bosso et Baga, a donné :

$$\text{Dg. Baga (signal) — Bosso } (\Delta) = 0^{\circ}33'22',20;$$

d'où :

$$(2) \quad \text{Dg. N'Gollom } (\Delta) - \text{Baga (signal)} = 0^{\circ}03'02'',55.$$

D'autre part, le capitaine Vignon a transporté le temps entre N'Gollom et Baga par la rive Est du lac, du 25 janvier au 1^{er} mars 1908, en transport direct entre N'Gollom et Samia et en circuit fermé entre Samia et Baga.

Les résultats partiels sont les suivants :

N'Gollom (Δ) à Campement du 28 janvier (Δ)	— 5'24'',75
Campement du 28 janvier (Δ) à Kindin (Δ) + 15'42'',15	
Kindin (Δ) à Samia (Δ)	+ 11'22'',05
Samia (Δ) à île Seyorom (Δ)	— 8'29'',62
Île Seyorom (Δ) à Baga (Δ)	— 16'18'',90
	+ 27'04'',20 — 30'13'',27

Soit :

$$\text{Dg. N'Gollom } (\Delta) - \text{Baga } (\Delta) = 3'09'',07$$

ou

$$(2') \quad \text{Dg. N'Gollom } (\Delta) - \text{Baga (signal)} = 3'11'',07.$$

La différence entre les valeurs (2) et (2') est de 8'',52.

Cette correction, d'ailleurs peu importante, doit être reportée en entier sur le transport du temps du capitaine Vignon, étant données les conditions dans lesquelles il a été effectué (temps et distance).

Toutefois, il convient de remarquer que la section Samia-Baga de ce transport du temps a été effectuée en circuit fermé et parcourue deux fois à des époques différentes. Elle paraît devoir être conservée intégralement.

L'on a, en effet, obtenu :

1° a. Du 8 au 10 février, entre Samia (Δ) et Seyorom (Δ) :

$$\begin{array}{rcl} \text{Samia} - \text{Île N'Goréa} & = & 7'39'',75 \\ \text{Île N'Goréa} - \text{Île Seyorom} & = & 50'',70 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} \text{Samia} - \text{Île N'Goréa} \\ \text{Île N'Goréa} - \text{Île Seyorom} \end{array}} \right\} 8'30'',45$$

b. du 29 février au 1^{er} mars, entre Seyorom (Δ) et Samia (Δ) 8'28'',80

d'où, en prenant la moyenne :

$$(3) \quad \text{Dg. Samia } (\Delta) - \text{Seyorom } (\Delta) \dots\dots\dots = 8'29'',62$$

2° a. du 10 au 11 février :

$$\text{entre Seyorom } (\Delta) \text{ et Baga } (\Delta) = 16'21'',9$$

b. du 21 au 22 février :

$$\text{entre Baga } (\Delta) \text{ et Seyorom } (\Delta) = 16'15'',9$$

d'où, en prenant la moyenne :

$$(4) \quad \text{Dg. Île Seyorom } (\Delta) - \text{Baga } (\Delta) \dots\dots\dots = 16'18'',9$$

Les résultats (3) et (4) étant considérés comme définitifs, il y a lieu d'effectuer la réduction de 8'',52 sur la section N'Gollom-Samia, proportionnellement aux valeurs des différences de longitude, soit :

$$\text{Entre N'Gollom et Campement du 28 janvier} \dots - 1'',33$$

$$\text{Entre campement du 28 janvier et Kindin} \dots + 4'',32$$

$$\text{Entre Kindin et Samia} \dots\dots\dots + 2'',87$$

Les valeurs adoptées pour ces différences de longitude deviennent donc :

Dg. N'Gollom (Δ) -

$$\text{Campement du 28 janvier } (\Delta) \dots = 5'24'',75 - 1'',33 = - 0^{\circ}05'23'',42$$

Dg. Kindin (Δ) -

$$\text{Campement du 28 janvier } (\Delta) \dots = 15'42'',15 + 4'',32 = + 0^{\circ}15'46'',47$$

$$\text{Dg. Samia } (\Delta) - \text{Kindin } (\Delta) \dots = 11'22'',05 + 2'',87 = + 0^{\circ}11'24'',92$$

Enfin la position de l'île N'Goréa sera déterminée par :

$$\text{Dg. Île N'Goréa} - \text{Île Seyorom} = + 50'',70^{(1)}.$$

(1) Cette valeur est adoptée sans compensation en raison : 1° de la faible différence de longitude entre les points considérés; 2° de la concordance très satisfaisante donnée par les montres.

3° Transport du temps Samia-Bol.

Ce transport du temps a été effectué en mars 1908 par le capitaine Vignon avec point intermédiaire à l'embouchure du Chari.

Les résultats obtenus sont les suivants :

$$\text{Dg. Embouchure Chari } (\Delta) - \text{Samia } (\Delta) = + 14'55'', 8$$

$$\text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Embouchure Chari } (\Delta) = + 10'38'', 55$$

d'où :

$$\text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Samia } (\Delta) \dots \dots \dots = + 25'34'', 35$$

donnant comme longitude de Bol, par rapport au méridien de Koukaoua :

$$(3) \quad \text{G Bol } (\Delta) = + 1^{\circ}08'37'', 17 \quad \text{poids } 3^{(1)};$$

d'autre part, le capitaine Lauzanne, transportant le temps entre Bol et N'Guigmi, en a déduit pour la longitude de Bol, par rapport au méridien de Koukaoua (antérieurement relié à N'Guigmi) :

$$(3') \quad \text{G Bol } (\Delta) = 1^{\circ}09'01'', 90 \quad \text{poids } 1^{(1)};$$

d'où :

$$(3) - (3') = 23'', 73.$$

On trouve pour longitude définitive de Bol (Δ) [travail de 1908], par rapport au méridien K, la valeur :

$$(4) \quad \text{G Bol } (\Delta) = + 1^{\circ}08'43'', 35.$$

En 1904, le capitaine Tilho a effectué un transport du temps reliant Kamba à Bol, par route directe, de la manière suivante :

$$\text{Dg. Kamba-Koubourom} \dots = + 0^{\text{h}}00^{\text{m}}06^{\text{s}}, 81$$

$$\text{Dg. Koubourom-Farguimi} \dots = + 0^{\text{h}}00^{\text{m}}07^{\text{s}}, 36$$

$$\text{Dg. Farguimi-Bol} \dots \dots = + 0^{\text{h}}02^{\text{m}}05^{\text{s}}, 94 = 0^{\circ}31'29'', 1.$$

⁽¹⁾ Nous donnons le poids 3 au transport du temps du capitaine Vignon parce que plus concordant et effectué plus rapidement (5 jours) et le poids 1 au transport du temps du capitaine Lauzanne, parce que ses montres n'ont pas donné une concordance suffisante et que le transport du temps a été effectué suivant un itinéraire très divergent.

Or, l'on a adopté :

$$G. Kamba = + 0^{\circ}37'10'',5;$$

d'où :

$$(4') \quad G. Bol = + 1^{\circ}08'42'',3.$$

La différence entre (4) et (4') est de $1'',05$ et l'on peut convenir de prendre la moyenne entre les résultats de 1908 et de 1904, ce dernier étant plus direct mais obtenu au moyen d'une seule montre.

Et l'on adopte :

$$(4'') \quad G. Bol = + 1^{\circ}08'42'',80$$

soit $7'',35$ à ajouter à la différence de longitude Bol-Samia, d'où :

$$Dg. Embouchure Chari (\Delta) - Samia (\Delta) = 14^{\circ}55',8 + 4'',35 = + 15^{\circ}00'',15$$

$$Dg. Bol (\Delta) - Embouchure Chari (\Delta) \dots = 10^{\circ}38',55 + 3'',00 = + 10^{\circ}41'',55.$$

La valeur (4'') est adoptée définitivement ainsi que le transport du temps N'Gollom-Kamba et Kouloa-N'Gollom.

On a ainsi une base, désormais fixe, entre Kouloa et Bol.

4° Transport du temps Bol-Mao.

Ce transport du temps a été effectué trois fois :

$$a. \text{ par le capitaine Tilho, en 1904 : } Dg. = 36^{\circ}23'',4;$$

$$b. \text{ par le capitaine Lauzanne, en 1908 : } Dg. = 36^{\circ}18'',6;$$

$$c. \text{ par le capitaine Vignon, en 1908 : } Dg. = 36^{\circ}22'',8;$$

ce dernier, par Goudji et N' Gouri.

Ces trois valeurs donnent pour longitude de Mao, par rapport au méridien Koukaoua :

$$(A) \quad G. Mao (\Delta) = + 1^{\circ}45'06'',2$$

$$(B) \quad G. Mao (\Delta) = + 1^{\circ}45'01'',4$$

$$(C) \quad G. Mao (\Delta) = + 1^{\circ}45'05'',6$$

D'autre part, un autre transport du temps a été effectué par le capitaine Vignon entre Mao et Kouloa par Zigueï, Leschour et N'Goum :

Mao (Δ) – Zigueï (Δ)	= – 28'51",45
Zigueï (Δ) – Leschour (Δ)	= + 1°01'49",35
Leschour (Δ) – N'Goum (Δ)	= + 0°18'18",00
N'Goum (Δ) – Kouloa (Δ)	= + 0°34'35",25
Mao (Δ) – Kouloa (Δ)	= + 1°25'51",15

Kouloa étant adopté définitivement (+ 0°19'42",0), il vient :

$$(D) \quad G \text{ Mao } (\Delta) = + 1^{\circ}45'33",15.$$

L'on combine les quatre valeurs obtenues pour Mao en leur donnant les poids suivants :

$$(A) \times 2^{(1)}$$

$$(B) \times 3^{(1)}$$

$$(C) \times 2^{(1)}$$

$$(D) \times 1^{(1)}$$

et l'on adopte comme définitive la valeur suivante pour Mao :

$$(5) \quad G. \text{ Mao } (\Delta) = + 1^{\circ}45'07",6.$$

En comparant (4") et (5), l'on a :

$$(6) \quad Dg. \text{ Mao} - \text{Bol} = + 0^{\circ}36'24",8;$$

soit une différence de 2",0 entre la valeur adoptée pour Dg. Mao–Bol (6) et la valeur trouvée par N'Gouri (C). Il convient donc d'ajouter 1",0 à la Dg. Bol–Goudji et 1",0 à la Dg. Goudji – N'Gouri, soit :

$$Dg. \text{ Goudji } (\Delta) - \text{Bol } (\Delta) \dots = + 18'03",55$$

$$Dg. \text{ N'Gouri } (\Delta) - \text{Goudji } (\Delta) = + 21'19",00$$

$$Dg. \text{ N'Gouri } (\Delta) - \text{Mao } (\Delta) = + 25'57",75.$$

⁽¹⁾ Nous donnons le poids 3 aux transports du temps effectués en suivant un itinéraire direct. Dans le cas de (A), ce poids est diminué de 1 parce que l'on n'a pu employer qu'une seule montre. Nous donnons le poids 2 aux transports du temps indirects. Dans le cas de (D), ce poids est diminué de 1 en raison de la durée du transport du temps.

5° Transport du temps Mao-Zigueï.

Deux transports du temps ont été exécutés entre ces deux points en 1908 :

Le capitaine Lauzanne : Dg. $0^{\circ}28'59'',4$ - poids 3.

Le capitaine Vignon : Dg. $0^{\circ}28'51'',45$ - poids 2.

$$\text{Dg. Zigueï } (\Delta) - \text{Mao } (\Delta) = 0^{\circ}28'56'',20^{(1)}$$

et

$$(7) \quad \text{G Zigueï } (\Delta) = + 2^{\circ}14'03'',8.$$

6° Transport du temps Zigueï-Kouloa.

Le transport du temps du capitaine Vignon a donné entre ces deux points :

$$\text{Zigueï } (\Delta) - \text{Leschour } (\Delta) = + 1^{\circ}01'49'',35$$

$$\text{Leschour } (\Delta) - \text{N'Goum } (\Delta) = + 0^{\circ}18'18'',00$$

$$\text{N'Goum } (\Delta) - \text{Kouloa } (\Delta) = + 0^{\circ}34'35'',25$$

ou :

$$(8) \quad \text{Dg. Zigueï } (\Delta) - \text{Kouloa } (\Delta) = + 1^{\circ}54'42'',60$$

mais les longitudes de Kouloa et Zigueï sont déjà adoptées :

$$(7) \quad \text{G. Zigueï } (\Delta) = + 2^{\circ}14'03'',80$$

$$\text{G. Kouloa } (\Delta) = + 0^{\circ}19'42'',00;$$

d'où :

$$(8') \quad \text{Dg. Zigueï } (\Delta) - \text{Kouloa } (\Delta) = + 1^{\circ}54'21'',80.$$

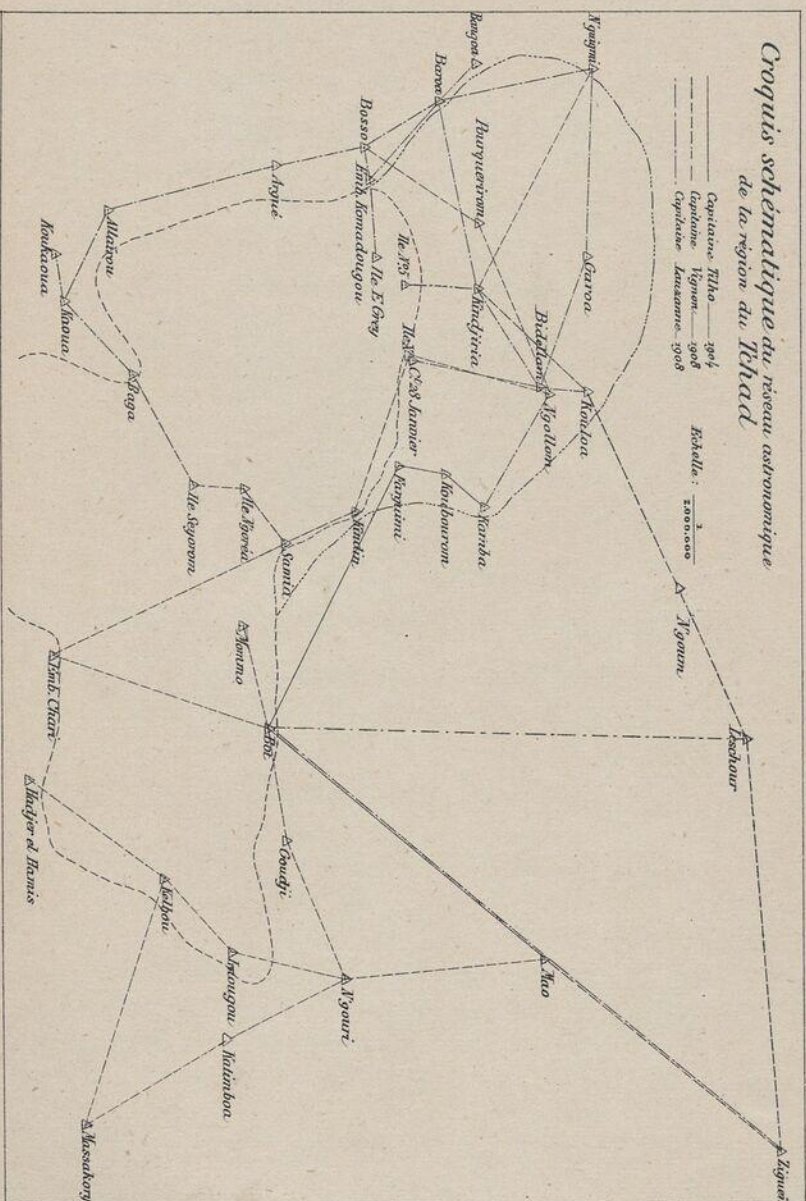
En combinant (8) et (8'), l'on a :

$$(8) - (8') = 20'',8.$$

Il en résulte que la valeur de la différence de longitude trouvée par le capitaine Vignon entre Zigueï et Kouloa doit être diminuée de $20'',8$, soit environ $10'',4$ entre Zigueï et Leschour et $10'',4$ entre Leschour et Kouloa.

⁽¹⁾ Ces deux transports du temps ont été effectués directement, celui du capitaine Lauzanne en 3 jours, celui du capitaine Vignon en 5 jours. L'écart donné par les montres étant sensiblement le même dans les deux cas, nous donnerons à ces transports du temps des poids équivalents, soit 3 par exemple. Et nous diminuerons de 1 le poids affecté au transport du temps du capitaine Vignon qui a été effectué en cinq jours.

*Croquis schématique du réseau astronomique
de la région du Tchad*



Mais alors la longitude de Leschour par rapport à Zigueï devient :

$$\begin{aligned} G. \text{ Leschour} &= G. \text{ Zigueï} - (\text{Dg. Zigueï-Leschour} - 10'',4). \\ &= + 2^{\circ}14'03'',80 - 10'49'',35 + 10'',4 \end{aligned}$$

$$(9) \quad G. \text{ Leschour } (\Delta) = + 1^{\circ}12'24'',85$$

Une autre valeur est obtenue pour la longitude de Leschour par le capitaine Lauzanne qui a transporté le temps entre Bol et Leschour.

Soit :

$$\text{Dg. Leschour} - \text{Bol} = + 0^{\circ}02'59'',25$$

d'où

$$(9') \quad G. \text{ Leschour} = + 1^{\circ}11'42'',05.$$

L'on donnera le poids 3 à la valeur (9) et le poids 1 à la valeur (9') et on adopte :

$$(10) \quad G. \text{ Leschour} = + 1^{\circ}12'14'',15^{(1)}$$

La valeur adoptée pour la différence de longitude Leschour-Kouloa est donc :

$$\text{Dg. Leschour-Kouloa} = + 0^{\circ}52'32'',15.$$

Mais le transport du temps du capitaine Vignon a donné :

$$\text{Dg. Leschour} - \text{N'Goum} \dots \dots \dots = + 0^{\circ}18'18'',0$$

$$\text{Dg. N'Goum} - \text{Kouloa} \dots \dots \dots = + 0^{\circ}34'35'',25$$

$$\text{Dg. Leschour} - \text{Kouloa} \dots \dots \dots = + 0^{\circ}52'53'',25$$

et il convient de répartir la différence $21'',10$ entre les deux transports du temps Leschour - N'Goum et N'Goum - Kouloa, soit :

$$\text{Dg. Leschour } (\Delta) - \text{N'Goum } (\Delta) = 0^{\circ}18'18'',0 - 7'',10 = + 0^{\circ}18'10'',90$$

$$\text{Dg. N'Goum } (\Delta) - \text{Kouloa } (\Delta) = 0^{\circ}34'35'',25 - 14'',00 = + 0^{\circ}34'21'',25$$

⁽¹⁾ La durée du transport du temps est la même dans les deux cas (4 jours) mais la concordance donnée par les montres est moins satisfaisante pour le transport du temps Bol-Leschour que pour celui de Zigueï à Leschour. Nous donnerons donc le poids 1 au transport du temps Bol-Leschour et 3 au transport du temps Zigueï-Leschour.

7° Transport du temps Bol-Mommo (Kadé).

Ce transport du temps effectué en circuit fermé en 2 jours, a donné des résultats satisfaisants, soit :

$$\text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Mommo } (\Delta) = + 13'09'',6^{(1)}.$$

8° Transport du temps N'Gouri-Kelbou.

Le temps a été transporté dans le polygone N'Gouri, Kalimboa, Massakory, Kelbou, Irnougou, N'Gouri, pendant la période du 2 au 25 avril 1908.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Entre N'Gouri (Δ) et Kalimboa (Δ) . .	+ 8'26'',55
Entre Kalimboa (Δ) et Massakory (Δ) .	+ 13'23'',10
Entre Massakory (Δ) et Kelbou (Δ) . . .	- 39'49'',80
Entre Kelbou (Δ) et Irnougou (Δ) . . .	+ 11'38'',70
Entre Irnougou (Δ) et N'Gouri (Δ) . .	+ 6'37'',50
	+ 40'05'',85 - 39'49'',80

$$\text{Erreur de fermeture} = 16'',05$$

que l'on peut répartir ainsi proportionnellement aux distances :

Dg. Kalimboa (Δ) - N'Gouri (Δ)	8'26'',55 - 1'',49 = + 0°08'25'',06
Dg. Massakory (Δ) - Kalimboa (Δ)	13'23'',10 - 2'',54 = + 0°13'20'',56
Dg. Massakory (Δ) - Kelbou (Δ)	39'49'',80 + 8'',02 = + 0°39'57'',82
Dg. Irnougou (Δ) - Kelbou (Δ)	11'38'',70 - 2'',52 = + 0°11'36'',18
Dg. N'Gouri (Δ) - Irnougou (Δ)	6'37'',50 - 1'',48 = + 0°06'36'',02

⁽¹⁾ A titre de contrôle, voici les résultats obtenus pour le point de Kadé par la Mission Congo-Cameroun (Mission Moll) :

Latitude	{ Mission Niger-Tchad	+ 13°23'27'',5
	{ Mission Congo-Cameroun . . .	+ 13°23'26'',0
Longitude par rapport au méridien de Koukaoua.	{ Mission Niger-Tchad	+ 0°55'34'',9
	{ Mission Congo-Cameroun . . .	+ 0°55'40'',8

9° Transport du temps Kelbou-Hadjer el Hamis.

Effectué en circuit fermé, a donné comme résultat :

$$\text{Dg. Kelbou } (\Delta) - \text{Hadjer-el-Hamis } (\Delta) = + 13'43'',35.$$

NOTA. Les valeurs adoptées pour les différences de longitude ont été composées en caractères gras.

RÉSEAU ASTRONOMIQUE DE 1904.

1. Polygone Koukaoua-Kaoua-Fogou-Seyorom (Baga).

1° Observations.

Koukaoua.....	le 29 janvier 1904.	Seyorom (Baga).....	le 3 février 1904.
Koukaoua.....	le 31 janvier 1904.	Fogou.....	le 4 février 1904.
Kaoua.....	le 1 ^{er} février 1904.	Kaoua.....	le 5 février 1904.
Fogou.....	le 2 février 1904.	Seyorom (Baga).....	le 6 février 1904.

2° Marche des montres.

	N° 14864.	N° 4108.	N° 4100.
Koukaoua du 27 au 29 janvier.....	+ 19',76	+ 4',314	+ 4',973
Koukaoua du 29 au 31 janvier.....	+ 17',445	+ 4',645	+ 5',195
Kaoua du 1 ^{er} au 5 février.....	+ 17',20	+ 4',371	+ 5',022
Fogou du 2 au 4 février.....	+ 16',095	+ 4',271	+ 4',867
Seyorom (Baga) du 3 au 6 février.....	+ 18',66	+ 4',463	+ 4',752

3° Différences de longitude.

Kaoua-Koukaoua

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur le T.m. Koukaoua le 31 janvier à 9 ^h 18 ^m	40 ^m 43',42	44 ^m 14',48
Marche en 1 jour.....	4',51	5',11
État sur T.m. Koukaoua le 1 ^{er} février à 9 ^h 19 ^m	40 ^m 47',93	44 ^m 19',59
État sur T.m. Kaoua le 1 ^{er} février à 9 ^h 19 ^m	41 ^m 20',46	44 ^m 52',44
Différence.....	32',53	32',85
Poids.....	2	1

$$\text{Dg. Kaoua-Koukaoua} = 32',64 = 8'09'',6.$$

Seyorom (Baga)—Kaoua.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Kaoua le 1 ^{er} février à 9 ^h 19 ^m ...	41 ^m 20 ^s ,46	44 ^m 52 ^s ,44
Marche en 1 jour 23 ^h 45 ^m	8 ^s ,70	9 ^s ,99
État sur T. m. Kaoua le 3 février à 9 ^h 05 ^m	41 ^m 29 ^s ,16	45 ^m 02 ^s ,43
État sur T. m. Seyorom le 3 février à 9 ^h 05 ^m	42 ^m 13 ^s ,90	45 ^m 47 ^s ,11
Différence	44 ^s ,74	44 ^s ,68
Poids	2	1

$$\text{Dg.} = 44^{\circ},72 = 11^{\circ} 10'',8.$$

Seyorom (Baga)—Kaoua.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Seyorom le 3 février à 9 ^h 05 ^m ...	42 ^m 13 ^s ,90	45 ^m 47 ^s ,11
Marche en 2 jours	8 ^s ,93	9 ^s ,50
État sur T. m. Seyorom le 5 février à 9 ^h 06 ^m	42 ^m 22 ^s ,83	45 ^m 56 ^s ,61
État sur T. m. Kaoua le 5 février à 9 ^h 06 ^m	41 ^m 37 ^s ,90	45 ^m 12 ^s ,52
Différence	44 ^s ,93	44 ^s ,09
Poids	2	1

$$\text{Dg.} = 44^{\circ},65 = 11^{\circ} 09'',75.$$

Seyorom (Baga)—Kaoua.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Kaoua le 5 février à 9 ^h 06 ^m	41 ^m 37 ^s ,90	45 ^m 12 ^s ,52
Marche en 1 jour 12 ^m	4 ^s ,50	4 ^s ,79
État sur T. m. Kaoua le 6 février à 9 ^h 18 ^m	41 ^m 42 ^s ,40	45 ^m 17 ^s ,31
État sur T. m. Seyorom le 6 février à 9 ^h 18 ^m	42 ^m 27 ^s ,33	46 ^m 01 ^s ,41
Différence	44 ^s ,93	44 ^s ,10
Poids	2	1

$$\text{Dg.} = 44^{\circ},65 = 11^{\circ} 09'',75. \text{ — Adopté} = 11^{\circ} 10'',10.$$

Fogou—Kaoua (1 au 2).

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Kaoua le 1 ^{er} février à 9 ^h 19 ^m ...	41 ^m 20 ^s ,46	44 ^m 52 ^s ,44
Marche en 23 ^h 52 ^m 30 ^s	4 ^s ,35	5 ^s ,00
État des montres sur T. m. Kaoua le 2 février à 9 ^h 11 ^m 30 ^s ..	41 ^m 24 ^s ,81	44 ^m 57 ^s ,44
État des montres sur T. m. Fogou le 2 février à 9 ^h 11 ^m 30 ^s ..	41 ^m 44 ^s ,44	45 ^m 16 ^s ,55
Différence	19 ^s ,63	19 ^s ,11
Poids	2	1

$$\text{Dg.} = 19^{\circ},46 = 4^{\circ} 51'',9.$$

Fogou-Kaoua (4 au 5).

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Fogou le 4 février à 9 ^h 04 ^m	41 ^m 52 ^s ,96	45 ^m 26 ^s ,26
Marche en 1 jour.....	4 ^s ,42	4 ^s ,89
État des montres sur T. m. Fogou le 5 février à 9 ^h 06 ^m	41 ^m 57 ^s ,38	45 ^m 31 ^s ,15
État des montres sur T. m. Kaoua le 5 février à 9 ^h 06 ^m	41 ^m 37 ^s ,90	45 ^m 12 ^s ,52
Différence.....	19 ^s ,48	18 ^s ,63
Poids.....	2	1

Dg. = 19^s,20 = 4' 48^s,0. — Adopté = 4' 49^s,95.

2. Polygone Seyorom-Embouchure Komadougou-N'Guigmi.

1° Observations.

Seyorom (Baga).....	le 3 février.	Embouchure Komadougou.	le 14 février.
Seyorom (Baga).....	le 6 février.	N'Guigmi (mouillage)....	le 18 février.
Embouchure Komadougou.	le 10 février.	N'Guigmi (mouillage)....	le 21 février.
Embouchure Komadougou.	le 11 février.		

2° Marche des montres.

	N° 14864.	N° 4108.	N° 4100.
Seyorom (Baga) du 3 au 6 février.....	+ 18 ^s ,66	+ 4 ^s ,463	+ 4 ^s ,752
Embouchure Komadougou du 10 au 14 février.....	+ 14 ^s ,042	+ 4 ^s ,498	+ 5 ^s ,436
N'Guigmi du 18 au 21 février.....	+ 16 ^s ,14	+ 4 ^s ,437	+ 5 ^s ,288

3° Différences de longitude.

Seyorom-Embouchure Komadougou.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. de Seyorom le 6 février à 9 ^h 18 ^m	42 ^m 27 ^s ,33	46 ^m 01 ^s ,41
Marche en 4 jours 40 ^m 30 ^s	18 ^s ,05	20 ^s ,52
État sur T. m. Seyorom le 10 février à 9 ^h 58 ^m 30 ^s	42 ^m 45 ^s ,38	46 ^m 21 ^s ,93
État sur T. m. Embouchure Komadougou le 10 février à 9 ^h 58 ^m 30 ^s	40 ^m 45 ^s ,37	44 ^m 19 ^s ,52
Différence.....	2 ^m 00 ^s ,01	2 ^m 02 ^s ,41
Poids.....	2	1

Dg. = 2^m 00^s,81 = 30' 12^s,15.

Embouchure Komadougou—N'Guigmi.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Embouchure Komadougou le 14 février à 16 ^h 24 ^m 30 ^s	41 ^m 04 ^s ,55	44 ^m 42 ^s ,72
Marche en 3 jours 18 ^h 29 ^m 30 ^s	16 ^s ,85	20 ^s ,22
État sur T. m. Embouchure Komadougou le 18 février à 10 ^h 54 ^m	41 ^m 21 ^s ,40	45 ^m 02 ^s ,94
État sur T. m. N'Guigmi le 18 février à 10 ^h 54 ^m	40 ^m 32 ^s ,38	44 ^m 13 ^s ,59
Différence.....	49 ^s ,02	49 ^s ,35
Poids.....	2	1

$$\text{Dg.} = 49^{\text{s}},12 = 12^{\text{t}} 16^{\text{s}},8.$$

3. Polygone N'Guigmi—N'Gorodougou—Mattégou—Mao.

1° Observations.

N'Guigmi.....	le 18 février.	Mattégou.....	le 7 mars.
N'Guigmi.....	le 21 février.	Mao.....	le 14 mars.
N'Gorodougou.....	le 24 février.	Mao.....	le 21 mars.

2° Marche des montres.

	N° 14864.	N° 4108.	N° 4100.
N'Guigmi du 18 au 21 février.....	+ 16 ^s ,14	+ 4 ^s ,437	+ 5 ^s ,288
Mao du 14 au 21 mars.....	— 1 ^s ,030	+ 4 ^s ,658	+ 4 ^s ,437

3° Différences de longitude.

Mao—Mattégou.

	N° 14864.	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur N'Guigmi le 21 février à 10 ^h 30 ^m	1 ^h 21 ^m 18 ^s ,45	40 ^m 45 ^s ,62	44 ^m 29 ^s ,37
Dg. N'Guigmi—Mao.....	8 ^m 36 ^s ,47	8 ^m 36 ^s ,47	8 ^m 36 ^s ,47
État des montres sur Mao le 21 février à 10 ^h 39 ^m	1 ^h 29 ^m 54 ^s ,92	49 ^m 22 ^s ,09	53 ^m 05 ^s ,84
État des montres sur Mao le 14 mars à 17 ^h 04 ^m	1 ^h 30 ^m 27 ^s ,35	51 ^m 14 ^s ,80	55 ^m 03 ^s ,98
Différences en 22 jours 267—22 jours 6 ^h 25.	0 ^m 32 ^s ,43	1 ^m 52 ^s ,71	1 ^m 58 ^s ,14
Marches.....		5 ^s ,061	5 ^s ,305
Marches probables.....		4 ^s ,86	4 ^s ,87
État des montres sur Mattégou le 7 mars à 8 ^h 46 ^m		45 ^m 59 ^s ,90	49 ^m 46 ^s ,72
Marche en 7 jours 346—7 jours 8 ^h 18 ^m		35 ^s ,70	35 ^s ,77
État des montres sur Mattégou le 14 mars à 17 ^h 04 ^m		46 ^m 35 ^s ,60	50 ^m 22 ^s ,49
État des montres sur Mao le 14 mars à 17 ^h 04 ^m		51 ^m 14 ^s ,80	55 ^m 03 ^s ,98
		4 ^m 39 ^s ,20	4 ^m 41 ^s ,49
		1° 09' 48"	1° 10' 22",35
Poids.....		2	1
Dg. Mao—Mattégou.....		1° 09' 59",45	
Poids.....			1

Par azimuts.

Ø Kamba	= 13° 59' 30",7		
Ø Mattégon	= 14° 06' 14",6		
Dø	6' 43",9 = 12 ^k ,407	log 12407.....	4.093667
		log tg 12°,00 p. 1°..	1.327475
		log Dg.....	3.421142
Dg. Mattégon-Kamba	2 ^k ,637 =	1' 27",6	217 ^m ,1
Dg. Mao-Kamba	= 1° 07' 57",1		
Dg. Mao-Mattégon	= 1° 09' 24",7		
Poids.....	5		

N° Gorodougou—N° Guigmi.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. N° Guigmi le 21 février à 10 ^h 30 ^m .	40 ^m 45 ^s ,62	44 ^m 29 ^s ,37
Marche en 2 jours 21 ^h 16 ^m 05 ^s = 2 jours 886.....	12 ^s ,80	15 ^s ,26
État sur T. m. N° Guigmi le 24 février à 7 ^h 47 ^m 30 ^s	40 ^m 58 ^s ,42	44 ^m 44 ^s ,63
État sur T. m. N° Gorodougou le 24 février à 7 ^h 47 ^m 30 ^s	42 ^m 40 ^s ,91	46 ^m 26 ^s ,71
Différence.....	1 ^m 42 ^s ,49	1 ^m 42 ^s ,08
Poids.....	2	1

4. Polygone Fort-Pradié—Mao.

1° Observations.

Mao.....	le 14 mars.	Fort-Pradié.....	le 23 mars.
Mao.....	le 21 mars.	Mao.....	le 26 mars.

2° Marche des montres.

	N° 14864.	N° 4108.	N° 4100.
Mao du 14 au 21 mars.....	— 1 ^s ,030	+ 4 ^s ,658	+ 4 ^s ,437
Mao du 21 au 26 mars.....	— 3 ^s ,249	+ 4 ^s ,447	+ 3 ^s ,369

3° Différences de longitude.

Fort-Pradié—Mao.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Mao le 21 mars à 8 ^h 49 ^m	51 ^m 45 ^s ,80	55 ^m 33 ^s ,51
Marche en 2 jours 6 ^h 54 ^m	10 ^s ,17	7 ^s ,71
État sur T. m. Mao le 23 mars à 15 ^h 43 ^m	51 ^m 55 ^s ,97	55 ^m 41 ^s ,22
État sur T. m. Fort-Pradié le 23 mars à 15 ^h 43 ^m	51 ^m 58 ^s ,62	55 ^m 43 ^s ,35
Différence.....	2 ^s ,65	2 ^s ,13
Poids.....	3	1

$$\text{Dg.} = 2^{\circ} 52' = 0^{\circ} 37'',8.$$

5. Polygone Mao—Moïlo—Bol.

1° *Observations.*

Mao.....	le 21 mars.	Bol.....	le 2 avril
Mao.....	le 26 mars.	Bol.....	le 5 avril.
Moïlo.....	le 29 mars.		

2° *Marche des montres.*

	N° 14864.	N° 4108.	N° 4100.
Mao du 21 au 26 mars.....	— 3 ^s ,249	+ 4 ^s ,447	+ 3 ^s ,369
Bol du 2 au 5 avril.....	— 4 ^s ,278	+ 4 ^s ,997	+ 1 ^s ,509

3° *Différences de longitude.*

Mao—Moïlo.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Mao le 26 mars à 8 ^h 59 ^m	52 ^m 08 ^s ,07	55 ^m 50 ^s ,38
Marche en 3 jours.....	14 ^s ,17	7 ^s ,32
État sur T. m. Mao le 29 mars à 8 ^h 58 ^m 30 ^s	52 ^m 22 ^s ,24	55 ^m 57 ^s ,70
État sur T. m. Moïlo le 29 mars à 8 ^h 58 ^m 30 ^s	50 ^m 36 ^s ,70	54 ^m 12 ^s ,72
Différence.....	1 ^m 45 ^s ,54	1 ^m 44 ^s ,98
Poids.....	1	0

$$Dg. = 26' 23'',1.$$

Mao—Bol.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Mao le 26 mars à 8 ^h 59 ^m	52 ^m 08 ^s ,07	55 ^m 50 ^s ,38
Marche en 7 jours 15 ^m 30 ^s	33 ^s ,11	17 ^s ,10
État sur T. m. Mao le 2 avril à 9 ^h 14 ^m 30 ^s	52 ^m 41 ^s ,18	56 ^m 07 ^s ,48
État sur T. m. Bol le 2 avril à 9 ^h 14 ^m 30 ^s	50 ^m 15 ^s ,62	53 ^m 44 ^s ,34
Différence.....	2 ^m 25 ^s ,56	2 ^m 23 ^s ,14
Poids.....	1	0

$$Dg. = 0^{\circ} 36' 23'',4.$$

6. Polygone Bol—Ouannnda—N°Guilimi—Farguimi—Koubourom—Kamba.

1° *Observations.*

Bol.....	le 2 avril.	Koubourom.....	le 15 avril.
Bol.....	le 5 avril.	Koubourom.....	le 19 avril.
Ouannnda.....	le 8 avril.	Kamba.....	le 21 avril.
N°Guilimi.....	le 10 avril.	Kamba.....	le 22 avril.
Farguimi.....	le 11 avril.	Kamba.....	le 25 avril.
Farguimi.....	le 14 avril.		

2° *Marche des montres.*

	N° 14864.	N° 4108.	N° 4100.
Bol du 2 au 5 avril	- 4 ^s ,278	+ 4 ^s ,997	+ 1 ^s ,509
Farguimi du 11 au 14 avril	- 1 ^s ,037	+ 4 ^s ,613	+ 3 ^s ,480
Koubourom du 15 au 19 avril	+ 2 ^s ,212	+ 4 ^s ,690	+ 3 ^s ,416
Kamba du 22 au 25 avril	- 1 ^s ,62	+ 4 ^s ,677	+ 3 ^s ,376

3° *Différences de longitude.*

Bol—Ouannnda.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. de Bol le 5 avril à 17 ^h 24 ^m	50 ^m 32 ^s ,31	53 ^m 49 ^s ,38
Marche en 2 jours 15 ^h 29 ^m	12 ^s ,71	5 ^s ,74
État sur T. m. de Bol le 8 avril à 8 ^h 5 ^m	50 ^m 45 ^s ,02	53 ^m 55 ^s ,12
État sur T. m. de Ouannnda le 8 avril à 8 ^h 5 ^m	49 ^m 42 ^s ,72	52 ^m 52 ^s ,77
Différence	1 ^m 02 ^s ,30	1 ^m 02 ^s ,35
Poids	1	1

$$\text{Dg.} = 0^{\circ} 01' 02'', 32.$$

Bol—N'Guilimi.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Bol le 5 avril à 17 ^h 24 ^m	50 ^m 32 ^s ,31	53 ^m 49 ^s ,38
Marche en 4 jours 15 ^h 26 ^m	22 ^s ,31	11 ^s ,58
État sur T. m. Bol le 10 avril à 8 ^h 50 ^m	50 ^m 54 ^s ,62	54 ^m 00 ^s ,96
État sur T. m. N'Guilimi le 10 avril à 8 ^h 50 ^m	48 ^m 40 ^s ,46	51 ^m 45 ^s ,61
Différence	2 ^m 14 ^s ,16	2 ^m 15 ^s ,35
Poids	1	0

$$\text{Dg.} = 2^{\text{m}} 14^{\text{s}}, 16.$$

Bol—Farguimi.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Bol le 5 avril à 17 ^h 24 ^m	50 ^m 32 ^s ,31	53 ^m 49 ^s ,38
Marche en 5 jours 14 ^h 58 ^m 30 ^s	27 ^s ,02	14 ^s ,03
État sur T. m. Bol le 11 avril à 8 ^h 22 ^m 30 ^s	50 ^m 59 ^s ,33	54 ^m 03 ^s ,41
État sur T. m. Farguimi le 11 avril à 8 ^h 22 ^m 30 ^s	48 ^m 39 ^s ,22	51 ^m 43 ^s ,25
Différence	2 ^m 20 ^s ,11	2 ^m 20 ^s ,16
Poids	1	0

$$\text{Dg.} = 2^{\text{m}} 20^{\text{s}}, 11.$$

Koubourom—Farguimi.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Farguimi le 14 avril à 8 ^h 29 ^m ..	48 ^m 53 ^s ,06	51 ^m 53 ^s ,69
Marche en 1 jour 1 ^h 30 ^m 40 ^s	4 ^s ,95	3 ^s ,66
État sur T. m. Farguimi le 15 avril à 9 ^h 53 ^m 40 ^s	48 ^m 58 ^s ,01	51 ^m 57 ^s ,35
État sur T. m. Koubourom le 15 avril à 9 ^h 53 ^m 40 ^s	49 ^m 05 ^s ,37	52 ^m 04 ^s ,13
Différence.....	7 ^s ,36	6 ^s ,78
Poids.....	1	0

$$Dg. = 7^s,36.$$

Kamba—Koubourom.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Koubourom le 19 avril à 8 ^h 01 ^m 40 ^s	49 ^m 23 ^s ,77	52 ^m 17 ^s ,51
Marche en 2 jours 1 ^h 24 ^m 40 ^s	9 ^s ,58	6 ^s ,88
État sur T. m. Koubourom le 21 avril à 9 ^h 26 ^m 20 ^s	49 ^m 33 ^s ,35	52 ^m 24 ^s ,39
État sur T. m. Kamba le 21 avril à 9 ^h 26 ^m 20 ^s	49 ^m 40 ^s ,16	52 ^m 31 ^s ,65
Différence.....	6 ^s ,81	7 ^s ,26
Poids.....	1	0

$$Dg. = 6^s,81.$$

7. Polygone Kamba—Kilia—Deïrom—N'Gollom—Kouloa.

1° Observations.

Kamba.....	le 22 avril.	N'Gollom.....	le 29 avril.
Kamba.....	le 25 avril.	Kouloa.....	le 30 avril.
Kilia.....	le 26 avril.	Kouloa.....	le 5 mai.
Deïrom.....	le 27 avril.		

2° Marche des montres.

	N° 14864.	N° 4108.	N° 4100.
Kamba du 22 au 25 avril.....	— 1 ^s ,62	+ 4 ^s ,677	+ 3 ^s ,376
Kouloa du 30 avril au 5 mai.....	— 1 ^s ,791	+ 4 ^s ,717	+ 6 ^s ,395

3° Différences de longitude.

Kamba—Kilia.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Kamba le 25 avril à 8 ^h 31 ^m 45 ^s ..	49 ^m 58 ^s ,31	52 ^m 44 ^s ,52
Marche en 1 jour 31 ^m 15 ^s	4 ^s ,80	4 ^s ,99
État sur T. m. Kamba le 26 avril à 9 ^h 03 ^m	50 ^m 03 ^s ,11	52 ^m 49 ^s ,51
État sur T. m. Kilia le 26 avril à 9 ^h 03 ^m	49 ^m 43 ^s ,43	52 ^m 26 ^s ,59
Différence.....	19 ^s ,68	22 ^s ,92
Poids.....	1	0

$$Dg. = 4' 55'',2.$$

Kamba—Deïrom.

	N° 4108.	N° 4100
État des montres sur T. m. Kamba le 25 avril à 8 ^h 31 ^m 45 ^s ..	49 ^m 58 ^s ,11	52 ^m 44 ^s ,52
Marche en 1 jour 28 ^m 15 ^s	4 ^s ,79	4 ^s ,98
État sur T. m. Kamba le 27 avril à 9 ^h 00 ^m	50 ^m 02 ^s ,90	52 ^m 49 ^s ,50
État sur T. m. Deïrom le 27 avril à 9 ^h 00 ^m	49 ^m 32 ^s ,14	52 ^m 12 ^s ,15
Différence.....	30 ^s ,76	37 ^s ,35
Poids.....	1	0

$$\text{Dg.} = 7' 41'',4.$$

Kamba—Kouloa.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Kamba le 25 avril à 8 ^h 31 ^m 45 ^s ..	49 ^m 58 ^s ,31	52 ^m 44 ^s ,52
Marche en 5 jours 19 ^m	23 ^s ,55	24 ^s ,47
État sur T. m. Kamba le 30 avril à 8 ^h 51 ^m	50 ^m 21 ^s ,86	53 ^m 08 ^s ,99
État sur T. m. Kouloa le 30 avril à 8 ^h 51 ^m	49 ^m 11 ^s ,68	51 ^m 40 ^s ,60
Différence.....	1 ^m 10 ^s ,18	1 ^m 28 ^s ,39
Poids.....	1	0

$$\text{Dg.} = 17' 32'',7.$$

Kamba—N'Gollom.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Kouloa le 25 avril à 8 ^h 31 ^m 45 ^s ..	49 ^m 58 ^s ,11	52 ^m 44 ^s ,52
Marche en 4 jours 21 ^m 15 ^s	18 ^s ,85	19 ^s ,61
État sur T. m. Kamba le 29 avril à 8 ^h 53 ^m	50 ^m 16 ^s ,96	53 ^m 04 ^s ,13
État sur T. m. N'Gollom le 29 avril à 8 ^h 53 ^m	49 ^m 13 ^s ,56	51 ^m 45 ^s ,64
Différence.....	1 ^m 03 ^s ,40	1 ^m 18 ^s ,49
Poids.....	1	0

$$\text{Dg.} = 15' 51'',0.$$

8. Polygone Kouloa—N'Guigmi—Garoumélé—Bangoa.

1° Observations.

Kouloa.....	le 30 avril.	Garoumélé.....	le 11 mai.
Kouloa.....	le 5 mai.	Bangoa.....	le 12 mai.
N'Guigmi.....	le 10 mai.	Garoumélé.....	le 14 mai.

2° Marche des montres.

	N° 14864.	N° 4108.	N° 4100.
Kouloa du 30 avril au 5 mai.....	— 1 ^s ,791	+ 4 ^s ,717	+ 6 ^s ,395
Garoumélé du 11 au 14 mai.....	— 3 ^s ,504	+ 4 ^s ,769	+ 7 ^s ,789

3° *Différences de longitude.*

Kouloa—N'Guigmi.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Kouloa le 5 mai à 9 ^h 24 ^m	49 ^m 35',38	52 ^m 12',73
Marche en 5 jours 1 ^h 8 ^m	23',94	38',32
État sur T. m. Kouloa le 10 mai à 10 ^h 32 ^m	49 ^m 59',32	52 ^m 51',05
État sur T. m. N'Guigmi le 10 mai à 10 ^h 32 ^m	46 ^m 58',90	49 ^m 42',98
Différence.....	3 ^m 00',42	3 ^m 08',07
Poids.....	1	0

$$\text{Dg.} = 45' 06'', 3.$$

N'Guigmi—Garoumélé.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. N'Guigmi le 10 mai à 10 ^h 29... ..	46 ^m 58',90	49 ^m 42',98
Marche en 1 jour.....	4',74	7',09
État sur T. m. N'Guigmi le 11 mai à 10 ^h 28 ^m	47 ^m 03',64	49 ^m 50',07
État sur T. m. Garoumélé le 11 mai à 10 ^h 28 ^m	46 ^m 24',08	49 ^m 10',55
Différence.....	39',56	39',52
Poids.....	1	0

$$\text{Dg.} = 9' 53'', 4.$$

Bangoa—Garoumélé.

	N° 4108.	N° 4100.
État des montres sur T. m. Garoumélé le 11 mai à 10 ^h 28 ^m	46 ^m 24',08	49 ^m 10',55
Marche en 22 ^h 48 ^m	4',53	7',40
État sur T. m. Garoumélé le 12 mai à 9 ^h 16 ^m	46 ^m 28',61	49 ^m 17',95
État sur T. m. Bangoa le 12 mai à 9 ^h 16 ^m	46 ^m 57',84	49 ^m 46',77
Différence.....	29',23	28',82
Poids.....	1	0

$$\text{Dg.} = 7' 18'', 45.$$

1. *Polygone Koukaoua—Kaoua—Seyorom (Baga).*

A. On a adopté en 1908 :

$$\text{Dg. Kaoua } (\Delta-08) - \text{Koukaoua (signal)} = 0^{\circ} 07' 58'', 65,$$

et le transport du temps de 1904 donne :

$$\text{Dg. Kaoua } (\Delta-04) - \text{Koukaoua } (\Delta-04) = 0^{\circ} 08' 09'', 6,$$

ou en tenant compte des reports :

$$A \text{ Koukaoua : Dg. signal Jackson} - (\Delta - 04) = 42'', 75,$$

$$A \text{ Kaoua . Dg. } (\Delta - 08) - (\Delta - 04) = 13'', 3,$$

$$\text{Dg. Kaoua } (\Delta - 08) - \text{Koukaoua (signal)} = 0^{\circ} 07' 40'', 15.$$

Le travail de 1908 a été seul conservé parce qu'il présentait de plus sérieuses garanties d'exactitude, ayant été effectué avec 5 montres et en circuit fermé. (Voir, p. 183.)

B. On a adopté en 1908 :

$$\text{Dg. Seyorom [Baga] } (\Delta - 08) - \text{Kaoua } (\Delta - 08) = 0^{\circ} 10' 13'', 65,$$

et le transport du temps de 1904 donne :

$$\text{Dg. Seyorom [Baga] } (\Delta - 04) - \text{Kaoua } (\Delta - 04) = 0^{\circ} 11' 10'', 10,$$

ou en tenant compte des reports :

$$A \text{ Kaoua : Dg. } (\Delta - 08) - (\Delta - 04) = 13'', 3,$$

$$A \text{ Baga : Dg. } (\Delta - 04) - (\Delta - 08) = 19'', 2,$$

$$\text{Dg. Seyorom [Baga] } (\Delta - 08) - \text{Kaoua } (\Delta - 08) = 0^{\circ} 10' 37'', 6.$$

2. Polygone Seyorom (Baga) — Embouchure Komadougou — N'Guigmi.

L'étude du transport du temps Seyorom (Baga) — Embouchure Komadougou — N'Guigmi a été exposé antérieurement. (Voir, p. 178 et 183.)

3. Polygone N'Guigmi — N'Gorodougou — Mattéguou — Mao.

Un relèvement topographique a placé Mattéguou dans le N. 12° W. de Kamba. Cet azimut pris entre deux points très rapprochés ne saurait être erroné de plus de $2''$; l'erreur résultante, sur la longitude de Mattéguou, ne dépassera donc pas $15''$; le résultat donné par les montres à l'aide de marches obtenues en mauvaises conditions, ne peut donner qu'une indication sur le sens dans lequel nous tiendrons compte de cette erreur possible. C'est pourquoi nous affectons le poids 5 à la méthode par azimuts et le poids 1 aux montres, ce qui nous donne enfin :

$$\text{Dg. Mao} - \text{Mattéguou} = 1^{\circ} 09' 30'', 5.$$

Aucune marche de montres n'ayant pu être déterminée entre le 21 février et le 14 mars, nous calculerons la différence de longitude entre N'Guigmi et N'Gorodougou au moyen des marches observées à N'Guigmi du 18 au 21 février. Aucun autre élément ne permet d'indiquer le sens d'une erreur possible. Nous adoptons donc sans compensation les résultats obtenus en utilisant ces marches, résultats qui sont d'ailleurs suffisamment concordants. Nous donnons le poids 2 à la montre 4108, généralement plus régulière, et le poids 1 à la montre 4100, soit :

$$\text{Dg. N'Gorodougou} - \text{N'Guigmi} = 1^m 42^s,35 = 25' 35'',25.$$

4. Polygone Fort-Pradié-Mao.

$$\text{G. Mao (centre poste) [adopté en 1908]} = + 1^{\circ} 45' 07'',26,$$

$$\text{en 1904. Dg. Fort-Pradié-Mao} = 0^{\circ} 00' 37'',8,$$

$$\text{G. Bir-Alali (centre Port-Pradié)} = + 1^{\circ} 45' 45'',4.$$

5. Polygone Mao-Moïlo-Bol.

On a adopté :

$$\text{Dg. Mao-Bol} = 0^{\circ} 36' 24'',8;$$

d'autre part en 1904 on a :

$$\text{Dg. Mao-Bol} = 0^{\circ} 36' 23'',4,$$

soit une erreur de $+ 1'',4$ à compenser dans cette section.

D'où, en partant de la longitude de Mao, adoptée antérieurement :

$$\text{G. Mao (centre poste)} = + 1^{\circ} 45' 07'',6,$$

$$\text{G. Moïlo } (\Delta) = \text{G. Mao} - (\text{Dg. Mao-Moïlo}) + 1'',0 = + 1^{\circ} 18' 45'',5.$$

6. Polygone Bol-Ouannda-N'Guilimi-Farguimi-Koubourom-Kamba.

Les résultats sont les suivants :

$$\text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Ouannda } (\Delta) = + 1^m 02^s,32,$$

$$\text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{N'Guilimi } (\Delta) = + 2^m 14^s,16,$$

$$\text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Farguimi } (\Delta) = + 2^m 20^s,11,$$

$$\text{Dg. Koubourom } (\Delta) - \text{Farguimi } (\Delta) = + 7^s,36,$$

$$\text{Dg. Kamba } (\Delta) - \text{Koubourom } (\Delta) = + 6^s,81,$$

ou :

$$\text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Farguimi } (\Delta) = + 2^m 20^s, 11,$$

$$\text{Dg. Kamba } (\Delta) - \text{Farguimi } (\Delta) = + 1^h 4^s, 17,$$

et :

$$(\alpha) \quad \text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Kamba } (\Delta-04) = + 2^m 05^s, 94 = 31' 29'', 10.$$

Or, nous avons adopté antérieurement :

$$\left. \begin{array}{l} \text{G. Bol } (\Delta) = + 1^{\circ} 08' 42'', 80 \\ \text{G. Kamba } (\Delta-08) = + 0^{\circ} 37' 10'', 50 \end{array} \right\} \text{ par rapport au méridien K,}$$

et

$$\text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Kamba } (\Delta-08) = 31' 32'', 30,$$

ou :

$$(\alpha') \quad \text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Kamba } (\Delta-04) = 31' 28'' 3.$$

(Report entre les points d'observation 1904 et 1908 = 4".)

En comparant (α) et (α') on voit que ces deux expressions présentent entre elles une différence de $0'',8$ dont la compensation sera effectuée entre les différentes sections du polygone Kamba-Bol, soit :

$$\text{Dg. Bol } (\Delta) - \text{Ouannnda } (\Delta) = 15' 34'', 80 + 0'', 4 = 15' 35'', 2,$$

$$\text{Dg. Ouannnda } (\Delta) - \text{N'Guilimi } (\Delta) = 17' 57'', 60 + 0'', 4 = 17' 58'', 0,$$

$$\text{Dg. N'Guilimi } (\Delta) - \text{Farguimi } (\Delta) = 1' 29'', 25,$$

$$\text{Dg. Kamba } (\Delta) - \text{Koubourom } (\Delta) = 1' 42'', 15,$$

$$\text{Dg. Koubourom } (\Delta) - \text{Farguimi } (\Delta) = 1' 50'', 40.$$

7. Polygone Kamba-Kilia-Deïrom-N'Gollom-Kouloa.

On a adopté en 1908 :

$$\text{Dg. Kamba } (\Delta-08) - \text{N'Gollom (centre)} = 0^{\circ} 15' 55'', 65,$$

ou :

$$(A) \quad \text{Dg. Kamba } (\Delta-04) - \text{N'Gollom (centre)} = 0^{\circ} 15' 59'', 65,$$

et l'on a trouvé en 1904 :

$$\text{Dg. Kamba } (\Delta-04) - \text{N'Gollom } (\Delta-04) = 0^{\circ} 15' 51'', 00,$$

ou :

$$(A') \quad \text{Dg. Kamba } (\Delta-04) - \text{N'Gollom (centre)} = 0^{\circ} 15' 56'', 7,$$

soit une faible erreur de $-3'',0$ dont la compensation s'effectuera aisément, d'où :

$$\text{Dg. Kamba } (\Delta-04) - \text{Kilia } (\Delta) = 4' 56'', 2,$$

$$\text{Dg. Kamba } (\Delta-04) - \text{Deïrom } (\Delta) = 7' 43'', 4.$$

Nous avons adopté en 1908 :

$$(B) \quad \text{Dg. Kamba } (\Delta-08) - \text{Kouloa (centre poste)} = 17' 28'', 5.$$

Les travaux de 1904 donnent :

$$\text{Dg. Kamba } (\Delta-04) - \text{Kouloa (centre poste)} = 17' 32'', 7,$$

ou :

$$(B') \quad \text{Dg. Kamba } (\Delta-08) - \text{Kouloa (centre poste)} = 17' 28'', 7.$$

La concordance est parfaite.

8. Polygone Kouloa--N'Guigmi--Garoumélé--Bangoa.

Nous avons adopté en 1908 :

$$(C) \quad \text{Dg. Kouloa (centre poste)} - \text{N'Guigmi } (\Delta-08) = 0^{\circ} 46' 38'', 25,$$

et on a trouvé en 1904 :

$$\text{Dg. Kouloa (centre poste)} - \text{N'Guigmi (camp}^t\text{-04)} = 0^{\circ} 45' 06'', 30,$$

ou :

$$(C') \quad \text{Dg. Kouloa (centre poste)} - \text{N'Guigmi } (\Delta-08) = 0^{\circ} 46' 06'', 30.$$

Il n'a pas été tenu compte de ce résultat (C') obtenu au moyen de marches de montres mauvaises et d'une durée insuffisante.

La différence de longitude entre Bangoa et Garoumélé a été adoptée sans compensation. (Voir, p. 180.)

CIRCUIT CHRONOMÉTRIQUE

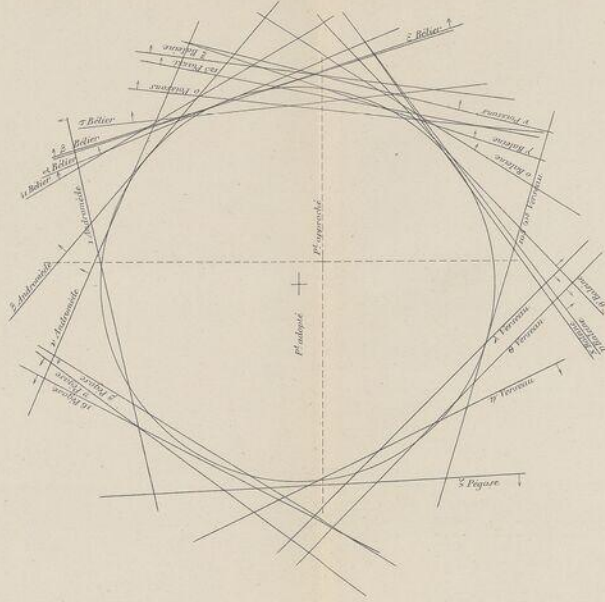
BOSSO-EMBOUCHURE KOMADOUGOU-BOSSO

Bosso.....	{	14	décembre	
	}	15	—	(marche de montres)
EMBOUCHURE KOMADOUGOU.		16	—	
Bosso.....		17	—	(marche de montres)

ROSSO, LE 14 DÉCEMBRE 1907.

Échelle 1^m = 1'.

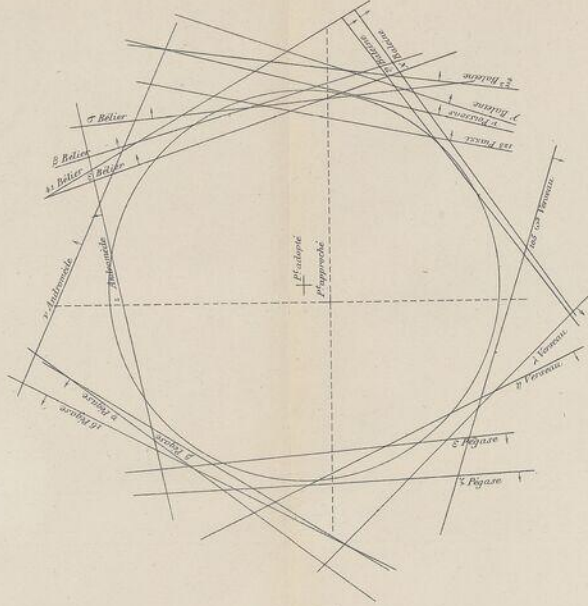
État approché du sidéral	6 ^h 33 ^m 53 ^s ,00	0 ^h 08 ^m	(T. s. L.)	Latitude approchée	— 13° 41' 45"
de — — — — —	— 3 ^m 56 ^s	— 0 ^h 15 ^m		dy — — — — —	— + 3 ^m 8 ^s
État adopté	— 6 ^h 33 ^m 57 ^s ,75	— 0 ^h 29 ^m 04 ^s ,58 (T. m. L.)		Latitude adoptée	— 13° 41' 48",8



R	0 ^h 53 ^m 38 ^s ,35
A	0 ^h 33 ^m 33 ^s ,87
B	0 ^h 03 ^m 57 ^s ,45
D	0 ^h 18 ^m 44 ^s ,55

État résultant pour les montres

État approché du sidéral — $6^{\circ} 33' 53.5$ $\left\{ \begin{array}{l} 0^{\circ} 20'' \\ 6^{\circ} 33' 11.87 \end{array} \right.$ (T. s. l.)
 $dx = + 5'' 2 = + 3.6$ — $+ 0.18$ à
 État adopté — $6^{\circ} 33' 53.68$ — $6^{\circ} 33' 11.87$ (T. m. l.)
 Latitude approchée — $13^{\circ} 41' 45''$
 $dy = + 8'' 2$ — $+ 6.2$
 Latitude adoptée — $13^{\circ} 41' 49.1$



État résultant pour les montres

R	$0^{\circ} 53' 51.03$
A	$0^{\circ} 33' 08.85$
B	$0^{\circ} 03' 35.01$
D	$0^{\circ} 18' 35.44$

DIFFÉRENCE DE LONGITUDE.

EMBOUCHURE KOMADOUGOU—BOSSO.

ÉTAT DES MONTRES.	A.	B.	D.	R.	S.
État sur le Tm et le Ts Emb. Komadougou, le 16 décembre à 6 ^h 39 ^m (Tml).....	0 ^h 33 ^m 33 ^s ,55	0 ^h 03 ^m 58 ^s ,82	0 ^h 18 ^m 48 ^s ,62	0 ^h 54 ^m 03 ^s ,12	6 ^h 34 ^m 10 ^s ,50
Marche en 24 ^h	+ 8 ^s ,20	+ 7 ^s ,47	+ 5 ^s ,50	- 4 ^s ,20	- 0 ^s ,36
État sur le Tm ou le Ts Emb. Komadougou, le 15 décembre, à 6 ^h 39 ^m (Tml).....	0 ^h 33 ^m 41 ^s ,75	0 ^h 04 ^m 06 ^s ,29	0 ^h 18 ^m 54 ^s ,12	0 ^h 53 ^m 58 ^s ,92	6 ^h 34 ^m 10 ^s ,14
État sur le Tm ou le Ts Bosso, le 15 décembre à 6 ^h 39 ^m (Tml)...	0 ^h 33 ^m 25 ^s ,57	0 ^h 03 ^m 50 ^s ,02	0 ^h 18 ^m 36 ^s ,97	0 ^h 53 ^m 42 ^s ,62	6 ^h 33 ^m 52 ^s ,96
Différence.....	16 ^s ,18	16 ^s ,27	17 ^s ,15	16 ^s ,30	17 ^s ,18
Poids des montres.....	1	3	1	3	2

Dg. Emb. Komadougou—Bosso = 0^h 00^m 16^s,54 = 0° 04' 08",1.

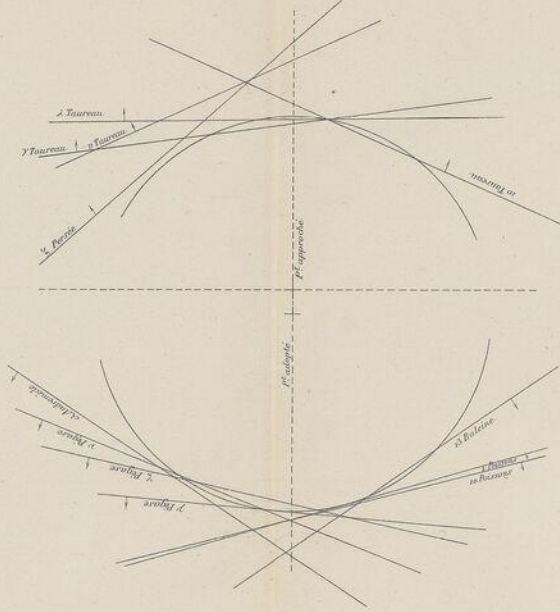
CIRCUIT CHRONOMÉTRIQUE

BOSSO-ARGUÉ-ALLAÏROU-KAOUA-KOUKAOUA-KAOUA

BAGA-KAOUA-ALLAÏROU-ARGUÉ-BOSSO

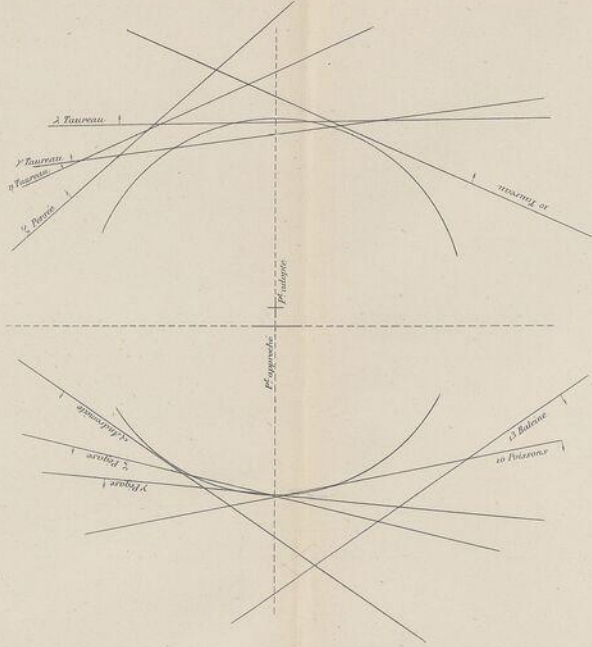
Bosso	{	24	décembre	
		26	—	(marche de montres)
ARGUÉ		27	—	
ALLAÏROU		29	—	
	{	30	—	
KAOUA		2	janvier	(marche de montres)
KOUKAOUA		3	—	
KAOUA		4	—	(marche de montres)
BAGA		5	—	
	{	6	—	(marche de montres)
KAOUA		8	—	<i>Idem.</i>
ALLAÏROU		9	—	<i>Idem.</i>
ARGUÉ		11	—	<i>Idem.</i>
	{	12	—	<i>Idem.</i>
Bosso		13	—	<i>Idem.</i>

BOSSO, LE 24 DÉCEMBRE 1907.

Echelle $\alpha'' = 1''$.État approché du sidéral = $6^{\text{h}}33^{\text{m}}56^{\text{s}}$ $dx = 8^{\text{m}}2 = -4^{\text{s}}$ $\left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{h}}40^{\text{m}} \\ -0^{\text{h}}18^{\text{m}} \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{à} \\ \text{à} \end{array} \begin{array}{l} (T. s. l.) \\ (T. m. l.) \end{array}$ Latitude adoptée (ant) = $13^{\circ}11'49''.6$ État adopté pour le sidéral = $6^{\text{h}}33^{\text{m}}55^{\text{s}}.77$ 

État résultant pour les montres	R	$0^{\text{h}}54^{\text{m}}22^{\text{s}}.91$
	A	$0^{\text{h}}32^{\text{m}}09^{\text{s}}.90$
	B	$0^{\text{h}}03^{\text{m}}36^{\text{s}}.68$
	D	$0^{\text{h}}17^{\text{m}}51^{\text{s}}.16$

ROSSO, LE 26 DÉCEMBRE 1807.

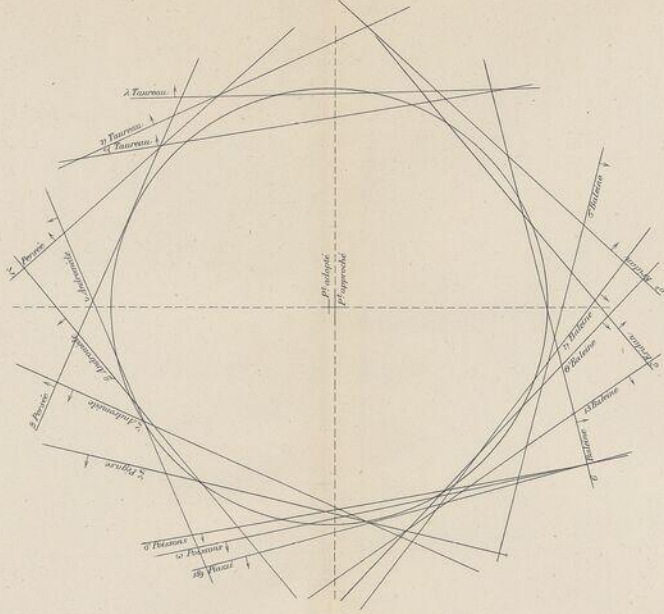
État approché du sidéral = $6^h 33^m 57^s.50$ $1^h 48^m$ (T. s. L.) $da = + 5^m 8 = + s^{\circ} 9 = + 0^s.20$ à $7^h 31^m 34^s.27$ (T. m. L.)État adopté pour le sidéral = $6^h 33^m 57^s.70$ Latitude adoptée (ant) = $43^{\circ} 41' 49''$ 

État résultant pour les montres	R	$6^h 54^m 39^s.28$
	A	$6^h 31^m 53^s.61$
	B	$6^h 02^m 09^s.27$
	D	$6^h 17^m 40^s.19$

ARGEL, LE 27 DÉCEMBRE 1897.

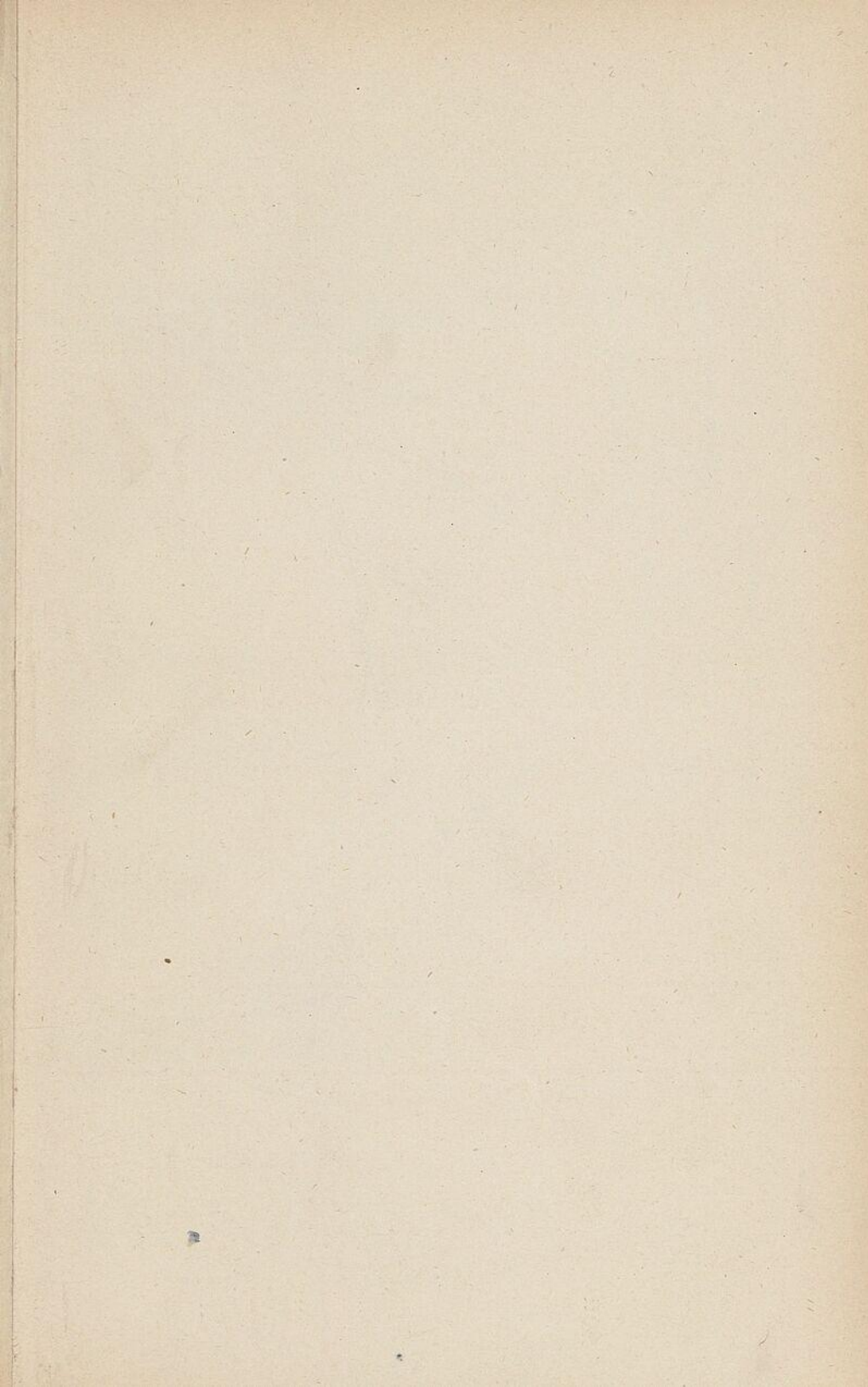
Ecluse 2^{me} = 1'.

État approché du sidéral	$6^{\text{h}} 34^{\text{m}} 04,5$	$4^{\text{h}} 59^{\text{m}}$	(T. s. l.)	Latitude approchée	$= 13^{\circ} 28' 20''$
dx	$= 0$			$dy = + 9^{\text{mm}}$	$= + 1''$
État adopté pour le sidéral	$6^{\text{h}} 34^{\text{m}} 04,5$			Latitude adoptée	$= 13^{\circ} 28' 21''$



R	$0^{\text{h}} 54^{\text{m}} 43,48$
A	$0^{\text{h}} 31^{\text{m}} 50,04$
B	$0^{\text{h}} 02^{\text{m}} 15,86$
D	$0^{\text{h}} 17^{\text{m}} 39,74$

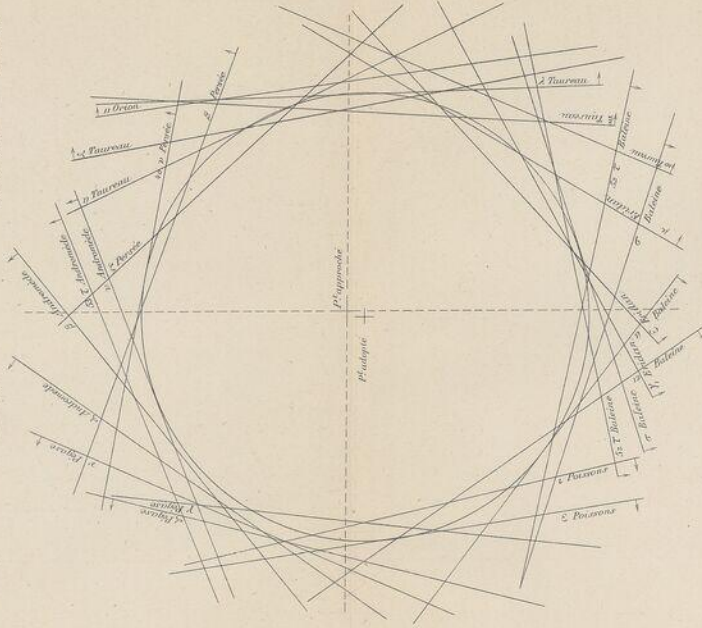
État résultant pour les montres



KAOUA, LE 30 DÉCEMBRE 1907.

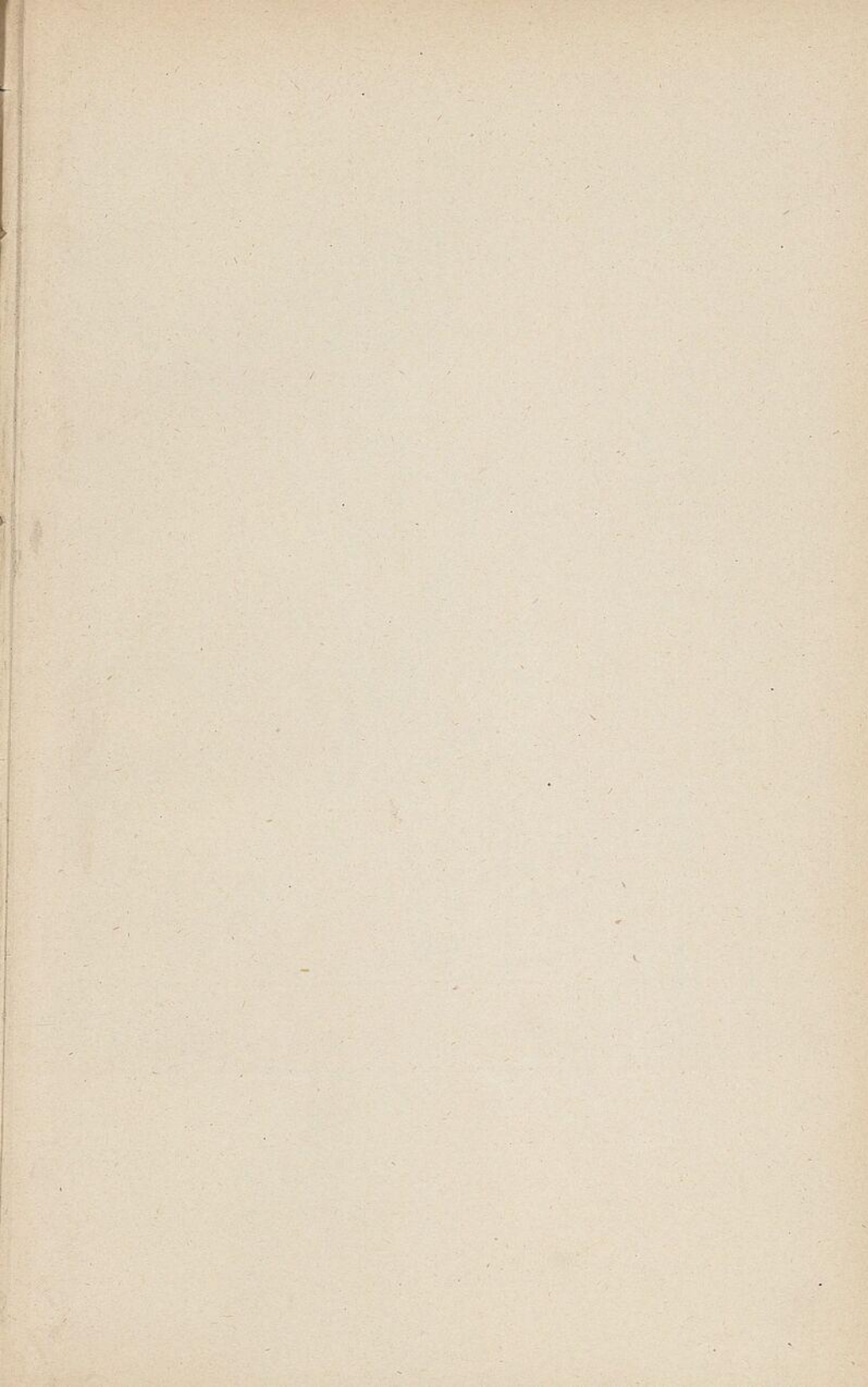
Échelle 1^{re} = 1'.

État approché du sidéral	—	0° 35' 37.0	à	3 ^h 04 ^m	(T. s. l.)	Latitude approchée	—	12° 57' 00"
de —	—	3 ^h 02 ^m 2	—	—	0.07	dy	—	— 8"
État adopté	—	0° 35' 31.93				Latitude adoptée	—	12° 56' 57.1



État résultant pour les montres

R	0° 56' 23.18
A	0° 33' 48.66
B	0° 03' 15.83
D	0° 18' 46.90



État approché du sidéral = $6^h 35^m 30.5$

de

État adopté

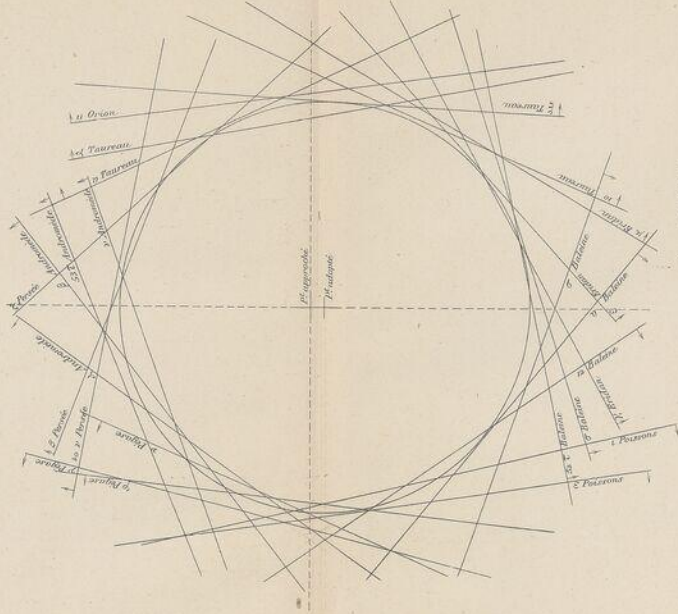
$\left. \begin{array}{l} 5^h 00^m \\ 7^h 16^m 01.15 \text{ (T. m. l.)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{à} \\ \text{à} \end{array} \begin{array}{l} 1^{\text{re}} \text{ L. I.} \\ \text{T. m. l.} \end{array}$

Latitude approchée = $19^{\circ} 57' 00''$

$\Delta \eta = -5^m 2$ — 5.6

Latitude adoptée = $19^{\circ} 56' 57.4$

$\Delta \text{déb. } 3^{\text{me}} = 1''$



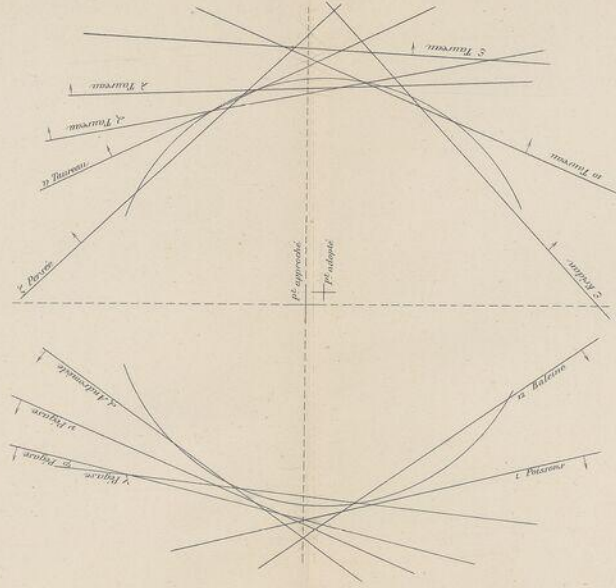
État résultant pour les montres

R	A	B	D
$6^h 56^m 36.56$	$6^h 35^m 30.96$	$6^h 02^m 47.47$	$6^h 18^m 27.35$

KAOUA, LE 4 JANVIER 1908.

Échelle 5^{me} = 1^{re}.

État approché du sidéral	— 6 ^h 35 ^m 30 ^s	— 12 ^h 57 ^m 00 ^s
$\Delta x = + 3m 8s + 1re 9$	— + 0 ^h 1,3	— — 9 ^h 8
État adopté	— 6 ^h 35 ^m 30 ^s 1,3	— 12 ^h 56 ^m 57 ^s 2



R	0 ^h 56 ^m 46 ^s 37
A	0 ^h 33 ^m 02 ^s 54
B	0 ^h 03 ^m 38 ^s 55
D	0 ^h 18 ^m 14 ^s 82

État résultant pour les montres

BAGA, LE 5 JANVIER 1908.

Echelon $z^{m+1} = 1$.

État approché du sidéral

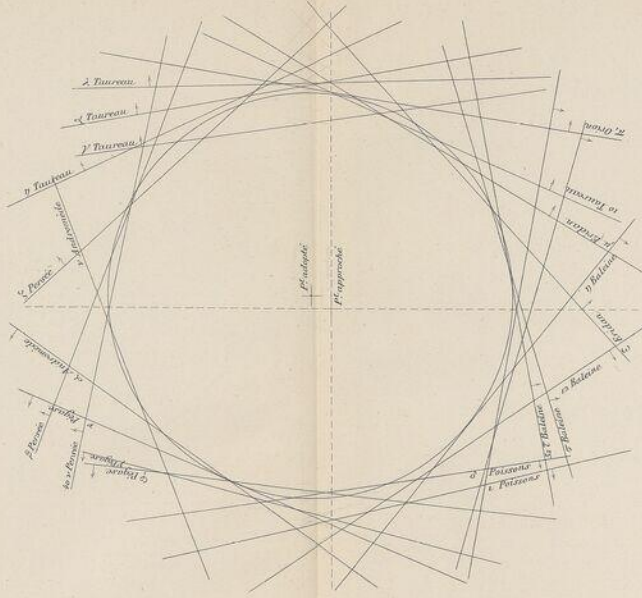
2³ 12³⁰ (T.s.L.)

$\bar{a}$	-0.13	$-$	$+0.13$
$dx = +3^{m} 8 = +3.9$	$-$	$-$	$-$
$\bar{a}_{int} \text{ adopted}$	$-$	$-$	$-$

Latitude approchée = $13^{\circ}07'15''$

$$dy = +6\pi$$

Latitude adoptée — $13^{\circ}07'18''$



Étant résultant pour les montres

R	$0^h 57^m 31^s.63$
A	$0^h 32^m 3^s.44$
B	$0^h 02^m 50^s.12$
D	$0^h 8^m 49^s.97$

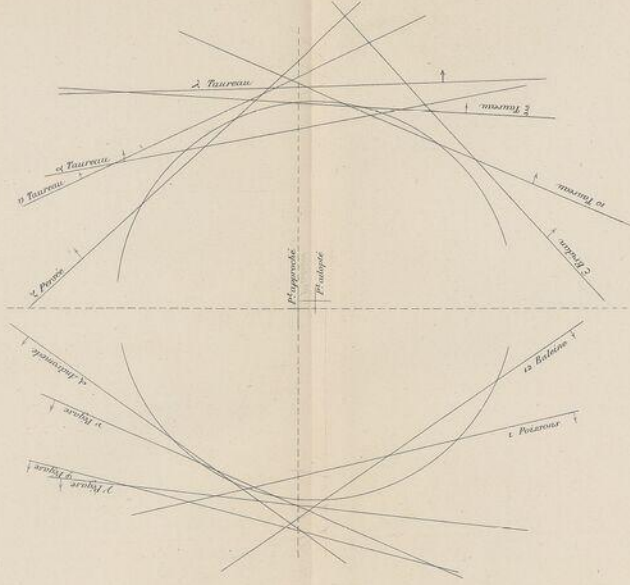
24
0.0

Pl. XIX (2^e partie).

KAOUL, LE 6 JANVIER 1908.

Etoile $\alpha = 1^{\circ}$.

État approché du sidéral — $6^h 35^m 29^s.5$ $\left(\begin{array}{l} 1^h 55^m \\ (T. z. L.) \end{array} \right)$ Latitude approchée — $12^{\circ} 57' 00''$
 $dx = + 2^m 14 = + 1^{\circ} 2$ — $+ 0^{\circ} 08$ $\left(\begin{array}{l} 1^h 55^m \\ (T. m. L.) \end{array} \right)$ dy (aut) — — — $- 9^{\circ} 8$
 État adopté — $6^h 35^m 29^s.58$ — — — Latitude adoptée (aut) — $12^{\circ} 56' 57^{\circ}.9$



État résultant pour les montres

R	$0^h 56^m 55^s.93$
A	$0^h 31^m 41^s.75$
B	$0^h 09^m 07^s.61$
D	$0^h 18^m 03^s.72$

État approché du sidéral = 6^h 35^m 30^s,70

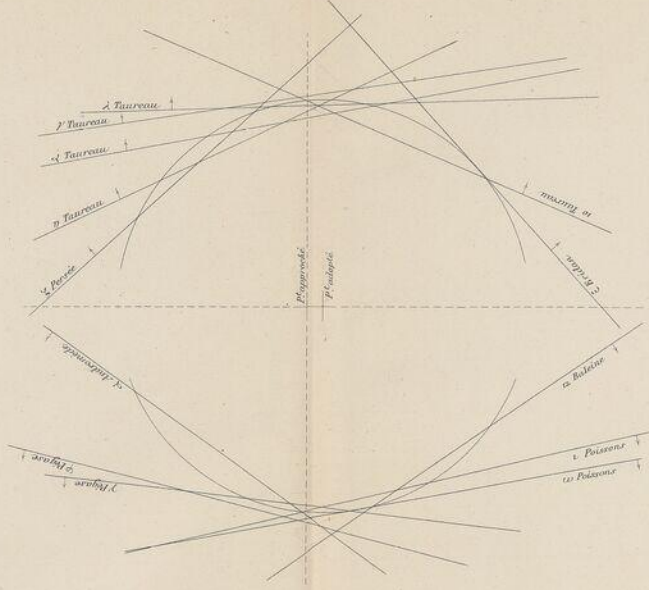
de = 5^h 03^m (T. s. l.)

État adopté = 6^h 35^m 30^s,70

Latitude approchée = 13° 57' 00"

dg (ant) = 2',8

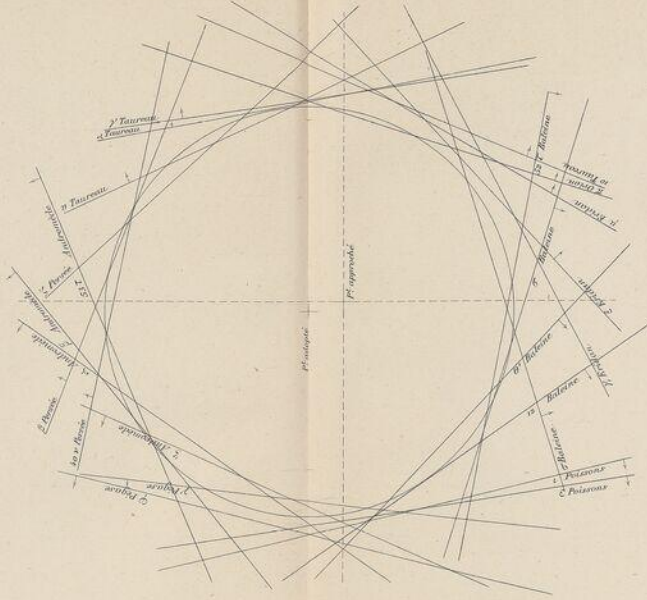
Latitude adoptée = 13° 56' 57",2



État résultant pour les moindres

R	0 ^h 57 ^m 04 ^s ,99
A	0 ^h 31 ^m 23 ^s ,49
B	0 ^h 01 ^m 46 ^s ,39
D	0 ^h 17 ^m 49 ^s ,49

État approché du sidéral	$6^h 34^m 44^s,00$	$9^h 07^m$	(T. s. l.)	Latitude approchée	$= 13^{\circ} 03' 45''$
$dx = -9^m 8$	$-1^h 4$	$-0^h 10$		$dy = +11^m 6$	$= +5',8$
État adopté	$6^h 34^m 43^s,90$			Latitude adoptée	$= 13^{\circ} 03' 50'',8$



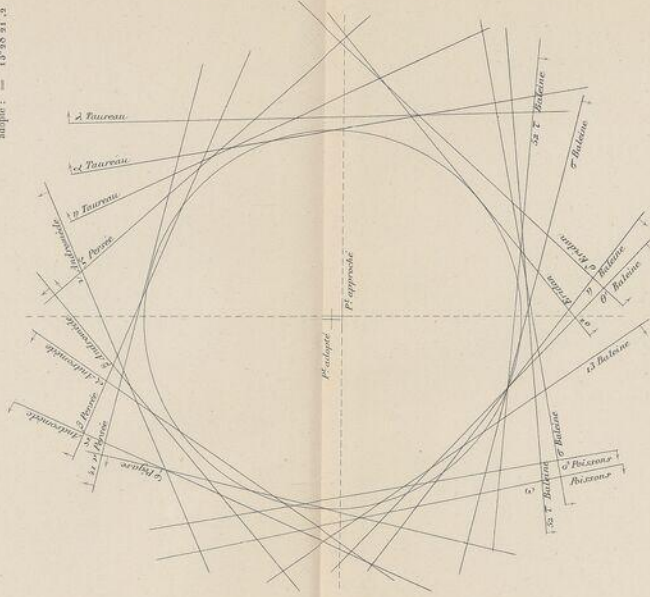
R	$0^h 56^m 31^s,96$
A	$0^h 30^m 35^s,87$
B	$0^h 00^m 48^s,03$
D	$0^h 16^m 55^s,31$

État résultant pour les montres

ARQUE, LE 11 JANVIER 1908.

Échelle 1" = 1'.

État approche du sidéral	=	$6^{\circ}24'03''.5$	$\left\{ \begin{array}{l} 3^{\circ}03'' \\ \text{(T. s. l.)} \end{array} \right.$	Latitude approchée	=	$13^{\circ}28'30''$
dx	=	$1^m 4$	=	$-0^s.65$	=	$+1^s.5$
État adopté	=	$6^{\circ}34'03''.55$	$\left\{ \begin{array}{l} 6^{\circ}53'37''.33 \text{ (T. m. l.)} \\ \text{adopté} \end{array} \right.$	Latitude adoptée	=	$13^{\circ}28'31''.5$
				adopté :	=	$13^{\circ}28'31''.2$



R	$0^{\circ}55'53''.10$
A	$0^{\circ}29'25''.91$
B	$11^{\circ}59'48''.14$
D	$0^{\circ}16'01''.94$

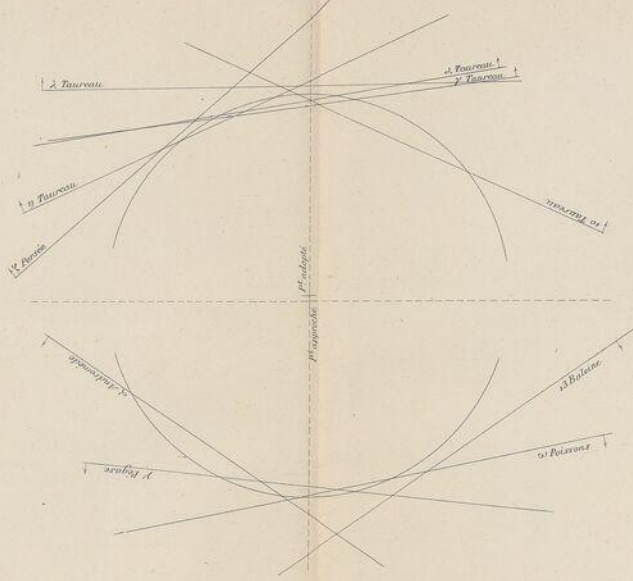
État résultant pour les montres

État approché du sidéral = $6^h 33^m 57.2$

$dr = + 1^m 8 = + 0.9$ — $+ 0.06$

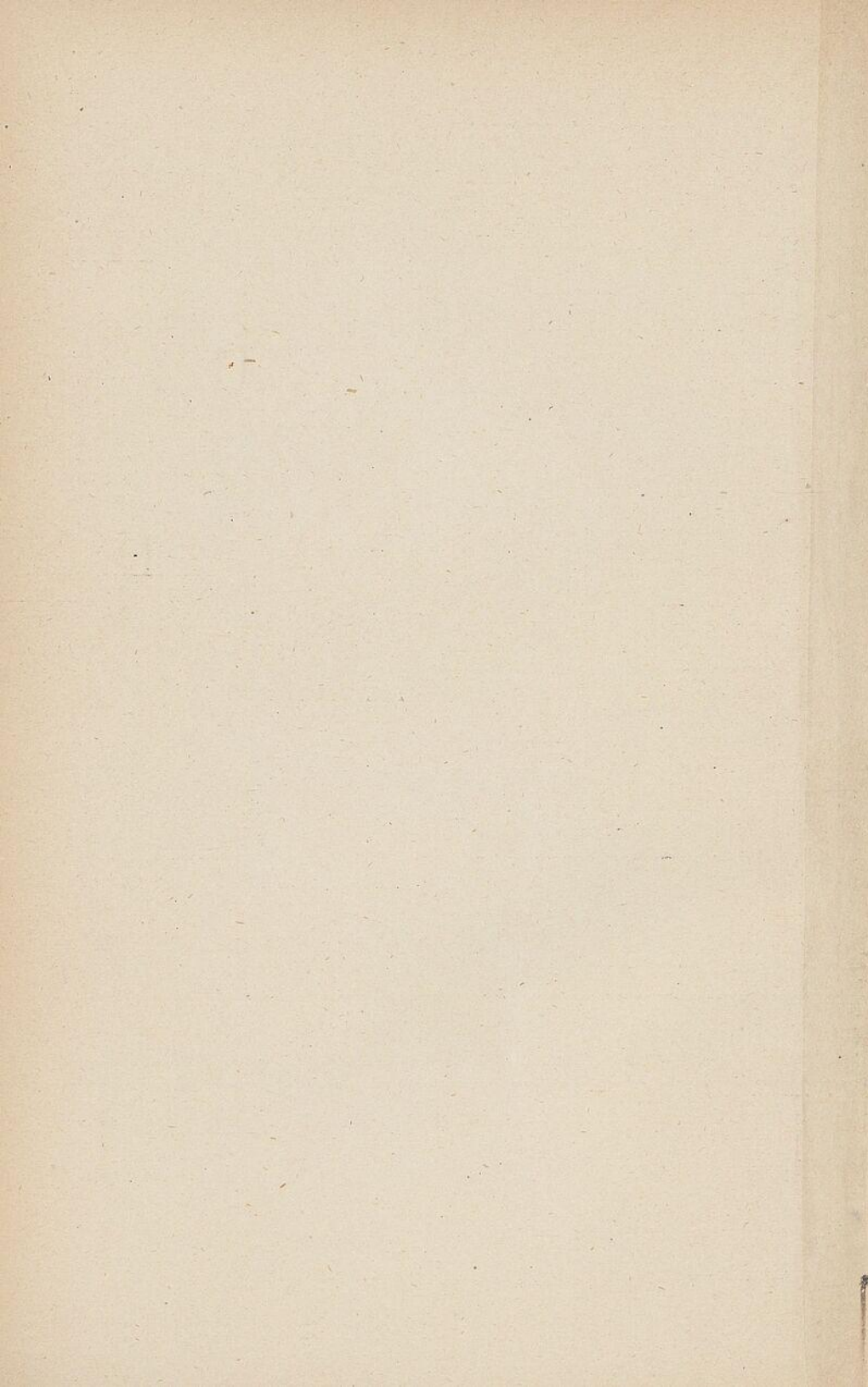
État adopté = $6^h 33^m 57.16$

Latitude adoptée (ant') = $+ 3^{\circ} 44' 49''$



État résultant pour les montres

R	A	B	D
$0^h 55^m 51.97$	$0^h 59^m 11.63$	$1^h 59^m 59.33$	$0^h 13^m 48.67$



6-4
0-0

PL XXIV (2^e partie).

ROSSO, LE 13 JANVIER 1908.

État approché du sidéral = $6^h 33^m 57^s.8$

$\Delta t = -0^m 8 = -0^s.4$

État adopté

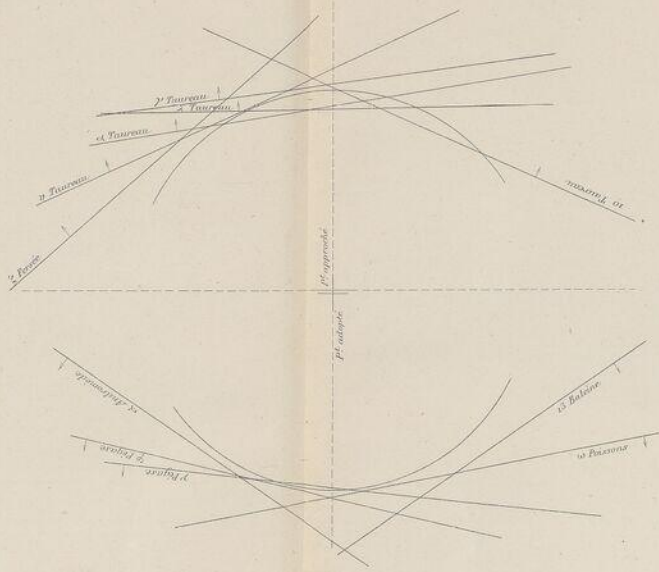
= $6^h 33^m 57^s.77$

$\Delta^h 11^m$ (2^e et 1^{er})

$6^h 33^m 44^s.07$ (T. m. l.)

Latitude adoptée (ant^e) = $43^{\circ} 41' 49''$

Éclaire $\theta^{\text{ant}} = 1^{\circ}$.



État résultant pour les montres

B	$0^h 55^m 56^s.86$
A	$0^h 59^m 01^s.93$
B	$11^h 59^m 51^s.66$
D	$0^h 15^m 41^s.54$

DIFFÉRENCES DE LONGITUDE.

ÉTAT DES MONTRES.	A.	B.	D.	R.	S ⁽¹⁾ .
ARGUÉ-BOSSO.					
État sur le Tm ou Ts de Bosso, le 12 janvier à 6 ^h 44 ^m (Tml).....	0 ^h 29 ^m 11 ^s ,03	11 ^h 59 ^m 32 ^s ,33	0 ^h 15 ^m 48 ^s ,67	0 ^h 55 ^m 51 ^s ,97	6 ^h 33 ^m 57 ^s ,26
Marche en 24 ^h	+ 9 ^s ,69	+ 10 ^s ,69	+ 7 ^s ,68	- 4 ^s ,61	- 0 ^s ,06
État sur le Tm ou Ts de Bosso, le 11 janvier à 6 ^h 44 (Tml).....	0 ^h 29 ^m 20 ^s ,72	11 ^h 59 ^m 43 ^s ,02	0 ^h 15 ^m 56 ^s ,35	0 ^h 55 ^m 47 ^s ,36	6 ^h 33 ^m 57 ^s ,20
État sur le Tm ou Ts d'Argué, le 11 janvier à 6 ^h 44 (Tml).....	0 ^h 29 ^m 25 ^s ,91	11 ^h 59 ^m 48 ^s ,14	0 ^h 06 ^m 01 ^s ,94	0 ^h 55 ^m 53 ^s ,10	6 ^h 34 ^m 03 ^s ,45
Différence	5 ^s ,19	5 ^s ,12	5 ^s ,59	5 ^s ,74	6 ^s ,25
Poids des montres.....	1	1	1	1	1
Dg. Argué-Bosso = 0 ^h 00 ^m 05 ^s ,58 = 0°01'23 ^{''} ,7.					
ALLAÏROU-ARGUÉ.					
État sur le Tm ou Ts d'Argué, le 27 décembre, à 7 ^h 32 ^m (Tml)...	0 ^h 31 ^m 50 ^s ,04	0 ^h 02 ^m 15 ^s ,86	0 ^h 17 ^m 39 ^s ,74	0 ^h 54 ^m 42 ^s ,48	6 ^h 34 ^m 04 ^s ,50
Marche en 48 ^h	- 19 ^s ,58	- 17 ^s ,68	- 12 ^s ,58	+ 9 ^s ,48	- 0 ^s ,38
État sur le Tm ou Ts d'Argué, le 29 décembre à 7 ^h 32 ^m (Tml)...	0 ^h 31 ^m 30 ^s ,46	0 ^h 01 ^m 58 ^s ,18	0 ^h 17 ^m 27 ^s ,16	0 ^h 54 ^m 51 ^s ,96	6 ^h 34 ^m 04 ^s ,12
État sur le Tm ou Ts d'Allairou, le 29 décembre à 7 ^h 32 ^m (Tml)...	0 ^h 32 ^m 09 ^s ,99	0 ^h 02 ^m 37 ^s ,01	0 ^h 18 ^m 06 ^s ,15	0 ^h 55 ^m 30 ^s ,88	6 ^h 34 ^m 44 ^s ,18
Différence	39 ^s ,53	38 ^s ,83	38 ^s ,99	38 ^s ,92	40 ^s ,06
Poids des montres.....	1	1	1	1	1
Dg. Allairou-Argué = 0 ^h 00 ^m 39 ^s ,27 = 0°09'49 ^{''} ,05.					
KAOUA-ALLAÏROU.					
État sur le Tm ou Ts d'Allairou, le 9 janvier à 6 ^h 55 ^m 5 (Tml).....	0 ^h 30 ^m 25 ^s ,87	0 ^h 00 ^m 48 ^s ,03	0 ^h 16 ^m 55 ^s ,31	0 ^h 56 ^m 21 ^s ,96	6 ^h 34 ^m 43 ^s ,90
Marche en 24 ^h	+ 9 ^s ,47	+ 10 ^s ,30	+ 6 ^s ,71	- 4 ^s ,63	- 0 ^s ,48
État sur le Tm ou Ts d'Allairou, le 8 janvier à 6 ^h 55 ^m 5 (Tml).....	0 ^h 30 ^m 35 ^s ,34	0 ^h 00 ^m 58 ^s ,33	0 ^h 17 ^m 02 ^s ,02	0 ^h 56 ^m 17 ^s ,33	6 ^h 34 ^m 43 ^s ,42
État sur le Tm ou Ts de Kaoua, le 8 janvier à 6 ^h 55 ^m 5 (Tml).....	0 ^h 31 ^m 23 ^s ,49	0 ^h 01 ^m 46 ^s ,39	0 ^h 17 ^m 49 ^s ,49	0 ^h 57 ^m 04 ^s ,99	6 ^h 35 ^m 30 ^s ,70
Différence	48 ^s ,15	48 ^s ,06	47 ^s ,47	47 ^s ,66	47 ^s ,28
Poids des montres.....	1	1	1	1	1
Dg. Kaoua-Allairou = 0 ^h 00 ^m 47 ^s ,72 = 0°11'55 ^{''} ,80.					

(1) Les 4 chronomètres A, B, D, R sont réglés sur le temps moyen; le chronomètre S sur le temps sidéral. — Ce dernier était utilisé comme compteur.

ÉTAT DES MONTRES.	A.	B.	D.	R.	S.
KAOUA-KOUKAOUA.					
État sur le Tm ou Ts de Koukaoua, le 3 janvier à 7 ^h 16 ^m (Tml)....	0 ^h 31 ^m 39 ^s ,86	0 ^h 02 ^m 06 ^s ,05	0 ^h 17 ^m 48 ^s ,75	0 ^h 56 ^m 09 ^s ,19	6 ^h 34 ^m 58 ^s ,57
Marche en 24 ^h	+ 9 ^s ,60	+ 9 ^s ,47	+ 6 ^s ,31	- 4 ^s ,79	+ 0 ^s ,25
État sur le Tm ou Ts de Koukaoua, le 2 janvier à 7 ^h 16 ^m (Tml)....	0 ^h 31 ^m 49 ^s ,46	0 ^h 02 ^m 15 ^s ,52	0 ^h 17 ^m 55 ^s ,06	0 ^h 56 ^m 04 ^s ,40	6 ^h 34 ^m 58 ^s ,82
État sur le Tm ou Ts de Kaoua, le 2 janvier à 7 ^h 16 ^m (Tml).....	0 ^h 32 ^m 20 ^s ,96	0 ^h 02 ^m 47 ^s ,47	0 ^h 18 ^m 37 ^s ,34	0 ^h 56 ^m 36 ^s ,56	6 ^h 35 ^m 30 ^s ,50
Différence	31 ^s ,50	31 ^s ,95	32 ^s ,28	32 ^s ,16	31 ^s ,68
Poids des montres	1	1	1	1	1
Dg. Kaoua-Koukaoua = 0 ^h 00 ^m 31 ^s ,91 = 0° 07' 58",65.					
BAGA-KAOUA.					
État sur le Tm ou Ts de Baga, le 5 janvier à 7 ^h 16 ^m (Tml).....	0 ^h 32 ^m 32 ^s ,44	0 ^h 02 ^m 59 ^s ,12	0 ^h 18 ^m 49 ^s ,97	0 ^h 57 ^m 31 ^s ,43	6 ^h 36 ^m 10 ^s ,13
Marche en 23 ^h 39 ^m	- 9 ^s ,61	- 10 ^s ,40	- 6 ^s ,13	+ 4 ^s ,50	- 0 ^s ,00
État sur le Tm ou Ts de Baga, le 6 janvier à 6 ^h 55 ^m (Tml).....	0 ^h 32 ^m 22 ^s ,83	0 ^h 02 ^m 48 ^s ,72	0 ^h 18 ^m 43 ^s ,84	0 ^h 57 ^m 35 ^s ,93	6 ^h 36 ^m 10 ^s ,13
État sur le Tm ou Ts de Kaoua, le 6 janvier à 6 ^h 55 ^m (Tml).....	0 ^h 31 ^m 41 ^s ,75	0 ^h 02 ^m 07 ^s ,64	0 ^h 18 ^m 02 ^s ,72	0 ^h 56 ^m 55 ^s ,23	6 ^h 35 ^m 29 ^s ,58
Différence	41 ^s ,08	41 ^s ,08	41 ^s ,12	40 ^s ,70	40 ^s ,55
Poids des montres	1	1	1	1	1
Dg. Baga-Kaoua = 0 ^h 00 ^m 40 ^s ,91 = 0° 10' 13",65.					

État approché de la montre δ — $1^h 29^m 55^s,80$ à $7^h 15^m$

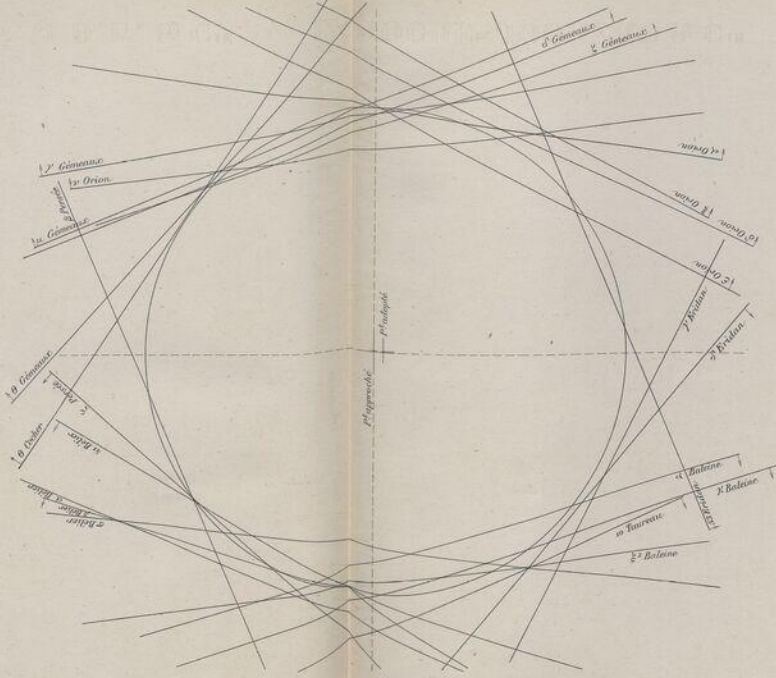
de

— — — $+ 0^s,02$

État adopté

— $1^h 29^m 55^s,82$ à $7^h 15^m$ Latitude approchée — $13^{\circ} 23' 50''$

de

— — — $- 1^s,5$ Latitude adoptée — $13^{\circ} 23' 48'',5$ 

État résultant pour les montres

α	$23^h 48^m 05^s,22$
β	$0^h 15^m 05^s,31$
γ	$23^h 45^m 07^s,00$

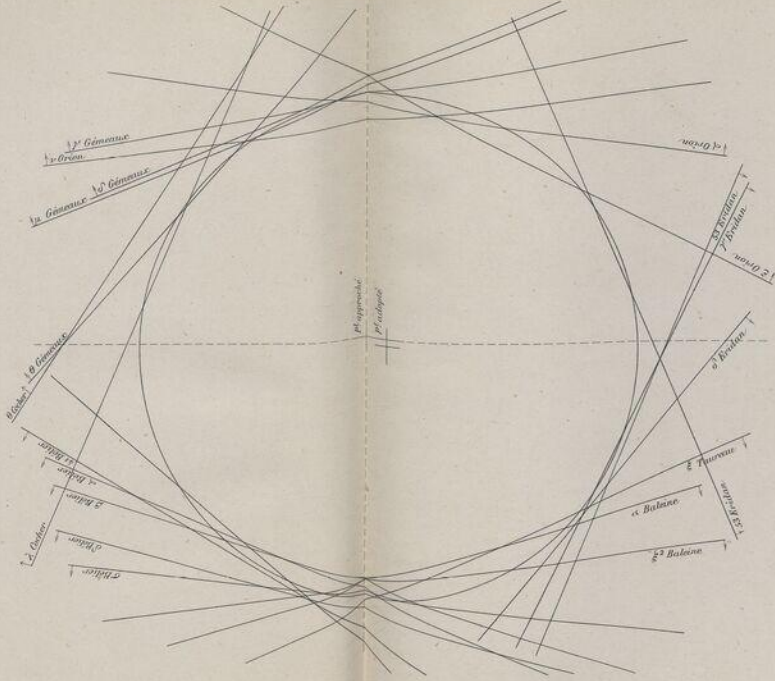
RÉSEAU CHRONOMÉTRIQUE

N'GORÉA-ÎLE SEYOROM-BAGA-ÎLE SEYOROM

ÎLE N'GORÉA.....	9	février	
ÎLE SEYOROM.....	10	—	
	11	février	(marche de montres)
BAGA.....	15	—	<i>Idem.</i>
	21	—	<i>Idem.</i>
	22	—	
ÎLE SEYOROM.....	29	—	(marche de montres)

ILE SEYDOH, LE 10 FÉVRIER 1904.

État approché de la montre δ	$1^h 29^m 55^s.30$ à $7^h 17^m$	Latitude approchée	$13^{\circ} 16' 15''$
$d\epsilon$	— 0 ^s .09	$d\gamma$	— 3 ^s .6
État adopté	$1^h 29^m 55^s.31$ à $7^h 17^m$	Latitude adoptée	$13^{\circ} 16' 11''.4$



État résultant pour les montres

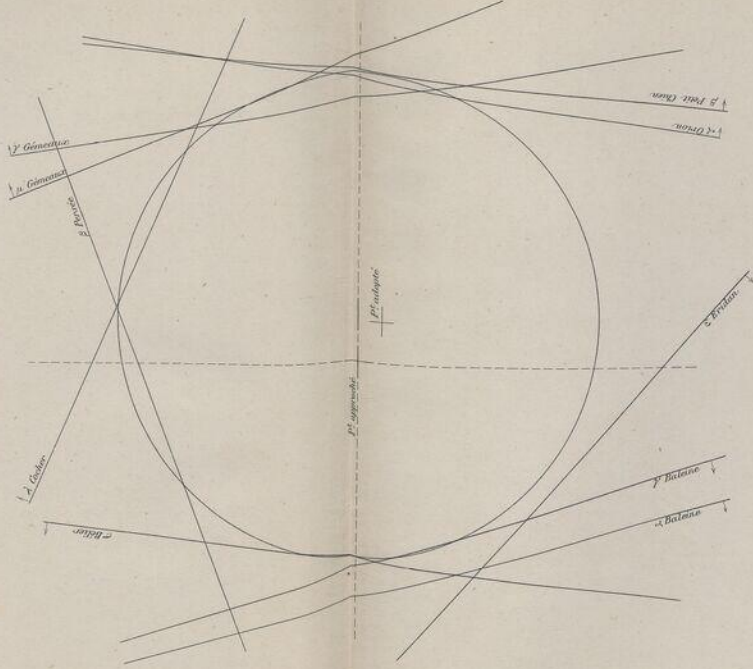
α	$43^h 47^m 54^s.90$
β	$0^h 14^m 54^s.20$
γ	$13^h 44^m 48^s.36$

État approché de la montre $\delta = 1^h 38^m 53^s,5$ à $7^h 09^m$

de $- + 0^s,48$

État adopté $- 1^h 38^m 52^s,98$ à $7^h 09^m$

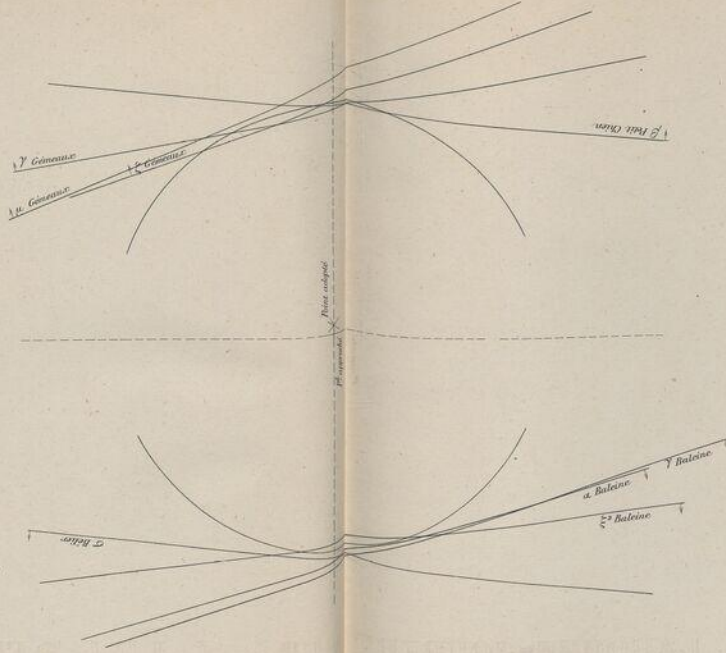
Latitude adoptée (ant^e) $= 13^{\circ} 07' 18'',0$



État résultant pour les montres

α	$33^h 46^m 38^s,38$
β	$0^h 13^m 40^s,58$
γ	$33^h 43^m 37^s,63$

BAGA, LE 15 FÉVRIER 1908.

État approché de la montre $\delta = 1^h 29^m 32,3$ à $7^h 05^m$ $dx = + 0^s.07$ État adopté $= 1^h 29^m 32,37$ à $7^h 05^m$ Echelle $1'' = 1'$.Latitude adoptée (nat^l) $= 13^{\circ} 07' 18''$ 

État résultant pour les montres $\left\{ \begin{array}{l} \alpha \quad 23^h 46^m 01,50 \\ \beta \quad 0^h 13^m 03,38 \\ \gamma \quad 23^h 48^m 27,71 \end{array} \right.$

4-24
2-0

Pl. XXX (2^e partie).

BAGA, LE 21 FÉVRIER 1903.

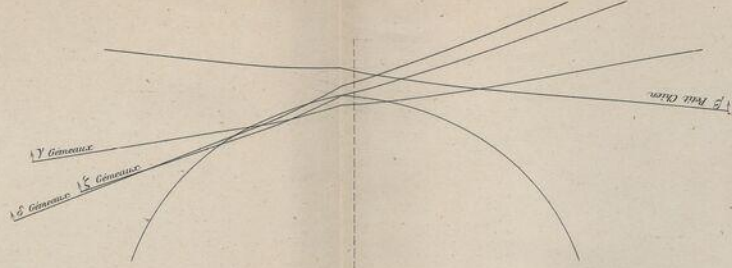
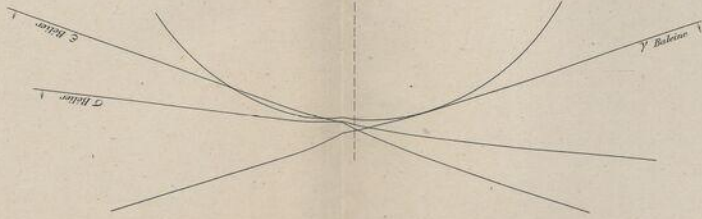
État approché de la montre $\delta = 1^h 29^m 18.6$ à $6^h 53^m$

dz = + 0'.11

État adopté = $1^h 29^m 18.71$ à $6^h 53$.

Echelle 1" = 1'.

Latitude adoptée (ant) = $13^{\circ} 07' 18''$



État résultant pour les montres

2	33 ^h 45 ^m 08.14
3	0 ^h 19 ^m 15.46
4	23 ^h 40 ^m 58.33

État approché de la montre $\delta = 1^h 30^m 27.48$ à $7^h 16^m$

Latitude approchée = $13^{\circ} 16' 15''$

$d\alpha$

— — — 0.33

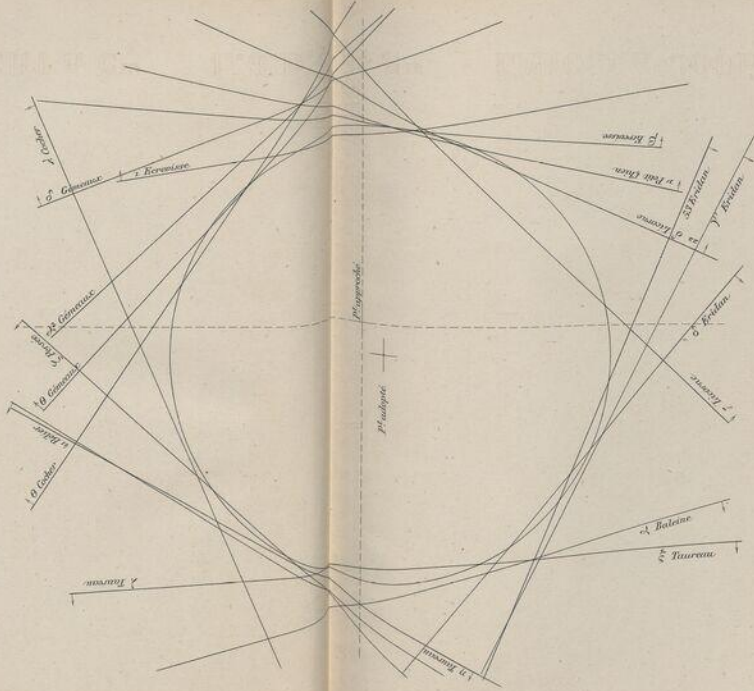
$d\gamma$

— — — $3'.6$

État adopté

— $1^h 30^m 27.15$ à $7^h 16^m$

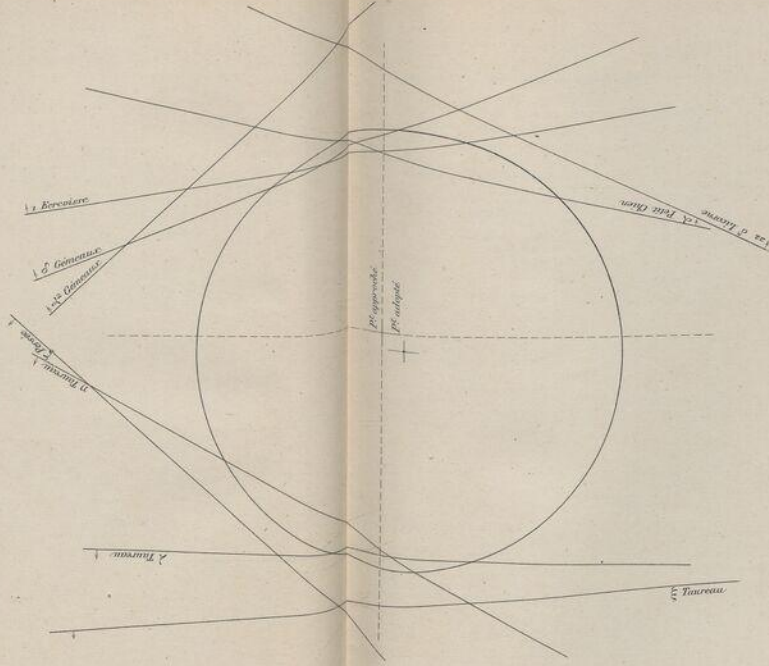
Latitude adoptée = $13^{\circ} 16' 11.4''$



État résultant pour les montres

α	$3^h 46^m 04.15$
β	$0^h 13^m 17.55$
γ	$3^h 41^m 48.19$

ÎLE DE SEYDOUM, LE 29 FÉVRIER 1908.

État approché de la montre δ — $1^h 30^m 48^s.6$ à $7^h 05^m$ dx — $0^s.17$ État adopté — $1^h 30^m 48^s.43$ à $7^h 05$ Latitude adoptée (ant^e) — $13^{\circ} 16' 11''.4$ 

État résultant pour les montres

α	β	γ
$23^{\circ} 45' 03''.00$	$0^h 19^m 31''.72$	$23^{\circ} 40' 15''.96$

DIFFÉRENCES DE LONGITUDE.

ÉTAT DES MONTRES.	α .	β .	γ .	δ .
SAMIA—N'GORÉA.				
État sur Tm de Samia, le 8 février à 6 ^h 59 ^m	23 ^h 48 ^m 45 ^s ,00	0 ^h 15 ^m 44 ^s ,64	23 ^h 45 ^m 52 ^s ,79	1 ^h 30 ^m 23 ^s ,57
Marche en 24 ^h 15 ^m	— 9 ^s ,16	— 8 ^s ,20	— 15 ^s ,20	+ 3 ^s ,09
État sur Tm de Samia, le 9 février à 7 ^h 14 ^m	23 ^h 48 ^m 35 ^s ,84	0 ^h 15 ^m 36 ^s ,44	23 ^h 45 ^m 37 ^s ,59	1 ^h 30 ^m 26 ^s ,66
État sur Tm de N'Goréa, le 9 février à 7 ^h 14 ^m	23 ^h 48 ^m 05 ^s ,22	0 ^h 15 ^m 05 ^s ,31	23 ^h 45 ^m 07 ^s ,00	1 ^h 29 ^m 55 ^s ,82
Différence.....	30 ^s ,62	31 ^s ,13	30 ^s ,59	30 ^s ,84
Poids.....	5	0 (marche irrégul.)	3	2
Dg. Samia—N'Goréa = 0 ^h 00 ^m 30 ^s ,65 = 0° 07' 39",75.				
N'GORÉA—SEYOROM.				
État sur Tm de N'Goréa, le 9 février à 7 ^h 14 ^m	23 ^h 48 ^m 05 ^s ,22	0 ^h 15 ^m 05 ^s ,31	23 ^h 45 ^m 07 ^s ,00	1 ^h 29 ^m 55 ^s ,82
Marche en 24 ^h 03 ^m	— 9 ^s ,12	— 8 ^s ,38	— 15 ^s ,09	+ 2 ^s ,97
État sur Tm de N'Goréa, le 10 février à 7 ^h 17 ^m	23 ^h 47 ^m 56 ^s ,10	0 ^h 14 ^m 56 ^s ,93	23 ^h 44 ^m 51 ^s ,91	1 ^h 29 ^m 58 ^s ,79
État sur Tm de Seyorom, le 10 février à 7 ^h 17 ^m	23 ^h 47 ^m 52 ^s ,90	0 ^h 14 ^m 54 ^s ,20	23 ^h 44 ^m 48 ^s ,36	1 ^h 29 ^m 55 ^s ,21
Différence.....	3 ^s ,20	2 ^s ,73	3 ^s ,55	3 ^s ,58
Poids.....	5	0 (marche irrégul.)	3	2
Dg. N'Goréa—Seyorom = 0 ^h 00 ^m 03 ^s ,38 = 0° 00' 50",7.				
SEYOROM—BAGA.				
État sur Tm de Baga, le 11 février à 7 ^h 09 ^m	23 ^h 46 ^m 38 ^s ,38	0 ^h 13 ^m 40 ^s ,28	23 ^h 43 ^m 27 ^s ,63	1 ^h 28 ^m 52 ^s ,98
Marche en 23 ^h 52 ^m	+ 9 ^s ,18	+ 8 ^s ,65	+ 15 ^s ,07	— 2 ^s ,86
État sur Tm de Baga, le 10 février à 7 ^h 17 ^m	23 ^h 46 ^m 47 ^s ,46	0 ^h 13 ^m 48 ^s ,83	23 ^h 43 ^m 42 ^s ,56	1 ^h 28 ^m 50 ^s ,12
État sur Tm de Seyorom, le 10 février à 7 ^h 17 ^m	23 ^h 47 ^m 52 ^s ,90	0 ^h 14 ^m 54 ^s ,20	23 ^h 44 ^m 48 ^s ,36	1 ^h 29 ^m 55 ^s ,21
Différence.....	1 ^m 05 ^s ,44	1 ^m 05 ^s ,37	1 ^m 05 ^s ,80	1 ^h 05 ^s ,09
Poids.....	5	2	2	1
Dg. Seyorom—Baga = 0 ^h 01 ^m 05 ^s ,46 = 0° 16' 21",9.				

ÉTAT DES MONTRES.	α .	β .	γ .	δ .
BAGA-SEYOROM.				
État sur Tm de Baga, le 21 février à 6 ^h 53 ^m	23 ^h 45 ^m 08 ^s ,14	0 ^h 12 ^m 15 ^s ,46	23 ^h 40 ^m 58 ^s ,33	1 ^h 29 ^m 18 ^s ,71
Marche en 24 ^h 23 ^m	— 8 ^s ,78	— 7 ^s ,26	— 15 ^s ,16	+ 0 ^s ,39
État sur Tm de Baga, le 22 février à 7 ^h 16 ^m	23 ^h 44 ^m 59 ^s ,36	0 ^h 12 ^m 08 ^s ,20	23 ^h 40 ^m 43 ^s ,17	1 ^h 29 ^m 19 ^s ,10
État sur Tm de Seyorom, le 22 février à 7 ^h 16 ^m	23 ^h 46 ^m 04 ^s ,15	0 ^h 13 ^m 12 ^s ,53	23 ^h 41 ^m 48 ^s ,12	1 ^h 30 ^m 27 ^s ,15
Différence.....	1 ^m 04 ^s ,79	1 ^m 04 ^s ,33	1 ^m 04 ^s ,95	1 ^m 08 ^s ,05
Poids.....	5	2	2	1
Dg. Baga-Seyorom = 0 ^h 01 ^m 05 ^s ,06 = 0° 16' 15",9.				
SAMIA-SEYOROM.				
État sur Tm de Samia, le 1 ^{er} mars à 7 ^h 15 ^m	23 ^h 45 ^m 26 ^s ,77	0 ^h 12 ^m 48 ^s ,77	23 ^h 40 ^m 35 ^s ,37	1 ^h 31 ^m 25 ^s ,71
Marche en 24 ^h 10 ^m	+ 9 ^s ,23	+ 7 ^s ,40	+ 13 ^s ,65	— 3 ^s ,00
État sur Tm de Samia, le 29 février à 7 ^h 05 ^m	23 ^h 45 ^m 36 ^s ,00	0 ^h 12 ^m 56 ^s ,17	23 ^h 40 ^m 49 ^s ,02	1 ^h 31 ^m 22 ^s ,71
État sur Tm de Seyorom, le 29 février, à 7 ^h 05 ^m	23 ^h 45 ^m 03 ^s ,00	0 ^h 12 ^m 21 ^s ,72	23 ^h 40 ^m 15 ^s ,26	1 ^h 30 ^m 48 ^s ,43
Différence.....	33 ^s ,00	34 ^s ,45	33 ^s ,76	34 ^s ,28
Poids.....	2	3	3	2
Dg. Samia-Seyorom = 0 ^h 00 ^m 33 ^s ,92 = 0° 08' 28",80.				

TABLEAU DES POSITIONS ASTRONOMIQUES DE LA RÉGION DU TCHAD.

LIEUX.	POINTS D'OBSERVATION.	LATITUDE.	LONGITUDE.
Koukaoua.....	Signal Jackson.	12°55'36",2	11°13'34",8
Bosso.....	Signal	13°41'50",0	10°58'23",9
Pourqueriom.....	Puits à l'Ouest du village abandonné.	13°57'50",1	11°09'36",3
N'Gollom.....	Centre du village.	14°08'49",7	11°34'49",7
Baga.....	Signal.	13°07'18",0	11°31'47",1
Campement du 28 janvier 1908.....		13°47'43",0	11°29'26",3
Kindin.....	Angle S. E. du village.	13°38'46",5	11°44'48",4
Samia.....	Centre du village.	13°29'03",1	11°56'28",3
Île N'Goréa.....	Signal.	13°22'48",5	11°48'58",7
Île Seyorom.....	Signal.	13°16'13",7	11°48'08",3
Embouchure Chari.....	Signal.	12°54'41",2	12°11'37",8
Bol.....	Centre poste.	13°27'28",3	12°22'17",6
Mommo (Kadé).....	Signal.	13°23'27",5	12°09'09",7
Gondji.....	Centre village.	13°29'57",8	12°40'18",9
N'Gouri.....	Centre poste.	13°38'28",0	13°01'41",9
Mao.....	Centre poste.	14°07'40",6	12°58'42",4
Kalimboa.....	Puits.	13°20'02",5	13°10'06",5
Massakory.....	Centre poste.	12°59'52",5	13°23'21",9
Kelbou.....	Centre village.	13°11'20",3	12°43'34",7
Hadjer-el-Hamis.....	Centre village.	12°51'02",3	12°29'38",8
Irrougou.....	Centre village.	13°21'16",9	12°55'09",6
Ziguéi.....	200 mètres Est du poste.	14°43'10",5	13°27'38",6
Leschour.....	Les puits à l'Est dans la cuvette.	14°37'36",4	12°25'49",0
N'Goum.....	Puits au centre de la cuvette.	14°29'35",3	12°07'38",1
Kaoua.....	Campement.	12°56'57",3	11°21'33",5
Allairou.....	Centre du village.	13°03'50",8	11°09'37",6
Argué.....	Puits.	13°28'21",2	10°59'48",6
Embouchure Komadougou.....	Signal français.	13°42'23",6	11°02'33",0
Baroa.....	Est du village.	13°52'55",5	10°50'19",1
Bangoa.....	Puits.	13°57'42",2	10°45'19",7
Kindjiria.....	Puits.	13°58'18",5	11°19'17",5
Tchad (île n° 5).....		13°47'04",6	11°18'45",4
Bidellam.....	Centre village Nord.	14°08'08",4	11°33'57",0
Kouloa.....	Centre poste.	14°14'35",0	11°33'16",8
Tchad (île X).....		13°47'53",4	11°29'39",8
Garoa.....	Centre du village.	14°14'35",9	11°14'45",3
N'Guigmi.....	100 mètres Est du poste.	14°15'30",8	10°46'38",5
Kamba.....	Centre du village.	13°59'36",2	11°50'45",3
Île E. Grey (Tchad).....		13°43'19",2	11°22'59",8
Bir Alali.....	Centre Fort Pradié.	14°26'12",2	12°59'20",2
Moïlo.....	Pointe Nord de la Mare.	13°50'14",0	12°32'20",3
Ouanda.....		13°30'20",3	12°06'42",4
N'Guilimi.....	Centre du village abandonné.	13°45'11",0	11°48'44",4
Farguimi.....	Signal.	13°47'56",7	11°47'15",2
Koubouroum.....	Signal.	13°54'09",9	11°48'05",6
Kilia.....	Signal.	13°57'31",7	11°45'53",1
Doïroum.....	Signal ancien village.	14°02'11",3	11°43'05",9
Garouacé.....	Signal au N. W. du village abandonné.	14°07'13",0	10°38'01",2
N'Gorodougou.....	Mouillage 1904.	14°20'28",3	11°15'10",5
Mattégou.....	Centre village Nord.	14°06'14",6	11°29'11",9

§ 9. DE LA DÉTERMINATION DES LONGITUDES

PAR LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

La transmission des signaux par la T. S. F. a fait, dans ces dernières années, de si rapides progrès, que nous nous sommes demandé si, au moment où paraîtront ces lignes, les méthodes laborieuses de transport du temps que nous venons d'exposer ne seront pas périmées.

Le poste de T. S. F. de la tour Eiffel correspond régulièrement avec Casablanca; il communiquera demain avec Dakar. Une chaîne de postes jalonnait la côte du Maroc au Congo et, se ramifiant vers l'intérieur des terres, reliera peut-être, bientôt, Fort-Lamy à Libreville.

Dans ces nouvelles conditions, le problème de la détermination de la longitude d'un point quelconque de nos possessions africaines serait singulièrement simplifié. Il consisterait à recevoir, en ce point, un signal transmettant par T. S. F. de la tour Eiffel ou de tout autre poste de longitude connue, le minuit moyen par exemple, du méridien de ce poste.

Il nous a donc paru intéressant de rechercher :

1° Si le poste de la tour Eiffel ou les postes de la côte d'Afrique seront prochainement en mesure d'émettre des signaux susceptibles d'être reçus au Centre Afrique;

2° Si l'appareil récepteur à prévoir au Centre-Afrique serait d'un prix suffisamment faible, s'il serait aisément transportable, s'il pourrait être monté sans difficulté en cours de route, si les opérateurs de ce poste mobile pourraient, après un stage de peu de durée, en tirer parti dans de bonnes conditions, et enfin,

3° Quelle serait l'approximation probable résultant pour la détermination des longitudes de la méthode exposée ci-dessus.

Nous nous sommes adressés, dans ce but, à M. le commandant Ferrié, chef du service de la T. S. F. militaire, qui nous a obligeamment communiqué les renseignements que nous désirions.

Les nouveaux appareils de T. S. F. à grande puissance qui doivent être installés incessamment sur la tour, nous a dit M. le commandant Ferrié, n'entreront vraisemblablement en service que vers le mois d'avril 1910. Les appareils actuels, à puissance réduite, communiquent aisément avec Casablanca, et la portée des nouveaux appareils sera considérablement accrue. Il est difficile néanmoins d'évaluer cette portée en kilomètres; elle varie avec l'importance des obstacles géographiques intermédiaires, et avec la nature de l'atmosphère traversée, et l'on sait que, dans les régions intertropicales, à certaines époques, la tension électrique de l'atmosphère apporte d'importantes perturbations dans

la transmission des ondes hertziennes. Il est donc impossible d'indiquer, *a priori*, les points limites où pourront être reçus les signaux émis par la tour.

Quant aux postes de la côte, il ne semble pas, à l'heure actuelle, qu'ils soient en état de communiquer avec le Tchad. Toutefois, le poste de T. S. F. éventuel de Fort-Lamy paraîtrait devoir répondre à toutes les exigences, en reliant à un point de longitude connue les régions d'influence française voisines, dont la cartographie est encore rudimentaire ou *inexistante*.

En ce qui concerne la réception des signaux, M. le commandant Ferrié estime qu'elle s'effectuerait de la façon la plus aisée. Il conviendrait d'emporter avec l'appareil récepteur deux mâts démontables et un cerf-volant, qui serait éventuellement utilisé. L'ensemble ne coûterait pas 2,000 francs. Le poids total n'atteindrait pas 500 kilogrammes et pourrait être réparti en charges de 30 à 40 kilogrammes. D'autre part, le maniement de l'appareil récepteur ne présente aucune difficulté et n'exigerait un court apprentissage qu'au cas où l'on voudrait utiliser l'alphabet Morse.

Enfin, la vitesse de transmission des ondes hertziennes étant celle de la lumière, on obtiendrait dans l'échange des signaux une instantanéité presque complète, et les seules erreurs à envisager seraient celles dues aux retards provoqués par l'inertie des appareils émetteur et récepteur, erreurs presque négligeables eu égard à la précision que recherchent les voyageurs dans la détermination des longitudes.

CHAPITRE II.

OCCULTATIONS.

GÉNÉRALITÉS.

Du Niger au lac Tchad, le dernier point fixé en longitude absolue avec quelque précision est celui de Konni, où le récent établissement d'un bureau télégraphique a permis à la Mission de déterminer, à son retour en novembre 1908, une position de ce village avec toute l'exactitude que comportaient les moyens dont elle disposait.

Mais Birni N'Konni est situé à peu près sur le méridien de 3° Est de Paris, et les travaux cartographiques de la Mission ont dépassé le 15° Est de Paris.

Les différences de longitude obtenues, soit par le transport du temps effectué par la Mission française, soit par l'arpentage exécuté par la Mission anglaise, comportent des erreurs inévitables qui, s'accumulant sur de longues distances, peuvent devenir très sensibles. Il convenait donc de limiter ces erreurs en déterminant la longitude absolue de certains points. Ces longitudes absolues ont été obtenues par l'observation des occultations d'étoiles par la Lune.

Une centaine d'occultations ont été observées soit par la Mission Moll (1903-1904), soit par la Mission Tilho (1907-1908), en des lieux très divers qui sont de l'Ouest à l'Est :

Dioundiou, Bébeye, Tagouan, Illéla, Konni, Tahoua, Guidambado, Tibiri, Kantché, Zinder, Bago, Banari, Yamia, Addia, Bandé, Baroa, Bosso, embouchure Komadougou, Koukaoua, Kaoua, N'Gollom, Kamba, Fort-Pradié Ziguéi.

Elles se répartissent ainsi qu'il suit :

Dioundiou.....	1	} 19 dans la région de Konni.
Bébeye.....	2	
Tagouan.....	1	
Illéla.....	2	
Konni.....	4	
Tahoua.....	1	
Dosseye.....	3	
Dofaoua.....	2	
Gougouféma.....	1	
Kourféa.....	1	
Guidambado.....	1	

Kantché	8	} 22 dans la région de Zinder.
Zinder.....	4	
Tibiri.....	3	
Yamia.....	1	
Bago.....	1	
Gouré.....	1	
Banari.....	4	} Pour mémoire.
Addia.....	6	
Bosso.....	7	
Koukaoua.....	2	
Kaoua.....	1	
Embouchure Komadougou.....	1	
Bandé.....	2	} 23 dans la région de Bosso.
Baroa.....	3	
Kamba.....	3	
N'Gollom.....	1	
Fort-Pradié.....	2	
Ziguéi.....	1	

Seules les occultations observées dans d'excellentes conditions ont été conservées. Nous avons ainsi rendu négligeables les erreurs provenant de l'observation directe (heure locale observée du phénomène et latitude du lieu). Mais les erreurs affectant les éléments du calcul empruntés à une éphéméride peuvent influer sur la longitude de quantités considérables, qui, ainsi que nous le verrons ultérieurement, peuvent dépasser 20 secondes de temps, alors même que toutes les corrections que l'on peut se procurer pratiquement auront été appliquées.

Dans ces conditions, une longitude, déterminée par une seule occultation prise isolément, présenterait, *a priori*, moins de garantie qu'une longitude obtenue par un bon transport du temps effectué, par exemple, dans les conditions indiquées au chapitre précédent.

Pour que les longitudes absolues résultant des occultations offrent quelque précision, il faut donc :

1° Que les occultations considérées soient corrigées de toutes les erreurs systématiques;

2° Que les occultations reportées au même point présentent un groupement suffisamment compact pour que, suivant la loi des grands nombres, les erreurs accidentelles puissent se compenser.

Pour donner à ce groupement la densité nécessaire, il conviendra de reporter en un même point toutes les occultations voisines de ce point et celles plus éloignées qui lui sont reliées dans des conditions satisfaisantes. Ces mots, bien entendu, n'ont qu'un sens relatif. Dans quelles limites cette liaison, qui comporte elle-même toute l'imprécision du transport du temps,

sera-t-elle justifiée? Nous sommes ici obligés de nous laisser guider par le sentiment ⁽¹⁾.

Considérons un faisceau d'occultations tel que celui de Bosso, comprenant 16 immersions et 7 émergences, soit un total de 23 observations. Nous pouvons supposer que l'erreur maxima à craindre sur chaque observation est inférieure à la différence entre les deux longitudes extrêmes d'Est et d'Ouest.

Cette hypothèse est purement arbitraire; mais nous verrons ultérieurement ⁽²⁾, par la voie empirique, qu'elle se trouve largement justifiée.

Dans le cas de Bosso, la différence entre les longitudes extrêmes = 14° environ.

Or, on sait que l'erreur à craindre M sur la moyenne de m observations affectées d'erreur ε est :

$$M = \frac{\varepsilon}{\sqrt{m}}.$$

Si ε représente l'écart *maximum* entre les deux valeurs les plus divergentes, on aura pour la longitude de Bosso :

$$M < \frac{14^\circ}{\sqrt{23}}$$

ou approximativement :

$$M < 3^{\text{sec}}.$$

Il conviendra donc de ne pas reporter d'occultations à l'aide de transport du temps présentant une incertitude de plus de trois secondes. C'est là une limite maximum qu'il convient de ne pas atteindre, mais qui nous autoriserait à grouper en un seul point toutes les occultations observées entre Zinder et le Tchad, c'est-à-dire pour une différence de longitude dépassant 4°, les nombreux recoupements que nous possédons entre les différents transports du temps de la mission et les multiples comparaisons qui ont été faites avec la *traverse* anglaise nous permettant de supposer une erreur de longitude inférieure à 3 secondes entre Zinder et Koukaoua. (Voir p. 133.)

D'autre part, M. Driencourt, ingénieur hydrographe en chef de la marine,

⁽¹⁾ Les considérations du chapitre précédent trouvent ici leur application, puisque nous pouvons déterminer le degré d'approximation d'un transport du temps.

⁽²⁾ Voir page 258. En effet, les comparaisons que nous avons pu faire en des points tels que Zinder et Konni entre les longitudes provenant des observations d'occultations et celles déterminées par un procédé plus précis (télégraphe, chaînage), nous permettent de supposer que la longitude de Bosso telle que nous la déduisons de nos occultations est approchée à 0°50 près. Or, la valeur de cette longitude résultante est naturellement comprise entre les valeurs des longitudes extrêmes d'Est et d'Ouest provenant des deux occultations les plus divergentes. Il en résulte que l'erreur maxima à craindre sur une observation quelconque est nécessairement inférieure à la différence des valeurs de ces longitudes extrêmes.

nous a conseillé de réunir en un même point toutes les occultations observées par nous dans la région tchadienne, c'est-à-dire comprise entre les méridiens 10° et 13° E. de Paris.

Ces occultations sont au nombre de 23 et ont été observées aux points suivants :

Koukaoua.....	2
Embouchure Koumadougou.....	1
Bandé.....	2
Kaoua.....	1
Bosso.....	7
Baroa.....	3
Kamba.....	3
N'Gollom.....	1
Fort Pradié.....	2
Ziguéi.....	1
	23

Ces diverses occultations ont été reportées à Bosso, qui est le village le plus oriental de la frontière franco-anglaise, celui où a été observé le plus grand nombre d'occultations et qui occupe une situation moyenne dans le réseau astronomique de la région.

Avant d'étudier les résultats, déterminons les corrections à apporter aux observations du fait de la réfraction et de l'altitude de l'observateur, corrections légères, d'ailleurs, qui avaient été négligées en cours de route.

INFLUENCE DE LA RÉFRACTION ET DE L'ALTITUDE À LAQUELLE EST FAITE L'OBSERVATION.

Il n'a pas été tenu compte, dans nos calculs, de la correction due à la réfraction. Toutes les occultations ayant été observées à une distance du zénith inférieure à 80° degrés, cette correction n'influe pas sur la 5^e décimale des log de u et de v ⁽¹⁾.

Les corrections dues à l'altitude ont été calculées en augmentant les log de u et de v de la quantité $+0.000.000.064$ S; S, représentant l'altitude de l'observateur, exprimée en mètres au-dessus du niveau de la mer.

Nous avons ainsi obtenu, pour le groupe d'occultations rapportées à Bosso, le tableau suivant :

(1) TRAPÉD. *Tables et cartes d'occultations*, p. 7.

LIEUX.	ALTITUDE.	ÉTOILE.	PHÉNOMÈNE.	CORRECTION D'ALTITUDE.
	mètres.			
Koukaoua.....	250	63 Taureau.	Immersion.	+ 0",21
Idem.....	250	119 Taureau.	Idem.	- 0",02
Emb. Komadougou.....	245	6294 B.A.C.	Émersion.	+ 0",28
Bandé.....	260	ψ ₂ Verseau.	Immersion.	- 0",32
Idem.....	260	ψ ₂ Verseau.	Idem.	- 0",19
Bosso.....	245	7813 Lalande.	Idem.	+ 0",27
Kaoua.....	250	74 Verseau.	Idem.	- 0",25
Bosso.....	245	987 B.A.C.	Idem.	- 0",16
Idem.....	245	7524 Lalande.	Idem.	+ 0",01
Idem.....	245	878 Weisse.	Émersion.	- 0",13
Idem.....	245	η Balance.	Idem.	+ 0",43
Idem.....	245	58 Ophiuchus.	Idem.	+ 0",18
Idem.....	245	5992 B.A.C.	Idem.	+ 0",16
Baroa.....	245	μ Gémeaux.	Immersion.	- 0",08
Idem.....	245	μ Gémeaux.	Émersion.	- 0",18
Idem.....	245	μ ² Écrevisse.	Immersion.	+ 0",06
Kamba.....	255	1 Écrevisse.	Idem.	- 0",14
Idem.....	255	3062 B.A.C.	Idem.	- 0",28
N'Gollom.....	250	878 Weisse.	Émersion.	+ 0",17
Kamba.....	255	704 Weisse.	Immersion.	- 0",22
Fort-Pradié.....	325	11.839 Lalande.	Idem.	- 0",17
Idem.....	325	186 Weisse.	Idem.	- 0",25
Ziguéi.....	325	24.098 Lalande.	Idem.	- 0",24

On voit : 1° qu'à l'altitude relativement faible à laquelle ont été effectuées ces observations, l'influence de cet élément est sans grande importance; et 2° que les corrections qu'il entraîne se compensent approximativement sur un grand nombre d'observations.

Le calcul brut effectué sur place d'après les données de la *Connaissance des Temps* donne pour chacune de nos observations :

LIEUX.	DATES.	ÉTOILES.	GRAND.	PHÉNOM.	LONGITUDE DU POINT D'OBSERVATION.	CORR ^{on} D'ALTITUDE.	LONGITUDE reportée à BOSSO.	POIDS correspond ^t au T. du T.	OBSER- VATIONS.
	1903.							(1)	
Koukaoua.....	31 décemb.	63 Taureau.	5.9	Im.	0°44'45",99	+ 0",21	0°43'48",30	5	
Idem.....	1904.								
Idem.....	1 ^{er} janvier.	119 Taureau.		Idem.	0 44 43,00	- 0,02	45,08	5	
Emb. Kom. Yoobé.	11 février	6294 B.A.C.		Ém.	0 44 02,96	+ 0,28	46,70	5	
Fort-Pradié.....	24 mars.	11839 Lalande.		Im.	0 51 35,81	- 0,17	32,43	3	
Idem.....	24 mars.	186 Weisse.		Idem.	0 51 32,38	- 0,25	28,62	3	
Kamba.....	22 avril.	1 Écrevisse.	5.9	Idem.	0 47 05,23	- 0,14	35,66	4	
Idem.....	23 avril.	3062 B.A.C.		Idem.	0 47 07,10	- 0,28	37,39	4	

(1) En ce qui concerne les valeurs relatives des transports du temps utilisés pour reporter sur Bosso les résultats des occultations observées dans la région tchadienne, voir chap. 1^{er}, § 8.

LIEUX.	DATES.	ÉTOILES.	GRAND.	PHÉNOM.	LONGITUDE DU POINT D'OBSERVATION.	CORR ^{ea} D'ALTITUDE.	LONGITUDE reportée à BOSSO.	POIDS correspondant au T. du T.	OBSER- VATIONS.
	1907.								
Bandé.....	11 décemb.	ψ_2 Verseau.	4.2	Im.	0°42'15",84.	-0°39	0°43'42",66	5	
Idem.....	11 décemb.	ψ_2 Verseau.	5.2	Idem.	0 42 19 ,40	-0.19	46 ,35	5	
Bosso.....	17 décemb.	7813 Lalande.	6.3	Idem.	0 43 45 ,53	+0.27	45 ,79	5	
	1908.								
Kaoua.....	7 janvier.	74 Verseau.	6.0	Idem.	0 45 20 ,92	-0.25	48 ,10	5	
Bosso.....	12 janvier.	987 B.A.C.	6.3	Idem.	0 43 41 ,71	-0.16	41 ,55	5	
Idem.....	13 janvier.	7524 Lalande.	7.0	Idem.	0 43 48 ,81	+0.01	48 ,82	5	
Idem.....	25 janvier.	878 Weisse.	7.0	Ém.	0 43 47 ,01	-0.13	46 ,88	5	
Ngollom.....	25 janvier.	878 Weisse.	6.5	Idem.	0 46 07 ,40	+0.17	41 ,85	4	
Bosso.....	27 janvier.	7 Balance.	5.9	Idem.	0 43 46 ,55	+0.43	46 ,98	5	
Idem.....	29 janvier.	58 Ophiuchus.	5.4	Idem.	0 43 42 ,47	+0.18	42 ,65	5	
Idem.....	29 janvier.	5999 B.A.C.	6.8	Idem.	0 43 41 ,55	+0.16	41 ,71	5	
Baroa.....	19 février.	μ Gémeaux.	3.2	Im.	0 43 08 ,89	-0.08	41 ,18	5	
Idem.....	12 février.	μ Gémeaux.	3.2	Ém.	0 43 16 ,48	-0.18	48 ,67	5	
Idem.....	14 février.	μ^2 Écrevisse.	5.6	Im.	0 43 07 ,31	+0.06	39 ,74	5	
Kamba.....	8 avril.	704 Weisse.	6.6	Idem.	0 47 09 ,00	-0.22	39 ,35	4	
Ziguel.....	12 mai.	24098 Lalande.	6.7	Idem.	0 53 36 ,76	-0.24	39 ,59	4	

INFLUENCE PRODUITE SUR LA LONGITUDE PAR LES ERREURS AFFECTANT LES ÉLÉMENTS DU CALCUL.

« Les éléments employés dans le calcul de la longitude d'un lieu, au moyen de l'occultation d'une étoile, appartiennent à deux catégories différentes :

a. *Éléments empruntés à l'observation directe.* — Tels sont :

- 1° L'heure locale observée du phénomène (immersion ou émergence);
- 2° La latitude du lieu.

b. *Éléments empruntés à une éphéméride.* — Il faut ranger dans cette catégorie :

- 1° L'ascension droite et la déclinaison de la Lune à l'heure T. prise pour point de départ et rapportée au premier méridien;
- 2° L'ascension droite et la déclinaison de l'étoile;
- 3° La parallaxe horizontale équatoriale de la Lune;
- 4° Le demi-diamètre apparent de la Lune ou, ce qui revient au même, la constante K;
- 5° La valeur de l'aplatissement terrestre ⁽¹⁾.

Examinons l'influence sur la longitude de Bosso, déduite de nos occultations, d'une correction appliquée à chacun des éléments de ces deux catégories.

⁽¹⁾ TRÉPIED. *Tables et cartes d'occultations*, p. 65.

I. Influence d'une correction dt de l'heure observée.

Nous avons :

$$(d\omega)_1 = dt + \frac{g\lambda \cos \varphi_1 \cos(N_o + \psi + G)}{n_o \sin \psi} dt \text{ (Immersion)}$$

$$(d\omega)_1 = dt - \frac{g\lambda \cos \varphi_1 \cos(N_o - \psi + G)}{n_o \sin \psi} dt. \text{ (Émersion)}$$

dans lesquelles,

$$\sin h \sin \delta_* = g \sin G$$

et

$$\cos h = g \cos G^{(1)}.$$

L'erreur dt est une somme algébrique d'erreurs partielles

$$dt = de + dm + dl.$$

de = l'erreur commise sur la détermination de l'état du compteur. Elle est inférieure à $0^s.1$ avec l'astrolabe à prisme.

dm = l'erreur commise sur l'évaluation de la marche du compteur. Elle est sensiblement réduite en utilisant les marches relatives des autres montres par rapport au compteur. D'ailleurs, l'époque de l'observation du phénomène est toujours voisine de celle de la détermination de l'heure et généralement comprise dans une marche de vingt-quatre heures. Nous admettons que, dans le cas de nos observations, cette erreur dm est inférieure à $0^s.2$.

dl = l'erreur de lecture commise sur l'heure du compteur au moment de l'observation. Un observateur entraîné apprécie le dixième de seconde⁽²⁾.

Comme les seules occultations nettement observées ont été conservées, nous admettons que l'erreur dt , affectant la détermination de l'heure locale du phénomène, est inférieure à $0^s.4$.

En faisant $dt = 0^s.4$, nous avons trouvé, par application des formules ci-dessus, les valeurs suivantes de $d\omega$ pour les occultations voisines de Bosso :

DATES.	ÉTOILES.	PHÉNOMÈNES.	$(d\omega)_1$
11 décembre 1907.....	ψ_2 Verseau.	Immersion.	+ 0 ^s .53
11.....	ψ_2 Verseau.	Idem.	+ 0 ^s .26
17.....	7813 Lalande.	Idem.	+ 0 ^s .31
7 janvier 1908.....	74 Verseau.	Idem.	+ 0 ^s .44
12.....	987 B.A.C.	Idem.	+ 0 ^s .16
13.....	7524 Lalande.	Idem.	+ 0 ^s .25
25.....	878 Weissc.	Émersion.	+ 0 ^s .24
27.....	η Balance.	Idem.	+ 0 ^s .48
29.....	58 Ophiuchus.	Idem.	+ 0 ^s .44
29.....	5993 B.A.C.	Idem.	+ 0 ^s .25

(1) TRÉPIED, *Tables et cartes d'occultations*, p. 69.

(2) Voir p. 121.

II. Influence d'une correction dy de la latitude du lieu.

$$\begin{aligned}
 (d\omega)_2 &= - \frac{g' \sin \varphi_1 \sin (N_o + \psi + G')}{n_o \sin \psi} d\varphi_1 \sin 1' \\
 &\quad - \frac{(1-c) \cos \varphi_1 \cos \delta_* \sin (N_o + \psi)}{n_o \sin \psi} d\varphi_1 \sin 1' \quad (\text{Immersion}) \\
 (d\omega)_2 &= \frac{g' \sin \varphi_1 \sin (N_o - \psi + G')}{n_o \sin \psi} d\varphi_1 \sin 1' \\
 &\quad + \frac{(1-c) \cos \varphi_1 \cos \delta_* \sin (N_o - \psi)}{n_o \sin \psi} d\varphi_1 \sin 1' \quad (\text{Émersion})
 \end{aligned}$$

dans lesquelles :

$$\begin{aligned}
 \sin h &= g' \sin G' \\
 \cos h \sin \delta_* &= g' \cos G' \quad (1).
 \end{aligned}$$

Une simple inspection des graphiques d'observations effectuées avec l'astrolabe à prisme nous montre que nos latitudes ont été déterminées à la seconde d'arc près; dans les cas les plus défavorables, l'incertitude sur le centre du cercle de hauteur ne dépasse jamais 5".

En posant $dy = 5''$, nous avons trouvé, par application des formules ci-dessus, les valeurs suivantes de $(d\omega)_2$ pour les dix occultations considérées :

DATES.	ÉTOILES.	PHÉNOMÈNES.	$(d\omega)_2$
11 décembre 1907.....	ψ_2 Verseau.	Immersion.	— 0 ^s ,55 ^e
11.....	ψ_3 Verseau.	Idem.	— 0 ^s ,18
17.....	7813 Lalande.	Idem.	— 0 ^s ,03
7 janvier 1908.....	74 Verseau.	Idem.	— 0 ^s ,31
19.....	987 B.A.C.	Idem.	— 0 ^s ,10
13.....	7524 Lalande.	Idem.	— 0 ^s ,58
25.....	878 Weisse.	Émersion.	— 0 ^s ,02
27.....	η Balance.	Idem.	+ 0 ^s ,37
29.....	58 Ophiuchus.	Idem.	+ 0 ^s ,18
29.....	5992 B.A.C.	Idem.	— 0 ^s ,13

 III. Influence des corrections $d\alpha_*$, $d\delta_*$ des coordonnées de l'étoile occultée.

Trépiéd estime ⁽²⁾ que les coordonnées de l'étoile occultée seront, en général, assez bien connues pour qu'on n'ait point à se préoccuper des change-

(1) TRÉPIÉD. *Tables et cartes d'occultations*, p. 70.

(2) *Ibid.*, p. 73.

ments, que des corrections ultérieures de ces éléments pourraient faire subir à la longitude calculée.

La plupart des étoiles dont l'occultation a été observée ne sont pas comprises dans le catalogue d'étoiles de Bossert qui nous a été signalé comme le plus récent et le plus complet. Les coordonnées de celles qui en font partie ont été vérifiées et, réduites au jour de l'observation, ont donné un résultat identique à celui fourni par la *Connaissance des Temps*.

Nous supposons donc négligeables les modifications de longitude qu'entraînent les corrections $d\alpha_*$ et $d\delta_*$.

IV. Influence d'une correction de la valeur de la parallaxe lunaire

La constante de la parallaxe lunaire adoptée dans la rédaction de la *Connaissance des Temps* est celle de Newcomb.

$$\pi_0 = 57' 02'' 68.$$

« Cette valeur est celle vers laquelle tendent les déterminations modernes, comme le montrent suffisamment les nombres suivants⁽¹⁾ :

$$\text{Breen : } \pi_0 = 57' 02'', 70.$$

$$\text{Stone : } \pi_0 = 57' 02'', 707.$$

$$\text{Kustner : } \pi_0 = 57' 02'', 79.$$

La parallaxe déduite des calculs de M. Lagrula serait :

$$\pi_0 = 57' 03'' 15 \pm 0.60.$$

« D'ailleurs, ajoute M. Lagrula, nous considérons cette valeur, sans doute un peu forte, comme une détermination individuelle destinée à être jointe à celles dont la liste a été donnée ci-dessus⁽²⁾. »

Quoi qu'il en soit, l'incertitude pesant sur la valeur de la parallaxe adoptée semble devoir rester très inférieure à 1".

Cherchons l'influence sur la longitude d'une correction de 1" sur la parallaxe dans le groupe d'occultations déjà considérées.

Nous avons les expressions⁽³⁾ :

$$(d\omega)_3 = -\frac{1}{n_0 \pi \epsilon} \left[n_0(t - L - T_0) + y_0 \frac{\sin(N_0 + \psi)}{\sin \psi} \right] d\pi \epsilon \quad (\text{Immersion})$$

$$(d\alpha)_3 = -\frac{1}{n_0 \pi \epsilon} \left[n_0(t - L - T_0) - y_0 \frac{\sin(N_0 - \psi)}{\sin \psi} \right] d\pi \epsilon \quad (\text{Émersion})$$

(1) LAGRULA. *Étude sur les occultations d'amas d'étoiles par la lune*, p. 21-22.

(2) *Ibid.*, p. 135.

(3) TRÉPIED. *Tables et cartes d'occultations*, p. 73.

dans lesquelles

$$d\pi_{\epsilon} = + 1''.$$

Les valeurs, ainsi obtenues, sont classées dans le tableau suivant :

DATES.	ÉTOILES.	PHÉNOMÈNES.	$(d\omega)_s$
11 décembre 1907.....	ψ_2 Verseau.	Immersion.	+ 0',55
11.....	ψ_3 Verseau.	Idem.	- 0',78
17.....	7813 Lalande.	Idem.	+ 1',48
7 janvier 1908.....	74 Verseau.	Idem.	- 0',63
12.....	987 B.A.C.	Idem.	+ 0',54
13.....	7594 Lalande.	Idem.	+ 1',71
25.....	878 Weisse.	Émersion.	+ 0',55
27.....	η Balance.	Idem.	+ 0',85
29.....	58 Ophiuchus.	Idem.	+ 0',61
29.....	5992 B.A.C.	Idem.	+ 0',30

V. Influence d'une correction de l'aplatissement terrestre.

Trépied⁽¹⁾ dans ses exemples numériques examine le changement qui résulterait de l'emploi de la valeur $\frac{1}{300}$ pour l'aplatissement terrestre au lieu de $\frac{1}{293}$, c'est-à-dire :

$$dc = - 0,00008.$$

Une telle erreur sur la valeur de l'aplatissement terrestre semble considérable; elle n'entraînerait néanmoins que des corrections peu importantes à la longitude calculée, ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessous, obtenu en faisant $dc = 0,00008$ dans la formule :

$$(d\omega)_1 = \frac{g' \sin^2 \varphi_1 \cos \varphi_1 \sin (N_0 + \psi + G')}{n_0 \sin \psi} \frac{dc}{1-c} + \frac{\sin \varphi_1 \cos \delta_* (1 + \cos^2 \varphi_1) \sin (N_0 + \psi)}{n_0 \sin \psi} dc$$

(Immersion)

$$(d\omega)_2 = - \frac{g' \sin^2 \varphi_1 \cos \varphi_1 \sin (N_0 - \psi + G')}{n_0 \sin \psi} \frac{dc}{1-c} - \frac{\sin \varphi_1 \cos \delta_* (1 + \cos^2 \varphi_1) \sin (N_0 - \psi)}{n_0 \sin \psi} dc$$

(Émersion)

avec

$$\sin h = g' \sin G',$$

$$\cos h \sin \delta_* = g' \cos G'^{(2)}.$$

⁽¹⁾ TRÉPIED. *Tables et cartes d'occultations*, p. 79.

⁽²⁾ *Ibid.*, p. 75.

DATES.	ÉTOILES.	PHÉNOMÈNES.	$(d\omega)_1$
11 décembre 1907.....	ψ_2 Verseau.	Immersion.	— 0 ^s ,86
11.....	ψ_3 Verseau.	Idem.	+ 0 ^s ,39
17.....	7813 Lalande.	Idem.	— 0 ^s ,24
7 janvier 1908.....	74 Verseau.	Idem.	— 0 ^s ,49
12.....	987 B.A.C.	Idem.	+ 0 ^s ,39
13.....	7524 Lalande.	Idem.	— 0 ^s ,88
25.....	878 Weisse.	Émersion.	— 0 ^s ,02
27.....	η Balance.	Idem.	+ 0 ^s ,60
29.....	58 Ophiuchus.	Idem.	+ 0 ^s ,31
29.....	5992 B.A.C.	Idem.	— 0 ^s ,18

Il nous est impossible, dans la pratique, de nous procurer les corrections à appliquer aux cinq éléments ci-dessus. Nous devons donc les accepter tels qu'ils ont été déterminés au moment de l'observation des occultations. Il résulte néanmoins de cette brève discussion, que leurs erreurs, dans l'hypothèse la plus défavorable, n'influent que fort peu sur la longitude déterminée.

Remarquons en outre :

1° Que les erreurs sur les observations de l'heure locale et de la latitude du lieu sont accidentelles;

2° Que les erreurs provenant de l'emploi d'une valeur inexacte pour la parallaxe lunaire et l'aplatissement terrestre, erreurs qui sont naturellement constantes et de même sens, entraînent des corrections de sens variable.

On peut en conclure que dans un groupe de 23 occultations, comme celui de Bosso par exemple, les erreurs affectant les 5 éléments examinés ci-dessus sont sans influence appréciable sur la longitude déterminée pour ce point.

Il n'en est pas de même pour les deux éléments qui nous restent à examiner : les coordonnées et le demi-diamètre de la Lune.

VI. Influence d'une correction des coordonnées équatoriales de la Lune.

L'influence sur la longitude des corrections $d\alpha_{\epsilon}$ et $d\delta_{\epsilon}$ aux coordonnées lunaires nous est donnée par la formule :

$$(d\omega)_6 = \frac{1}{n_o \pi \epsilon} \left[-\frac{\cos(N_o + \psi)}{\sin \psi} \cos \delta_{\epsilon} d\alpha_{\epsilon} + \frac{\sin(N_o + \psi)}{\sin \psi} d\delta_{\epsilon} \right] \quad (\text{Immersion})$$

$$(d\omega)_6 = \frac{1}{n_o \pi \epsilon} \left[\frac{\cos(N_o - \psi)}{\sin \psi} \cos \delta_{\epsilon} d\alpha_{\epsilon} - \frac{\sin(N_o - \psi)}{\sin \psi} d\delta_{\epsilon} \right] \quad (\text{Émersion}).$$

« Les valeurs que donnent les éphémérides pour les éléments en α_{ϵ} et δ_{ϵ} peuvent être en erreur de plusieurs secondes d'arc et la correction qui en ré-

sulte pour la longitude calculée peut, dans certains cas, dépasser 20^{sec} de temps⁽¹⁾.

Cette correction présente une importance particulière, car elle va permettre de corriger, en partie, une erreur systématique affectant la longitude. En effet, les corrections empiriques de Newcomb pour α_{ϵ} sont actuellement trop fortes, en valeur absolue, de plusieurs dixièmes de secondes de temps; il en résulte pour $d\alpha_{\epsilon}$, ces corrections étant négatives, une valeur positive, et comme d'autre part :

1° $\cos \delta_{\epsilon}$ est toujours positif; 2° $\cos (N_0 + \psi)$ est généralement négatif; et 3° $\cos (N_0 - \psi)$ positif, la valeur déduite pour $d\omega$ est presque toujours positive. C'est la seule erreur systématique, pensons-nous, introduite dans nos calculs et sur laquelle, par conséquent, la multiplicité de nos observations soit sans influence. De là proviennent sans doute les déterminations erronées, et *toujours trop occidentales*, de longitudes absolues effectuées dans ces dernières années par divers voyageurs, et par nous-même en particulier, en Afrique centrale⁽²⁾.

Il convenait donc de déterminer les corrections $d\alpha_{\epsilon}$ et $d\delta_{\epsilon}$ avec toute la précision possible.

On sait que, dans la pratique, l'observateur peut se procurer la valeur de ces corrections pour des époques voisines de l'occultation observée, en s'adressant aux grands observatoires où les positions de la Lune sont déterminées presque journellement par des mesures directes (méridiennes ou altazimutales).

Nous avons dans ce but adressé aux observatoires de Paris, de Greenwich et de Washington, la lettre suivante :

« MONSIEUR LE DIRECTEUR,

« Je viens solliciter de votre bienveillance la faveur de me faire adresser les coordonnées vraies de la Lune résultant des observations faites sous votre direction de 1903 à 1908.

(1) TRÉPIED. *Tables et cartes d'occultations*, p. 73.

(2) Ainsi qu'il ressort clairement du tableau suivant où les longitudes que nous avons adoptées ont été déterminées soit télégraphiquement, soit par des groupes de 20 occultations contrôlées par de nombreux transports du temps et les résultats de la *traverse* anglaise (voir p. 132).

LONGITUDE.	KONNI.	ZINDER.	KOUKAOUA.	BAROA.	KAMBA.
Adopté.....	11 ^m 40 ^s ,30	26 ^m 36 ^s ,48	44 ^m 54 ^s ,35	43 ^m 21 ^s ,30	47 ^m 23 ^s ,05
Vogel.....			44 ^m 13 ^s ,50		
Foureaux 1899-1900.		26 ^m 29 ^s ,00		43 ^m 11 ^s ,90	
Tilho 1904.....	11 ^m 29 ^s ,11	26 ^m 31 ^s ,16	44 ^m 47 ^s ,26		47 ^m 06 ^s ,16

« Au cours de la mission du Niger au lac Tchad, mes collaborateurs et moi-même avons eu l'occasion d'observer, en *excellentes conditions*, de nombreuses occultations d'étoiles par la Lune. Les longitudes que nous en avons conclues ne sont que provisoires et auraient besoin d'être rectifiées en tenant compte des coordonnées exactes du centre de la Lune aux époques d'observation.

« C'est sur le conseil du commandant Guyou, du Bureau des longitudes, que je m'adresse directement à vous, persuadé que votre bienveillance ne saurait me faire défaut en cette circonstance.

« Les dates auxquelles nous avons observé ces phénomènes sont comprises dans les périodes suivantes :

« 1° Entre janvier 1903 et octobre 1904 ;

« 2° Entre avril 1907 et novembre 1908. »

Les observatoires de Greenwich, de Paris et de Washington nous ont aussitôt et très obligeamment communiqué les corrections à appliquer aux coordonnées de la Lune pour les années 1903, 1904 et 1907, les corrections pour 1908 n'étant pas encore calculées.

Il faut se rappeler ici : 1° que les 3 éphémérides (*Connaissance des Temps*, *Nautical Almanac*, *American Ephemeris*), bien qu'ayant adopté les mêmes constantes, ne donnent pas, pour le même instant, des positions identiques de la Lune; 2° que les coordonnées α_c et δ_c employées dans le calcul des éléments de l'occultation d'une étoile ne sont pas exactement celles que la *Connaissance des Temps* fournit pour l'heure de Paris T_o de la conjonction vraie en ascension droite, car aux valeurs tirées de l'éphéméride on a appliqué les corrections empiriques de Newcomb.

« Soient α et δ les valeurs tirées de l'éphéméride de la Lune sans aucune correction, α_c et δ_c les valeurs corrigées d'après Newcomb et employées dans le calcul des éléments; α_o et δ_o les valeurs observées; C et C' les corrections observées de l'éphéméride; C_n et C'_n les corrections de Newcomb. On a évidemment les relations :

$$\alpha_o = \alpha + C \qquad \delta_o = \delta + C'$$

$$\alpha_c = \alpha + C_n \qquad \delta_c = \delta + C'_n,$$

d'où :

$$\alpha_o - \alpha_c = C - C_n \qquad \delta_o - \delta_c = C' - C'_n,$$

c'est-à-dire que les corrections dont nous devons faire usage pour affranchir, des erreurs de l'éphéméride, la longitude calculée sont les différences entre les corrections observées et les corrections de Newcomb⁽¹⁾. »

(1) TRÉPIED. *Tables et cartes d'occultations*, p. 77.

Les corrections qui nous ont été fournies par Greenwich et Washington sont celles à appliquer aux données du *Nautical Almanac* et de l'*American Ephemeris*.

En nous procurant ces deux éphémérides, il nous a été facile d'en déduire les corrections C et C' à appliquer à la *Connaissance des Temps* (voir le tableau ci-après).

Puis en interpolant les corrections de Newcomb pour les heures moyennes des observations méridiennes utilisées, nous avons formé les quantités $C - C_n$ et $C' - C'_n$.

Considérons, par exemple, les occultations observées dans la région du Tchad en 1903, 1904 et 1907 aux dates suivantes reportées en cinq groupes :

- I. 31 décembre 1903.
1^{er} janvier 1904.
- II. 11 février 1904.
- III. 24 mars 1904, 2 observations.
- IV. 22 avril 1904.
23 avril 1904.
- V. 11 décembre 1907.
17 décembre 1907, 2 observations.

En utilisant les observations méridiennes ou altazimutales effectuées par les observatoires aux dates les plus voisines, nous avons formé le tableau ci-contre.

TABLEAU DES CORRECTIONS À APPORTER AUX CORRECTIONS EMPIRIQUES

[illegible]

DE NEWCOMB : 1^{re} EN ASCENSION DROITE: 2^{de} EN DÉCLINAISON.

PARIS.			GREENWICH.			WASHINGTON.			DECLINAISONS.		
C.T.	Obs.	C ^u	C.T.	Obs.	C ^u	C.T.	Obs.	C ^u	M ^u - mean for C ^u .	C ^u	C-C ^u
+ 12 ^h 20 ^m 1 ^s	"	"	+ 12 ^h 20 ^m 5 ^s 9	12 ^h 20 ^m	- 6 ^s 9	+ 12 ^h 16 ^m 57 ^s 3	12 ^h 16 ^m	- 2 ^s 7	- 2 ^s 8	- 6 ^s 9	+ 6 ^s 8
+ 12 ^h 30 ^m 1 ^s	"	"	+ 12 ^h 30 ^m 1 ^s 9	12 ^h 30 ^m	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 26 ^m 53 ^s 5	12 ^h 26 ^m	- 3 ^s 9	- 3 ^s 7	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 40 ^m 1 ^s	"	"	+ 12 ^h 40 ^m 1 ^s 9	12 ^h 40 ^m	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 36 ^m 49 ^s 7	12 ^h 36 ^m	- 3 ^s 9	- 3 ^s 7	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 50 ^m 1 ^s	"	"	+ 12 ^h 50 ^m 1 ^s 9	12 ^h 50 ^m	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 46 ^m 45 ^s 9	12 ^h 46 ^m	- 3 ^s 9	- 3 ^s 7	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 1 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 1 ^s 9	12 ^h 59 ^m	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 42 ^s 1	12 ^h 56 ^m	- 3 ^s 9	- 3 ^s 7	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 38 ^s 7	12 ^h 56 ^m 38 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 34 ^s 9	12 ^h 56 ^m 34 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 30 ^s 9	12 ^h 56 ^m 30 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 26 ^s 9	12 ^h 56 ^m 26 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 22 ^s 9	12 ^h 56 ^m 22 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 18 ^s 9	12 ^h 56 ^m 18 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 14 ^s 9	12 ^h 56 ^m 14 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 10 ^s 9	12 ^h 56 ^m 10 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 6 ^s 9	12 ^h 56 ^m 6 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s 8	+ 5 ^s 7
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 2 ^s 9	12 ^h 56 ^m 2 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 56 ^m 0 ^s 9	12 ^h 56 ^m 0 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 58 ^s 9	12 ^h 55 ^m 58 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 54 ^s 9	12 ^h 55 ^m 54 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 50 ^s 9	12 ^h 55 ^m 50 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 46 ^s 9	12 ^h 55 ^m 46 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 42 ^s 9	12 ^h 55 ^m 42 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 38 ^s 9	12 ^h 55 ^m 38 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 34 ^s 9	12 ^h 55 ^m 34 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 30 ^s 9	12 ^h 55 ^m 30 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 26 ^s 9	12 ^h 55 ^m 26 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 22 ^s 9	12 ^h 55 ^m 22 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 18 ^s 9	12 ^h 55 ^m 18 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 14 ^s 9	12 ^h 55 ^m 14 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 10 ^s 9	12 ^h 55 ^m 10 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 6 ^s 9	12 ^h 55 ^m 6 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 2 ^s 9	12 ^h 55 ^m 2 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 55 ^m 0 ^s 9	12 ^h 55 ^m 0 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 58 ^s 9	12 ^h 54 ^m 58 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 54 ^s 9	12 ^h 54 ^m 54 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 50 ^s 9	12 ^h 54 ^m 50 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 46 ^s 9	12 ^h 54 ^m 46 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 42 ^s 9	12 ^h 54 ^m 42 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 38 ^s 9	12 ^h 54 ^m 38 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 34 ^s 9	12 ^h 54 ^m 34 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 30 ^s 9	12 ^h 54 ^m 30 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 26 ^s 9	12 ^h 54 ^m 26 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 22 ^s 9	12 ^h 54 ^m 22 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 18 ^s 9	12 ^h 54 ^m 18 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 14 ^s 9	12 ^h 54 ^m 14 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 10 ^s 9	12 ^h 54 ^m 10 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 6 ^s 9	12 ^h 54 ^m 6 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 2 ^s 9	12 ^h 54 ^m 2 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 54 ^m 0 ^s 9	12 ^h 54 ^m 0 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 53 ^m 58 ^s 9	12 ^h 53 ^m 58 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 53 ^m 54 ^s 9	12 ^h 53 ^m 54 ^s	- 1 ^s 9	- 1 ^s 9	- 5 ^s	
+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s	"	"	+ 12 ^h 59 ^m 59 ^s 9	12 ^h 59 ^m 59 ^s	- 1 ^s 9	+ 12 ^h 53 ^m 50 ^s 9	12 ^h 53 ^m 50 ^s				

Prenons comme abscisses les temps, et portons en ordonnées les valeurs de C et C_n , C' et C'_n . Nous pourrions ainsi tracer pour les cinq périodes considérées les courbes de variation des corrections empiriques de Newcomb et de la moyenne des corrections résultant des observations de Paris, de Greenwich et de Washington, 1° en ascension droite, 2° en déclinaison.

La quantité $C-C_n$, $C'-C'_n$ sera mesurée directement à une époque déterminée; elle est égale à la portion d'ordonnée correspondant à cette époque, comprise entre les deux courbes.

Nous nous sommes demandé quelle valeur il convenait d'adopter comme correction à appliquer le jour de l'occultation, soit la valeur $C-C_n$, $C'-C'_n$ de la portion d'ordonnée mesurée sur le graphique, le jour considéré, soit la moyenne des valeurs $C-C_n$, $C'-C'_n$ dans chacune des cinq périodes comprenant une ou plusieurs occultations.

En d'autres termes, devons-nous supposer que la courbe des corrections réelles est théoriquement parallèle à celle des corrections de Newcomb, dans une courte période du moins, et que les irrégularités constatées proviennent des erreurs d'observations? ou bien que la courbe des corrections réelles a une variation beaucoup plus rapide que celle des corrections de Newcomb, et que, d'un jour à l'autre, les différences peuvent varier notablement?

Trépied préfère la première hypothèse et, dans un exemple numérique⁽¹⁾, il la justifie par ce fait que les écarts des différences $C-C_n$ et $C'-C'_n$ avec leurs moyennes sont bien de l'ordre des erreurs possibles des observations.

Cependant le seul aspect des graphiques que nous venons d'établir semble contredire cette hypothèse pour les périodes qui nous intéressent tout au moins. Ainsi les courbes III_R, IV_R et I_D semblent nettement convergentes dans leur allure générale. La courbe des corrections réelles V_D présente des inflexions très caractéristiques que ne décèle pas la courbe des corrections de Newcomb. Pour admettre le parallélisme théorique de ces deux courbes, il faudrait supposer entre les chiffres du 14 et du 21 décembre une erreur dépassant 8" d'arc. Cet écart est hors de proportion avec les erreurs possibles d'observation⁽²⁾.

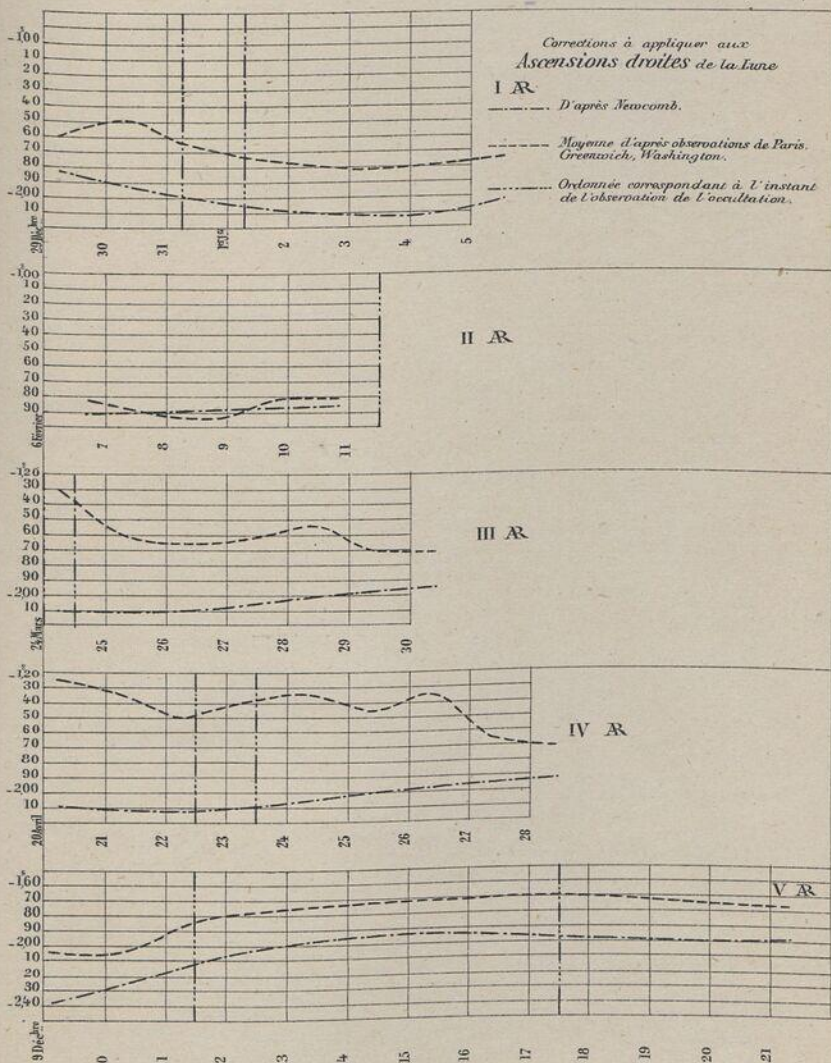
Nous avons dû, pour trancher cette question, faire appel de nouveau à l'obligeance des observatoires, en leur demandant de quelle façon il convenait d'interpréter les corrections qu'ils nous avaient antérieurement adressées.

M. Lagarde [auquel M. Baillaud, directeur de l'Observatoire de Paris, nous a adressé] pense que la courbe des corrections réelles varie beaucoup plus rapidement que celle des corrections empiriques de Newcomb, et comme nous ignorons les lois de cette variation, la correction la plus plausible à apporter aux coordonnées lunaires est celle la plus voisine de l'époque de l'observation.

⁽¹⁾ TRÉPIED, *Tables et cartes d'occultations*, p. 78.

⁽²⁾ Voir page 249.

5.7.0



M. Christie, directeur de l'Observatoire de Greenwich, estime que « l'adoption de la valeur la plus probable de la correction aux coordonnées de la Lune dans le *Nautical Almanac* pour un jour donné est une chose qui demande un jugement dans chaque cas particulier » et nous adressait un tableau des erreurs qui, d'après son jugement, devaient être adoptées pour chacun des jours de nos occultations⁽¹⁾.

C'est une opinion analogue que nous exprimait M. Newcomb en nous disant « que les résultats des observations méridiennes faites dans les observatoires ne répondent pas bien à ce que nous nous proposons »; et l'illustre savant qui devait malheureusement disparaître quelques jours plus tard ajoutait « que nous avions uniquement besoin des corrections qui seront déduites des tables qu'il espérait publier dans trois ou quatre mois⁽²⁾ ».

⁽¹⁾ Lettre de M. Christie à M. le capitaine d'infanterie coloniale Tilho, commissaire français, Paris :

1909, July 22.

SIR,

With reference to your letter of June 5, I would explain that the adoption of the most probable value of the correction to the *Nautical Almanac* place of the Moon for a given day is a matter which requires judgment as to the particular circumstances, bearing in mind that the observations with the transit circle and the altazimuth are each liable to error and that the corrections to the Moon's tabular place change from day to day. Where observations of the Moon's limb and of Mösting A have been obtained both with the transit circle and altazimuth on the day for which the correction is required I consider the best course would be to take the simple mean of the four results with equal weight. In other cases judgment has to be exercised.

Under these circumstances I have thought it best to send you the enclosed table of the errors which in my judgment should be adopted for the days on which you require them. In some cases there is necessarily much uncertainty, e. g. 1903 October 24 and 25 and December 22, there being no observations at Greenwich sufficiently near your dates, but in any case I think it will be better to apply corrections for the errors adopted rather than to use the uncorrected *Nautical Almanac* place.

I am, Sir,

Your obedient servant,

W. H. E. CHRISTIE,
Astronomer Royal.

⁽²⁾ Lettre de M. Newcomb à M. le capitaine d'infanterie coloniale Tilho, commissaire français, Paris :

June 17, 1909.

DEAR SIR,

I am in receipt of your letter of June 4, and will take pleasure in doing all that I can toward promoting the objects of your international commission.

As regards the publication of matters pertaining to the occultations they will be issued by the Office of the *Nautical Almanac* in the Naval Observatory. The same is true of the tables of corrections to Hansen's tables of the Moon which will probably appear before the discussion of occultations. But I take the liberty of repeating what I said to you before, that the results of meridian observations as made at observatories will not well answer your purpose. All that you need are corrections to be derived from the tables which I hope to publish within three or four months.

But it is not even necessary for you to await the publication of these tables. It is quite possible

Pl. XXXIV (2^e partie).

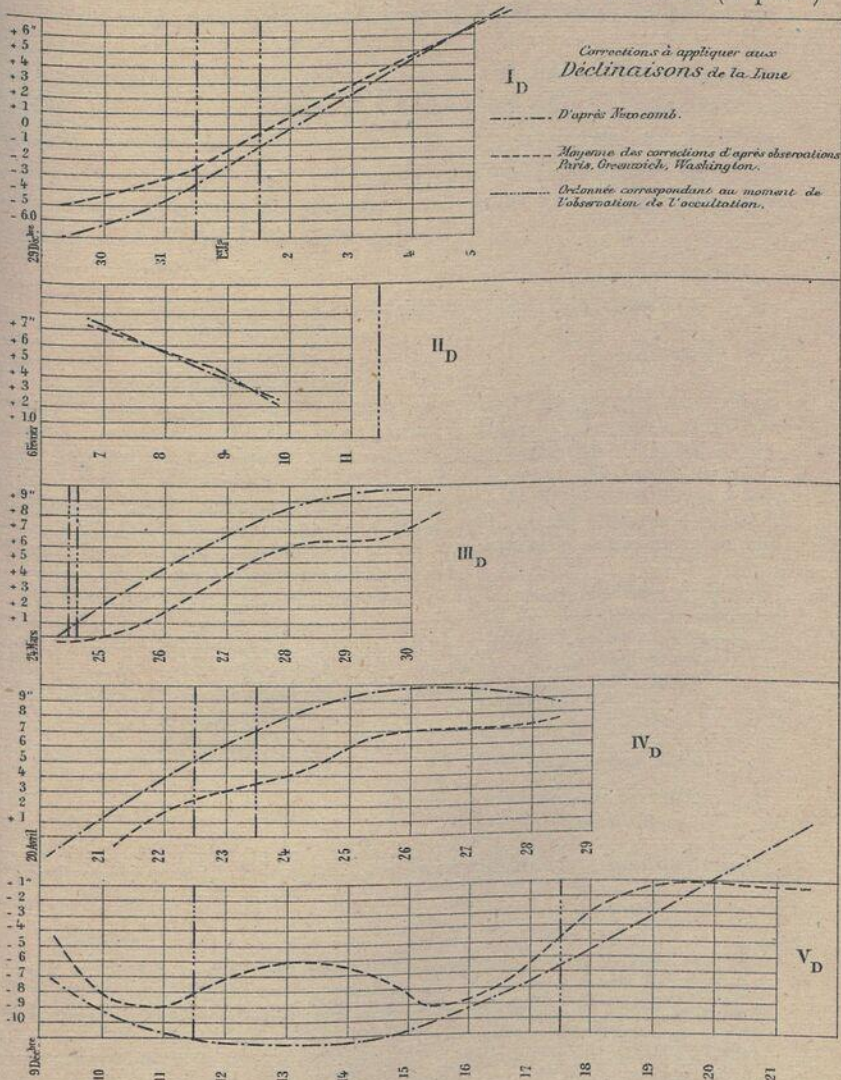


TABLEAU DES CORRECTIONS ADOPTÉES À APPORTER AUX CORRECTIONS DE NEWCOMB.

DATES.	PARIS.			GREENWICH.			WASHINGTON.			C-C.		OBSERVATIONS.
	R.	D.	POIDS.	R.	D.	POIDS.	R.	D.	POIDS.	R.	D.	
1903. 31 décembre.....	"	"	"	+0.31	+1.76	2	+0.39	+0.4	1	+0.30	+1.31	2 obj ^{tes} à G.
1 ^{er} janvier.....	"	"	"	+0.40	+0.76	2	"	"	"	+0.60	+0.76	1 obj ^{tes} à W. le jour de l'occlusion.
11 février.....	+0.01	-1.2	2	+0.33	-0.07	2	+0.06	"	2	+0.13	+0.45	Pas d'obj ^{tes} le jour de l'occlusion.
14 février.....	+0.10	"	1	"	"	"	"	"	"	"	"	1 obj ^{tes} à P. et à W. le 10.
26 mars.....	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2 obj ^{tes} à G. et à P. le 9.
1904. 26 mars.....	"	"	"	+0.56	+1.17	1	+0.80	-0.4	3	+0.69	-0.49	1 seule obj ^{tes} à W. le jour de l'occlusion.
30 mars.....	"	"	"	"	"	"	+0.50	-0.4	1	"	"	2 obj ^{tes} à G. les 25 et 27 mars.
30 avril.....	+0.81	-4.2	1	"	"	"	"	"	"	"	"	1 obj ^{tes} à W. le 25.
30 avril.....	+0.63	-2.5	1	+0.71	+1.04	1	+0.60	-2.3	4	+0.66	-2.16	1 seule obj ^{tes} à W. le jour de l'occlusion.
30 avril.....	+0.81	-4.2	"	"	"	"	+0.76	-2.4	1	"	"	2 à P. le 23 avril.
30 avril.....	+0.63	-2.5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2 à G. les 20 et 21.
1907. 17 décembre.....	"	"	"	"	"	"	"	"	"	+0.72	-3.35	1 à W. le 21.
17 décembre.....	+0.35	+2.1	1	+0.38	+2.26	"	"	"	"	+0.38	+2.26	2 obj ^{tes} à P. le jour de l'occlusion.
17 décembre.....	"	"	"	+0.30	+1.43	4	"	"	"	+0.23	+1.56	2 obj ^{tes} à G. le jour de l'occlusion.
17 décembre.....	"	"	"	+0.37	+1.86	"	"	"	"	+0.27	+1.80	1 obj ^{tes} à P. le jour de l'occlusion.
7 janvier.....	"	"	"	+0.37	+0.70	"	"	"	"	+0.27	+0.70	4 obj ^{tes} à G. le jour de l'occlusion.
13 janvier.....	"	"	"	+0.36	+0.30	"	"	"	"	+0.26	+0.30	1 obj ^{tes} à P. le jour de l'occlusion.
13 janvier.....	"	"	"	+0.49	+2.90	"	"	"	"	+0.49	+2.90	4 obj ^{tes} à G. le jour de l'occlusion.
35 janvier.....	"	"	"	+0.49	+3.30	"	"	"	"	+0.49	+3.30	1 obj ^{tes} à G. le 27 janvier.
29 janvier.....	"	"	"	+0.43	+3.60	"	"	"	"	+0.43	+3.60	1 obj ^{tes} à G. le jour de l'occlusion.
29 janvier.....	"	"	"	+0.36	+0.56	"	"	"	"	+0.36	+0.56	1 obj ^{tes} à G. le 27 janvier.
13 février.....	"	"	"	+0.41	-1.30	"	"	"	"	+0.41	-1.30	4 obj ^{tes} à G. le jour de l'occlusion.
14 février.....	"	"	"	+0.43	-0.30	"	"	"	"	+0.43	-0.30	4 obj ^{tes} à G. le jour de l'occlusion.
8 avril.....	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2 obj ^{tes} à G. le jour de l'occlusion.

G = Observatoire de Greenwich.

W = Observatoire de Washington.

P = Observatoire de Paris.

L'observatoire de Greenwich nous a seul communiqué les corrections aux coordonnées lunaires pour l'année 1908.

En nous inspirant de ces opinions autorisées qui, sans être contradictoires, ne présentent pas une complète unité de vue, nous avons procédé ainsi qu'il suit :

1° Lorsque deux corrections ou plus nous sont données pour le jour de l'occultation, nous adoptons la moyenne de ces corrections (affectées de poids égaux) ;

2° Lorsqu'une seule correction nous est donnée pour le jour de l'occultation, nous utilisons au moins deux des corrections les plus proches de ce jour, le poids affecté à la correction du jour de l'occultation étant *au moins égal* à la somme des poids des autres corrections ;

3° Lorsqu'aucune correction ne nous est fournie pour le jour de l'occultation, nous adoptons la moyenne des corrections des jours les plus voisins affectées de poids décroissants, d'après leur éloignement du jour considéré.

Pour simplifier les calculs, au lieu de déterminer les corrections C et C' à adopter, nous avons déterminé directement les différences $C-C_n$ et $C'-C'_n$.

En ce qui concerne les corrections de l'année 1908, nous avons dû adopter les chiffres qui nous ont été gracieusement envoyés par l'Observatoire de Greenwich, les travaux des autres observatoires s'arrêtant à l'année 1907.

Nous avons ainsi formé le tableau ci-contre (p. 242).

Ayant déterminé pour chaque occultation les valeurs *les plus probables* des corrections à appliquer aux coordonnées lunaires pour le jour considéré, nous avons obtenu la valeur de $(d\omega)_0$ par la formule de la page 234, dans laquelle π_0 et δ_0 ont été calculés pour l'heure de Paris T_0 de la conjonction vraie en ascension droite de l'étoile et de la Lune ; n_0 , N_0 et ψ ayant déjà été utilisés dans le calcul de l'occultation.

Les nouvelles valeurs de la longitude ainsi déterminées, auxquelles nous avons appliqué les légères corrections d'altitude ⁽¹⁾, ont été réunies dans le tableau ci-après (p. 244).

for me, by employing a computer, to compute the corrections which you ask for in your letter of April 19, without a delay I hope of more than a month. At any rate I shall do the best I can to supply you with these data.

Yours very respectfully,

S. NEWCOMB,

per (Mrs) M. C. V. NEWCOMB.

SIR,

Allow me to say that my husband has been suffering for months with a disease who may prove fatal at any time and will probably do so before next year. While unable to rise from his bed he has just finished the astronomical Tables and we hope he will live to see them published.

Mrs S. NEWCOMB.

(1) Voir page 228.

TABLEAU DES OCCULTATIONS OBSERVÉES DANS LA RÉGION DU TCHAD.

LIEU.	DATES.	ÉTOILES.	GRAN- DEUR.	PRÉVISION.	LONGITUDE PRÉVUE du point d'observation.	OBSER- VATION du point d'observation.	LONGITUDE		Valeur de α en sec.	POIDS			PRODUIT.	OBSERVATIONS.
							observée du point d'observation.	observée à Beno.		admettant de la parallaxe en D. G.	admettant du transport de longue.	admettant.		
Koukoum.	1962. 21 décembre.	63 Taurus.	5,9	Inconnue.	α 14° 15' 00"	α 14° 15' 00"	α 14° 15' 17"	α 14° 15' 17"	α 15,6	4	5	11,5	619,043	
Idem.	1963. 1 ^{er} janvier.	119 Taurus.	"	Idem.	α 11 13 00	α 11 13 00	α 11 13 20	α 11 13 20	α 1,100	4	5	10,4	563,040	
Koukouchou Koukouchou.	11 février.	6,299 B. A. C.	"	Inconnue.	α 11 01 56	α 11 01 56	α 11 01 56	α 11 01 56	α 1,554	"	5	3,8	259,808	
Fort Prédal.	11 mars.	11,829 Lédale.	"	Inconnue.	α 11 25 31	α 11 25 31	α 11 25 31	α 11 25 31	α 1,957	3	2	6,7	131,519.	
Idem.	Idem.	186 Wémo.	"	Idem.	α 11 24 28	α 11 24 28	α 11 24 28	α 11 24 28	α 1,994	3	2	2,6	171,801	
Koukou.	12 avril.	1 Érythrée.	5,9	Idem.	α 17 03 03	α 17 03 03	α 17 03 21	α 17 03 21	α 1,975	3	3	4,7	157,905	
Idem.	13 avril.	2,062 B. A. C.	"	Idem.	α 17 07 10	α 17 07 10	α 17 07 11	α 17 07 11	α 1,908	4	4	8,3	157,038	
Idem.	1967. 11 décembre.	ψ, Verseau.	4,1	Idem.	α 11 01 33	α 11 01 33	α 11 01 33	α 11 01 33	α 1,109	4	5	2,6	161,160	
Idem.	Idem.	ψ, Verseau.	3,7	Idem.	α 11 09 10	α 11 09 10	α 11 09 10	α 11 09 10	α 1,055	4	5	5,1	166,071	
Beno.	17 décembre.	7,812 Lédale.	6,3	Idem.	α 12 15 56	α 12 15 56	α 12 15 56	α 12 15 56	α 1,560	5	5	12,6	710,776	
Koukou.	1968. 7 janvier.	73 Verseau.	6,0	Idem.	α 11 00 30	α 11 00 30	α 11 00 30	α 11 00 30	α 1,088	3	5	5,7	109,925	
Beno.	13 janvier.	987 B. A. C.	6,3	Idem.	α 12 11 71	α 12 11 71	α 12 11 71	α 12 11 71	α 1,330	4	5	6,6	333,016	
Idem.	13	7,591 Lédale.	7,0	Idem.	α 12 18 01	α 12 18 01	α 12 18 01	α 12 18 01	α 1,173	4	5	9,9	157,999	
Beno.	13	878 Wémo.	7,0	Inconnue.	α 12 17 01	α 12 17 01	α 12 17 01	α 12 17 01	α 1,049	"	5	2,0	200,014	
N'Gallou.	15	878 Wémo.	6,5	Idem.	α 12 17 01	α 12 17 01	α 12 17 01	α 12 17 01	α 1,049	"	4	1,3	156,045	
Beno.	17	9 Balaire.	5,9	Idem.	α 12 16 15	α 12 16 15	α 12 16 15	α 12 16 15	α 1,055	3	5	(2,0)	"	Pour mémoire.
Beno.	19	58 Ophiocéphale.	5,4	Idem.	α 13 11 17	α 13 11 17	α 13 11 17	α 13 11 17	α 1,078	"	5	(2,3)	"	Idem.
Idem.	19	5,092 B. A. C.	4,8	Idem.	α 13 11 55	α 13 11 55	α 13 11 55	α 13 11 55	α 1,119	"	5	1,4	150,888	
Beno.	11 février.	9 Gémme.	3,0	Inconnue.	α 13 08 39	α 13 08 39	α 13 08 39	α 13 08 39	α 1,170	5	5	10,0	629,577	
Idem.	19	9 Gémme.	3,0	Inconnue.	α 13 10 18	α 13 10 18	α 13 10 18	α 13 10 18	α 1,108	5	5	15,5	791,160	
Idem.	15	9 ^h Érythrée.	3,6	Inconnue.	α 13 07 31	α 13 07 31	α 13 07 31	α 13 07 31	α 1,159	5	5	11,9	605,048	
Koukou.	8 avril.	793 Wémo.	6,6	Idem.	α 17 00 00	α 17 00 00	α 17 00 00	α 17 00 00	α 1,909	4	4	6,3	216,913	
Egou.	14 mai.	20,998 Lédale.	6,7	Idem.	α 13 16 16	α 13 16 16	α 13 16 16	α 13 16 16	"	"	"	"	"	Idem.
Total.										138,9			7,433,013	
Longitude adoptée pour Beno (compensée) = α 12° 55' 00"														
Report à Koukoum = α 1 00 55														
Longitude adoptée pour Koukoum (signal Jackson) = α 0° 44' 54",32 = 11° 12' 34"														

L'examen de ce tableau appelle les remarques suivantes :

1° L'occultation de Zigueï a été éliminée, les corrections aux coordonnées lunaires nous manquant pour le 12 mai 1908;

2° Les émersions de η Balance et de 58 Ophiuchus les 27 et 29 janvier à Bosso avaient donné dans un calcul provisoire des résultats normaux. Ceux-ci ont été affectés de *corrections négatives* entraînant deux longitudes de Bosso très divergentes de celles obtenues d'autre part. Ce sont les seules corrections occidentales qui aient été apportées aux longitudes déterminées par occultation. Toutes les autres corrections sont orientales.

Remarquons que les émersions de η Balance et 58 Ophiuchus étant voisines de l'appulse, leur angle au pôle Pe est faible et par suite ($N_0 - \psi$) voisin de 90° d'où $\cos(N_0 - \psi)$ voisin de 0. L'influence de la correction $d\alpha_\epsilon$, qui est toujours positive et généralement beaucoup plus forte que la correction $d\delta_\epsilon$, se trouve donc très réduite.

Supposons erronée de $5''^{(1)}$ la valeur de $d\delta_\epsilon$; faisons par exemple :

Le 27 janvier $d\delta_\epsilon = -1'',80$ au lieu de $+3'',20$;

Le 29 janvier $d\delta_\epsilon = -1'',60$ au lieu de $+3'',40$.

Nous obtenons pour valeur de la correction de longitude :

Par η Balance $(d\omega)_6 = +11'',25$ d'où $G_{\text{Bosso}} = 0^h 43^m 57^s,90$;

Par 58 Ophiuchus $(d\omega)_6 = +12'',24$ d'où $G_{\text{Bosso}} = 0^h 43^m 54^s,71$.

Ainsi donc, une correction légère à la valeur de $d\delta_\epsilon$ suffirait à rendre acceptables les longitudes provenant de ces deux occultations.

Nous avons demandé confirmation à l'Observatoire de Greenwich des signes et des valeurs absolues des corrections $d\delta_\epsilon$ les 25 et 27 janvier. Il nous fut répondu « que le signe $+$ est exact dans la correction à laquelle nous nous référons ($+3''40$); mais, comme elle dépend d'une *seule observation* au cercle de passage le 27 janvier, elle n'est peut-être pas très valable⁽²⁾ ».

Dans le calcul de la longitude adoptée pour Bosso, nous avons donc négligé les valeurs provenant de η Balance et 58 Ophiuchus.

3° Si les corrections $d\alpha_\epsilon$ et $d\delta_\epsilon$ aux coordonnées lunaires étaient rigoureusement exactes, chaque occultation donnerait une même valeur de la longitude de Bosso aux erreurs près affectant : 1° le transport du temps; 2° l'observation de l'heure locale; 3° la détermination de la latitude; 4° les

⁽¹⁾ Nous verrons ultérieurement que cette hypothèse est tout au moins justifiée et que l'incertitude pesant sur la valeur des corrections aux coordonnées lunaires dépasse souvent $5''$ (p. 249).

⁽²⁾ « In reply to your letter of August 13, I have to inform you that the *plus* sign is quite correct in the correction to which you refer ($+3'',40$), but as it depends on a single observation with the transit circle on January 27, it is not perhaps very reliable. »

coordonnées de l'étoile; 5° la parallaxe lunaire; 6° la valeur de l'aplatissement terrestre; 7° le demi-diamètre apparent de la Lune.

Nous avons vu que les corrections provenant des six premières catégories ne portent que sur des fractions de seconde et sont, par conséquent, négligeables vis-à-vis des discordances constatées qui dépassent 14^{sec}. Il faudrait donc attribuer ces discordances au demi-diamètre lunaire.

Mais si importante que soit cette cause d'erreurs que nous étudierons ultérieurement, il convient de remarquer que les corrections da_{ϵ} et $d\delta_{\epsilon}$ présentent elles-mêmes une grande incertitude et que cette incertitude n'est que légèrement atténuée par la multiplicité des observations méridiennes effectuées par les astronomes le jour de l'observation.

Or, si nous consultons le tableau de la page 238, nous voyons que les 23 occultations rapportées à Bosso peuvent être classées ainsi qu'il suit, d'après le nombre de corrections fournies par les observatoires pour le jour de l'observation :

6 manquent de correction da_{ϵ} $d\delta_{\epsilon}$;

5 n'ont qu'une seule correction;

6 ont 2 corrections;

2 ont 3 corrections;

3 ont 4 corrections;

1 a 5 corrections.

Remarquons, en outre, que les résultats les plus divergents correspondent précisément aux jours où les corrections da_{ϵ} et $d\delta_{\epsilon}$ ont été déduites non d'observations faites au jour considéré, mais d'observations de la Lune faites un peu avant et un peu après.

Considérons, par exemple, les cinq occultations dont les résultats sont les plus éloignés de la moyenne :

	DATES.	CORRECTION da_{ϵ} $d\delta_{\epsilon}$.
6294 BAC.....	11 févr. 1904	0
878 Weisse.....	25 janv. 1908	0
η Balance.....	27 janv. 1908	1
58 Ophiuchus.....	29 janv. 1908	0
186 Weisse.....	24 mars 1904	1

Ainsi donc, 3 occultations sur 5 ont été observées à des époques pour lesquelles nous ne possédons aucune correction aux coordonnées lunaires et nous allons voir, d'autre part, quelle imprécision présente la valeur des corrections da_{ϵ} , $d\delta_{\epsilon}$ déduites d'une seule observation méridienne.

A. Sur le tableau qui nous a été obligeamment communiqué par l'Observatoire de Paris, nous constatons les divergences suivantes, entre les corrections à apporter à la *Connaissance des Temps*, pour l'ascension droite et la distance polaire de la Lune, par deux observations méridiennes effectuées le

même jour : 1° par le grand instrument méridien; 2° par les instruments de Gambey.

DATE.	CORRECTIONS DE LA CONNAISSANCE DES TEMPS					
	EN ASCENSION DROITE.			EN DISTANCE POLAIRE.		
	Grand instrument méridien.	Instruments de Gambey.	Divergence.	Grand instrument méridien.	Instruments de Gambey.	Divergence.
1903.						
5 février....	"	"	"	+ 5",1	+ 0",8	4",3
10 mars.....	"	"	"	- 5,0	- 7,2	2,2
6 avril.....	- 1",19	- 1",64	6",75	"	"	"
7.....	"	"	"	- 6,9	- 9,2	2,3
10.....	"	"	"	- 6,1	- 9,2	3,1
6 mai.....	- 1,08	- 1,41	4,95	"	"	"
10 juillet....	- 1,36	- 1,79	6,45	"	"	"
2 novembre..	- 1,51	- 1,78	4,05	"	"	"
30 décembre..	- 1,25	- 1,61	5,40	"	"	"
1904.						
28 mars.....	- 1,39	- 1,70	4,65	"	"	"

B. Sur les tableaux qui nous ont été obligeamment communiqués par l'Observatoire de Greenwich, nous relevons les divergences suivantes, entre les erreurs apparentes du *Nautical Almanac* pour l'ascension droite et la distance polaire de la Lune, déterminées par deux observations méridiennes effectuées le même jour : 1° par le *transit circle*; 2° par l'*altazimut*.

DATE.	CORRECTIONS DU NAUTICAL ALMANAC					
	EN ASCENSION DROITE.			EN DISTANCE POLAIRE.		
	Transit-circle.	Alt-azimuth.	Divergence.	Transit-circle.	Alt-azimuth.	Divergence.
1903.						
7 septembre..	+ 0",24	+ 0",03	3",15	- 2",14	+ 0",87	3",01
28.....	"	"	"	- 0,67	+ 1,52	2,19
30.....	- 0,53	- 0,19	5,10	"	"	"
4 décembre..	+ 0,02	- 0,21	3,45	"	"	"
1904.						
30 mars.....	"	"	"	- 2,21	- 5,94	3,73
1907.						
21 janvier....	- 0,43	- 0,23	3,00	"	"	"
21 février....	"	"	"	- 1,53	+ 1,59	3,05
22.....	- 0,79	- 0,51	4,20	"	"	"
30 mars.....	- 0,15	- 0,35	3,00	"	"	"
24 mai.....	"	"	"	- 7,09	- 2,12	4,97
26 mai.....	- 0,55	- 0,27	4,20	"	"	"
22 juin.....	"	"	"	- 3,32	+ 0,45	3,77
22 septembre..	"	"	"	+ 3,40	+ 4,00	3,60
14 novembre..	- 0,16	- 0,46	4,50	"	"	"
19.....	- 0,27	- 0,03	3,60	"	"	"
21.....	"	"	"	+ 0,78	- 3,05	3,83

C. Nous n'avons pu faire les mêmes comparaisons sur le tableau que nous a communiqué l'Observatoire de Washington, ce tableau ne comprenant qu'une seule catégorie d'observations.

Mais si nous comparons les corrections fournies par les trois Observatoires de Paris, de Greenwich, de Washington, ramenées à une même origine, nous constatons des divergences analogues (voir le tableau de la page 238).

DATE.	PARIS.		GREENWICH.		WASHINGTON.		DIVERGENCE MAXIMA.	
	$C-C_N$	$C'-C'_N$	$C-C_N$	$C'-C'_N$	$C-C_N$	$C'-C'_N$	$C-C_N$	$C'-C'_N$
1904.								
11 février.....	$\left\{ \begin{array}{l} + 0^{\circ}01 \\ + 0,10 \end{array} \right\}$	"	$+ 0^{\circ}33$	"	$+ 0^{\circ}06$	"	$4^{\circ}80$	"
24 mars.....	"	"	"	$+ 1^{\circ}17$	"	$\left\{ \begin{array}{l} - 0^{\circ}4 \\ - 2,4 \end{array} \right\}$	"	$3^{\circ}57$
22 avril.....	"	$\left\{ \begin{array}{l} - 4^{\circ}20 \\ - 2,50 \end{array} \right\}$	"	$+ 1,04$	"	$\left\{ \begin{array}{l} - 2,3 \\ - 2,4 \end{array} \right\}$	"	$5,94$
1907.								
16 avril.....	$+ 0,48$	$- 1,40$	$+ 0,24$	$+ 3,30$	"	"	$3,60$	$- 4,70$
2 mai.....	"	$+ 2,65$	"	$+ 7,75$	"	"	"	$5,10$
13 octobre.....	$+ 0,26$	"	$+ 0,52$	"	"	"	$3,90$	"
	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.

Les divergences constatées, entre des observations également bonnes, dépassent donc parfois 5". Elles peuvent nous donner une idée de l'imprécision relative d'une correction $d\alpha_\epsilon$, $d\delta_\epsilon$ déterminée par une seule observation méridienne.

Cette imprécision augmente encore dans des proportions qu'il est difficile de déterminer, lorsqu'aucune observation méridienne n'ayant été faite le jour de l'observation, on adopte la correction déterminée le jour le plus voisin.

Prenons un exemple caractéristique dans la période qui nous intéresse, exemple que nous avons déjà envisagé pour expliquer les résultats anormaux que donnent les occultations de η Balance et 58 Ophiuchus.

Du 25 au 29 janvier, nous avons observé à Bosso cinq occultations. Pendant cette période, une seule observation méridienne a été effectuée à l'Observatoire de Greenwich le 27 janvier. Les résultats de cette observation ont été seuls adoptés⁽¹⁾ pour les 25, 27 et 29 janvier; nous en avons conclu pour $C-C_N$ ou $d\alpha_\epsilon$ les valeurs suivantes :

25 janvier.....	$+ 7^{\circ}35$
27 janvier.....	$+ 7^{\circ}35$
29 janvier.....	$+ 6^{\circ}45$

(1) Conformément aux indications du Directeur de l'Observatoire de Greenwich.

Supposons une erreur de $5''$ sur la détermination de l' $\mathcal{A}$ de la Lune le 27 janvier, ou, ce qui revient au même, une variation de l' $\mathcal{A}$ de la Lune de $5''$ entre le 27 janvier et le 25 ou le 29.

Cherchons quelle serait l'influence d'une correction de $\pm 5''$ à l' $\mathcal{A}$ de la Lune pour les cinq occultations comprises entre le 25 et le 27 janvier; faisons :

$$d\alpha = \pm 5''$$

dans la formule (p. 234).

La correction de la longitude résultante est résumée dans le tableau suivant :

LIEU.	DATE.	ÉTOILE.	PHÉNOMÈNE.	CORRECTION ($d\omega$) ₀
	1908.			
Bosso.....	25 janvier.....	878 Weisse....	Émersion.	$\pm 10^s 04$
N'Gollom.....	25.....	878 Weisse....	Idem.	$\pm 9,85$
Bosso.....	27.....	7 Balance....	Idem.	$\pm 1,55$
Idem.....	29.....	58 Ophiuchus..	Idem.	$\pm 6,08$
Idem.....	29.....	5.992 B. A. C....	Idem.	$\pm 8,42$

Cherchons, d'autre part, quelle serait l'influence d'une correction de $5''$ à la D de la Lune dans le groupe d'occultations considérées.

Faisons :

$$d\delta_{\epsilon} = \pm 5''$$

dans la formule (p. 234).

La correction de longitude résultante est exprimée dans le tableau suivant :

LIEU.	DATE.	ÉTOILE.	PHÉNOMÈNE.	($d\omega$) ₀
	1908.			
Bosso.....	25 janvier.....	878 Weisse....	Émersion.	$\pm 0^s 14$
N'Gollom.....	25.....	878 Weisse....	Idem.	$\mp 0 31$
Bosso.....	27.....	7 Balance....	Idem.	$\mp 24 98$
Idem.....	29.....	58 Ophiuchus..	Idem.	$\mp 13 75$
Idem.....	29.....	5.992 B. A. C....	Idem.	$\pm 6 55$

Nous voyons donc qu'une erreur d'observation de $5''$ sur l'une des coordonnées de la Lune peut, dans un cas défavorable, influencer sur la longitude de $24^s,98^{(1)}$.

Si nous nous rappelons que les corrections aux coordonnées lunaires appli-

⁽¹⁾ Ainsi donc, la longitude d'un point déterminée par une seule occultation observée en d'excellentes conditions peut être entachée d'une erreur dépassant 10 kilomètres ($24^s,98$).

quées aux cinq occultations considérées n'ont été déterminées que par une seule observation méridienne le 27 janvier, on voit quelle imprécision comporte la méthode; et si nous remarquons que l'application des corrections aux coordonnées lunaires n'a pas réduit la divergence que présentaient entre elles les 23 occultations ramenées à Bosso, on peut se demander si l'élément d'incertitude que comportent ces corrections légitime leur introduction dans le calcul de la longitude.

On peut du moins constater que cet élément d'incertitude provient d'erreurs dans les observations méridiennes, erreurs accidentelles et fortuites, alors que nos longitudes étaient primitivement entachées d'une erreur systématique, ainsi que nous l'avons montré.

Si donc, sans réduire une erreur, nous modifions son caractère, si de systématique qu'elle était nous la rendons accidentelle, nous augmentons sensiblement la précision, en conservant toute leur importance à la multiplicité de nos observations. L'emploi de nouvelles valeurs pour les coordonnées lunaires, si imprécises soient-elles, aurait-il ce seul avantage, qu'il serait encore largement justifié.

Nous vérifierons d'ailleurs ultérieurement, par la voie empirique⁽¹⁾, que les longitudes résultant de nos trois groupes d'occultations, de Konni, de Zinder et de Bosso, présentent les plus grandes garanties d'exactitude.

VII. Influence d'une correction au demi-diamètre apparent de la Lune (ou à la constante K).

La Lune possédant des irrégularités physiques importantes (certains sommets atteignent 8,000 mètres de relief), ses bords présentent des saillies et des dépressions qui empiètent de part et d'autre de la circonférence moyenne du disque. Il en résulte que le demi-diamètre apparent vrai de notre satellite, correspondant au point du disque où a été observée l'occultation, peut différer notablement du demi-diamètre moyen utilisé dans la rédaction des calculs.

M. Lagrula⁽²⁾, après avoir déterminé le niveau moyen du bord lunaire sur les cartes de l'atlas photographique de MM. Læwy et Puiseux, a mesuré, par rapport à ce niveau moyen, la hauteur ou la profondeur d'un point de latitude sélénographique donné.

Les écarts ainsi mesurés sur le bord Ouest sont compris entre les limites suivantes :

$$\begin{aligned} &+ 1'',8 \text{ à la latitude de } - 75^\circ \\ &- 2'',8 \text{ à la latitude de } - 3^\circ. \end{aligned}$$

⁽¹⁾ Voir page 257.

⁽²⁾ J. LAGRULA, *Études sur les occultations d'amas d'étoiles par la Lune.*

Si nous adoptons pour le demi-diamètre et la parallaxe lunaires les valeurs de la C. des T.

$$\rho_0 = 15' 32'',8,$$

$$\pi_0 = 57' 02'',7,$$

valeurs liées par la relation :

$$\frac{\sin \rho_0}{\sin \pi_0} = K$$

nous voyons que, pour un accroissement de $+1'',8$ du demi-diamètre, correspond un accroissement de $+0,00053$ pour la valeur de K , et à une correction de $-2'',8$ correspond une correction de $-0,00082$ pour la valeur de K .

Or, à une correction dK de la constante K correspond une correction de longitude :

$$d\omega = - \frac{dK}{n_0 \cos (P_i, e - N_0)},$$

c'est-à-dire, en fraction d'heure,

$$d\omega = - \frac{dK}{n_0 \sin \psi} (\text{Immersion}),$$

$$d\omega = + \frac{dK}{n_0 \sin \psi} (\text{Émersion})^{(1)}.$$

L'angle ψ pouvant varier de 0° à 180° , la correction $d\omega$ pourra prendre toutes les valeurs entre $-\infty$ et $+\infty$.

Remarquons que $d\omega$ est inversement proportionnel à $n_0 \sin \psi$; il sera donc d'autant plus petit que ψ sera plus voisin de 90° et, par suite, que l'occultation sera plus centrale.

Cherchons, pour le groupe d'occultations observées à Bosso, l'influence que produirait sur la longitude une correction de la constante K correspondant à un écart de $-2'',8$ sur le demi-diamètre lunaire.

Soit

$$dK = -0,00082.$$

DATE.	ÉTOILE.	PHÉNOMÈNE.	($d\omega$).
11 décembre.....	ψ_2 Verseau.....	Immersion.	+ 19,56
11.....	ψ_3 Verseau.....	Idem.	+ 11,69
17.....	7.813 Lalande.....	Idem.	+ 5,44
7 janvier.....	74 Verseau.....	Idem.	+ 11,89
18.....	987 B. A. C.....	Idem.	+ 8,89
13.....	7.524 Lalande.....	Idem.	+ 20,04
25.....	878 Weisse.....	Émersion.	- 5,62
27.....	η Balance.....	Idem.	- 14,36
29.....	58 Ophiuchus.....	Idem.	- 9,01
29.....	5.992 B. A. C.....	Idem.	- 6,63

⁽¹⁾ TRÉPIED, *Tables et cartes d'occultations*, p. 74.

L'influence considérable que produit sur la longitude une erreur affectant le demi-diamètre lunaire, étant ainsi mise en évidence, il nous a paru intéressant de rechercher s'il n'était pas possible d'atténuer cette erreur, par l'examen des régions de la carte lunaire où se sont produites les occultations observées.

Nous nous sommes adressés à M. Puiseux, l'un des auteurs de l'atlas photographique de la Lune, dont l'opinion est particulièrement autorisée.

Il est certain, nous a dit M. Puiseux, qu'une longitude déduite d'une observation d'occultation peut être susceptible de recevoir une correction assez forte du fait d'une irrégularité existant au bord de la Lune au point de disparition ou de réapparition de l'étoile, et il y a des cas où l'examen d'une photographie permettrait de faire cette correction.

Mais les planches publiées de l'*Atlas photographique* correspondent à une certaine libration de la Lune et ne pourront être par conséquent utilisées, pour nos mesures correctives, que tout à fait exceptionnellement, dans le cas d'une libration analogue à celle de l'époque de l'observation du phénomène. Or, M. Puiseux pense que les dénivellations constatées sur la carte lunaire ne s'étendent pas en longitude et que, par suite, des dépressions du bord lunaire, telles que celle qui, envisagée ci-dessus, entraîne pour la longitude des corrections considérables, peuvent être entièrement comblées, pour une libration différente, par le profillement des régions voisines.

Il conviendrait donc d'établir des cartes du bord lunaire pour 4 ou 5 librations différentes. L'importante collection de clichés lunaires rassemblée à l'Observatoire de Paris répondrait bien à toutes les exigences, mais au prix d'un travail de mesure et de calcul considérable.

Il faudrait, pour une occultation donnée, rechercher le cliché utile du bord lunaire correspondant à la libration la plus voisine de celle de l'époque considérée, puis tracer le niveau moyen du bord lunaire. La Lune n'étant pas une figure à centre, le tracé de ce niveau moyen serait particulièrement difficile sur les feuilles d'agrandissement telles qu'elles sont reproduites. D'autre part, les valeurs relatives des dénivellations du bord lunaire ne présenteraient plus aucune garantie d'exactitude sur une épreuve photographique à petite échelle, les faibles écarts à mesurer étant de l'ordre des erreurs de reproduction sur papier.

Le bord moyen du disque lunaire étant tracé, il serait possible, mais à l'aide de mesures d'une précision extrême, d'évaluer, par rapport à ce niveau moyen, la hauteur ou la profondeur d'un point de latitude sélénographique donné.

Ce travail serait toutefois irréalisable dans les régions polaires pour lesquelles les clichés photographiques donnent une succession de taches blanches où il est impossible de discerner le bord du disque.

M. Puiseux nous a d'ailleurs obligeamment communiqué une liste d'ouvrages traitant de la question et en particulier ceux de :

J. LAGRULA, « Études sur les occultations d'amas d'étoiles par la Lune » et « Études sur les mesures d'appulse pendant les observations d'occultations » (*Bulletin astronomique*, t. XX, p. 372).

S. BIELAWSKY, « Mesures de quelques irrégularités du bord de la Lune » (*Bulletin astronomique*, t. XXV, p. 449).

F. HAYN, « Selenographische Coordinäten » (Extrait des *Mémoires de la Société royale des sciences de Saxe*). Leipzig, Teubner, 1907.

D'après M. RADAU (*Bulletin astronomique*, t. XXVI, p. 47-48), cet ouvrage contient une planche représentant la topographie du contour par des courbes de niveau très serrées.

Ce travail répondrait en partie au but que nous nous proposons, puisque les courbes de niveau nous permettraient de tracer assez aisément, pour une libration donnée, le profil du disque correspondant.

Mais M. Puiseux pense que le but de M. Hayn a été plutôt de donner une indication que de publier un document sur lequel puissent être effectuées les mesures précises qui nous sont nécessaires. En résumé, le travail de calcul et de mesure que comporte la détermination d'une correction au demi-diamètre lunaire, paraît hors de proportion avec le résultat à atteindre, résultat qui lui-même serait encore entaché des erreurs d' $\mathcal{A}_\epsilon$ et de D_ϵ , puisque les corrections apportées à ces éléments par les différents observatoires, pour un jour donné, présentent de sensibles discordances.

Le seul conseil vraiment pratique, conclut M. Puiseux, qui puisse être donné aux voyageurs, serait d'examiner, sur le terrain, la région lunaire où doit se produire l'occultation, d'observer si le phénomène a lieu dans le fond d'une dépression ou au sommet d'une ondulation et d'estimer le nombre de secondes que met l'étoile à parcourir la dénivellation constatée.

Remarquons enfin qu'il est facile d'atténuer considérablement l'influence d'une erreur provenant du demi-diamètre, en faisant correspondre dans la détermination de la longitude les poids les plus forts aux valeurs les plus grandes de la quantité $n_0 \sin \psi$, ou, en d'autres termes, d'attribuer la plus grande importance aux occultations les plus centrales.

DÉTERMINATION DE LA LONGITUDE DE BOSSO. POIDS À DONNER AUX OCCULTATIONS.

Nous avons vu quelles considérations nous ont amené à reporter sur Bosso les occultations de la région du Tchad. Ce village étant parfaitement lié à Koukaoua, nous en déduirons la longitude de l'ancienne capitale du Bornou sur laquelle viennent s'appuyer tous les travaux géodésiques de l'Afrique centrale.

Il résulte de la discussion précédente, que nous avons obtenu, pour le même lieu, plusieurs valeurs de la longitude provenant des occultations d'étoiles différentes et que chacune de ces valeurs, prise isolément, ne représente qu'une approximation de la longitude cherchée. Il convient maintenant de nous demander comment nous devons combiner entre elles ces différentes valeurs, inégalement influencées par les causes d'erreurs envisagées.

Parmi ces causes d'erreurs nous avons seulement retenu celles qui paraissent prépondérantes et les avons groupées en trois parties⁽¹⁾ :

1° *Erreurs provenant d'une correction inexacte appliquée aux coordonnées de la Lune.*

Nous avons vu, d'une part, que les valeurs déduites des observations méridiennes des observatoires pour l' $\mathcal{A}_\epsilon$ et la D_ϵ présentent entre elles, pour le même jour, des discordances sensibles, et d'autre part, qu'une correction aux coordonnées lunaires, déterminée pour un jour donné, n'apporte que des renseignements très incertains sur la valeur des corrections à appliquer les jours voisins.

Nous avons donc tenu compte de la précision relative avec laquelle ont été déterminées l' $\mathcal{A}_\epsilon$ et la D_ϵ le jour de l'occultation, en affectant chaque résultat de longitude de l'un des poids suivants :

Le poids 2, lorsqu'aucune observation méridienne n'a été effectuée le jour de l'observation de l'occultation.

Le poids 3, lorsqu'une seule observation méridienne a été effectuée le jour de l'observation de l'occultation.

Le poids 4, lorsque la correction a été déterminée à l'aide de 2 ou 3 observations méridiennes.

Le poids 5, lorsque la correction a été déterminée à l'aide de 4 ou 5 observations méridiennes.

2° *Incertitude provenant d'une erreur affectant le demi-diamètre lunaire (ou la constante K).*

Dans l'expression

$$d\omega = \pm \frac{dK}{n_0 \sin \psi}$$

nous voyons que la correction en longitude provenant d'une erreur affectant la constante K est inversement proportionnelle à la quantité $n_0 \sin \psi$.

Il conviendra donc de tenir compte de la valeur de cette quantité dans la répartition des poids. Il y a toujours, nécessairement, quelque chose d'arbitraire

⁽¹⁾ Voir, p. 244 et 245, le *Tableau des occultations observées dans la région du Tchad*.

dans la fixation de ces poids, mais il semble qu'en les déterminant par des nombres proportionnels aux valeurs respectives de $n_0 \sin \psi$ pour les différentes occultations observées, on tiendra compte dans toute la mesure possible de l'inégalité des influences affectant les résultats individuels ⁽¹⁾. »

Remarquons, en outre, qu'en attribuant à chaque occultation un poids proportionnel à la valeur de $n_0 \sin \psi$, nous tenons compte des erreurs, moins importantes, provenant des divers éléments examinés antérieurement : l'heure locale observée du phénomène, la latitude du lieu, l'ascension droite et la déclinaison de l'étoile, la parallaxe horizontale équatoriale de la Lune, la valeur de l'aplatissement terrestre. Nous voyons, en effet, en examinant les divers termes de l'expression de $d\omega$, qu'ils ont pour la plupart en dénominateur le produit $n_0 \sin \psi$.

3° Incertitude provenant du transport du temps.

Nous avons réparti les occultations en trois groupes affectés de poids différents.

Le 1^{er} groupe comprend les occultations observées à Bosso même ou, dans son voisinage immédiat, en des points qui lui sont parfaitement reliés astronomiquement : Bandé, Baroa, Embouchure Komadougou, Koukaoua, Kaoua.

Le 2^e groupe comprend les occultations observées sur la rive Est du Tchad à Kamba et N'Gollom; ces points étant reliés à Bosso avec une approximation que nous avons étudiée d'autre part (longueur du transport du temps = 150 kilomètres environ).

Le 3^e groupe comprend les occultations observées au Kanem, à Ziguèr et à Fort-Pradié, ces points étant reliés à Bosso par une suite de transports du temps s'étendant sur 300 kilomètres environ.

Nous avons donné le poids 5 aux occultations du 1^{er} groupe, le poids 4 à celles du 2^e groupe et le poids 3 à celles du 3^e groupe.

Nous avons ainsi obtenu pour longitude de Bosso :

$$G. \text{ Bosso (campement)} = 0^h 43^m 53^s,69.$$

La liaison Bosso-Koukaoua a été effectuée avec un soin tout particulier (voir chapitre précédent) et ses résultats ont été contrôlés par ceux d'un chaînage effectué par la mission anglaise. Nous n'introduirons donc aucune erreur nouvelle, sensible, en reportant la longitude de Bosso sur celle de Koukaoua et nous pouvons adopter :

$$G. \text{ Koukaoua (signal Jackson)} = 0^h 44^m 54^s,32 = 11^{\circ} 13' 34'',8.$$

⁽¹⁾ TRÉPIED, *Tables et cartes d'occultation*, p. 79.

L'arpentage effectué par la mission anglaise avait donné pour le même point $11^{\circ} 13' 54''.78$, soit un écart de $20''$ (600^m) entre les deux résultats.

Nous manquons d'éléments de comparaison pour apprécier les précisions relatives de ces deux résultats dont la concordance paraît, d'ailleurs, satisfaisante. Mais nous pouvons admettre qu'un écart de 600 mètres est de l'ordre des erreurs de mesure possibles sur le trajet de 700 kilomètres qu'emprunte le cheminement de la mission anglaise entre Koukaoua et Kano, dernier point de longitude certaine sur lequel s'appuie la *traverse* anglaise. Remarquons, d'ailleurs, que les positions de Kano et de Koukaoua, sur des parallèles voisins, rend très incertain le contrôle apporté au cheminement par les déterminations astronomiques de latitude.

PRÉCISION RELATIVE DES LONGITUDES DÉTERMINÉES PAR OCCULTATIONS.

CONCLUSIONS.

La concordance que nous venons de constater pour les valeurs de la longitude de Koukaoua déduites, d'une part, des occultations observées par la Mission française et, d'autre part, des travaux d'arpentage de la Mission anglaise, n'implique pas, *a priori*, l'excellence des deux méthodes, la part d'incertitude qu'elles comportent ne permettant pas de les contrôler l'une par l'autre.

Mais une vérification plus concluante de la valeur des longitudes déduites des occultations a pu être faite à Zinder et à Konni.

Le poste de Zinder a été relié au village de Zongo par une série d'azimuts et un transport du temps effectué en circuit fermé, en excellentes conditions. Zongo est lui-même relié à Kano par les travaux d'arpentage de la Mission anglaise, et la longitude de Kano, point terminus de la ligne télégraphique anglaise, a été déterminée avec toute la précision désirable.

Nous en avons déduit, ainsi qu'il suit, la longitude de Zinder :

G. Kano (résidence)	=	$0^h 24^m 53^s,58$	par le télégraphe,
Dg. Kano-Zongo	=	$17^s,53$	par chaînage (mission anglaise),
Dg. Zinder (poste) — Zongo	=	$+ 2^m 00^s,52$	azimuts et T. T. (mission franç.),
d'où G. Zinder (poste)	=	$0^h 26^m 36^s,57$	

Or, en reportant à Zinder un groupe de 20 occultations observées dans la région du Demagherim, nous avons obtenu :

$$G. Zinder = 0^h 26^m 36^s,48.$$

La concordance de $0^s,09$ est très remarquable et d'ailleurs toute fortuite.

Une vérification plus probante encore a pu être faite au poste de Birni N'Konni.

Un poste télégraphique récemment installé à Konni nous a permis, au retour de la Mission, d'échanger des signaux entre Konni et Niamey, puis entre Niamey et la côte, et nous avons ainsi obtenu :

$$G. \text{ Konni (porte N.)} = 0^h 11^m 40^s,30.$$

Un groupe de 13 occultations observées antérieurement dans la région de Konni, traitées par la méthode exposée ci-dessus et reportées à la porte N. de Konni, nous a donné :

$$G. \text{ Konni (porte N.)} = 0^h 11^m 39^s,82$$

soit une divergence très faible ($0^s,48$ ou 216^m) entre les deux résultats.

Nous sommes donc amenés, par la voie empirique, à accorder une certaine confiance aux résultats déduits de nos occultations, et si l'on estime que les concordances constatées ci-dessus ne sont pas purement fortuites, nous pouvons considérer la longitude de Bosso et par suite celle de Koukaoua déduites des observations d'occultation approchée à $0^s,50$ près (225^m).

En somme, de la discussion ci-dessus, il résulte :

1° Que la détermination d'une longitude à l'aide d'un petit nombre d'occultations reste un procédé très imprécis, malgré certaines coïncidences entre des résultats qui peuvent être entachés d'erreurs systématiques ;

2° Qu'une longitude déduite d'un groupe d'une vingtaine d'occultations peut être acceptée, provisoirement, en l'absence de moyens de détermination plus précis, si l'on prend soin de les traiter convenablement pour corriger les erreurs systématiques d' $\mathcal{A}$ et atténuer dans la mesure du possible les erreurs accidentelles provenant du demi-diamètre lunaire ;

3° Que la longitude de Bosso (ou du centre de Koukaoua qui lui est parfaitement reliée), telle que nous la donnons au moyen de 23 observations d'occultation, peut être considérée comme approchée à $0^s,5$ près (225 mètres environ) ;

4° Que le voyageur, loin d'une ligne télégraphique terrestre, toutes les fois que cela lui sera possible, devra chercher à déterminer ses longitudes à l'aide de la télégraphie sans fil.

TROISIÈME PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE MÉTÉOROLOGIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

OBSERVATIONS FAITES PAR LA MISSION.

(NOVEMBRE 1907-17 JUILLET 1908.)

Les observations météorologiques dont nous donnons ici les résultats concernent la cuvette lacustre proprement dite du Tchad et ses abords immédiats, soit

Zigueï.

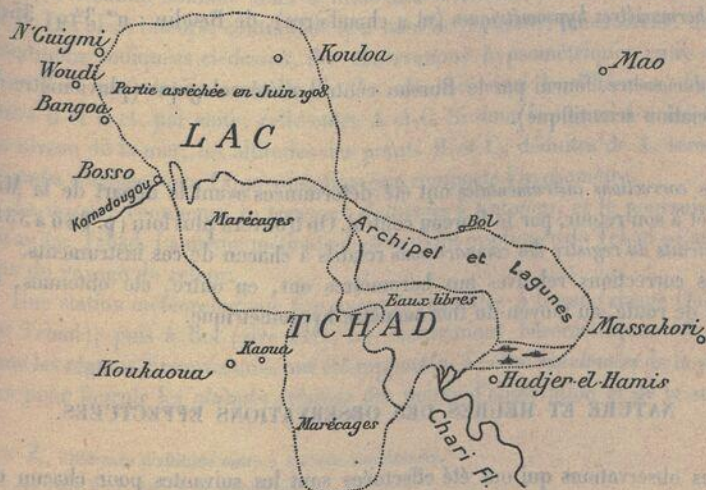


Fig. 1.

une zone comprise dans le polygone ayant pour sommets : Koukaoua, Bosso, Bangoa, Woudi, N'Guigmi, Kouloa, Zigueï, Mao, N'Gouri, Massakori, Hadjer el Hamis, embouchure du Chari, Koukaoua (fig. 1).

Ces observations ont été poursuivies sans interruption du 1^{er} novembre 1907 au 15 juillet 1908 par deux (ou trois) observateurs, suivant le cas, opérant en des points différents de la zone considérée.

INSTRUMENTS D'OBSERVATION.

Les instruments d'observation comprenaient :

4 baromètres anéroïdes : n^{os} 13484, 13485, 13486, 13488. Constructeur : V^o Poirelle et Doude;

2 baromètres anéroïdes (sans numéro), du dépôt de la Marine, provenant du Service géographique des Colonies;

6 thermomètres à maxima, de Tonnelot : n^{os} 23337, 23338, 23339, 23380, 23381, 23382;

6 thermomètres à minima, de Tonnelot : n^{os} 22444, 22445, 22446, 22600, 22601, 22602;

10 thermomètres frondes, de Tonnelot (y compris 4 thermomètres de rechange reçus en cours de mission);

3 thermomètres hypsométriques (et 2 chaudières), de Baudin : n^{os} 349, 350, 351;

1 pluviomètre, fourni par le Bureau central météorologique (pluviomètre de l'Association scientifique).

Les corrections instrumentales ont été déterminées avant le départ de la Mission, et à son retour, par le Bureau central. On trouvera plus loin (p. 336 à 338) les extraits du registre des comparaisons relatifs à chacun de ces instruments.

Les corrections relatives aux baromètres ont, en outre, été obtenues, en cours de route, au moyen du thermomètre hypsométrique.

NATURE ET HEURES DES OBSERVATIONS EFFECTUÉES.

Les observations qui ont été effectuées sont les suivantes pour chacun des instruments employés :

Baromètre anéroïde.	{	Lecture trois fois par jour, à 6 heures du matin, midi et 9 heures du soir. (Changement
Thermomètre fronde {	sec.	de système d'heures à l'arrivée au Tchad
	mouillé.	[voir p. 262.]

Thermomètres à maxima et à minima

Lecture chaque fois que le permettait la durée des stationnements. Les déplacements à peu près constants des observateurs chargés des observations météorologiques, leur mise en route à des heures quelconques du jour ou de la nuit n'ont permis que très rarement d'avoir les températures extrêmes; mais ces éléments ont été notés d'une façon continue lors de l'établissement de stations météorologiques permanentes au lac Tchad.

Pluviomètre

Lectures chaque fois que le permettaient les circonstances.

Thermomètre hypsométrique : *Altitudes*. Deux observateurs, pourvus chacun d'un *hypsomètre*, observaient *simultanément*, en des points (A et B) éloignés de 50 à 200 kilomètres, suivant le cas, et déterminaient en même temps, par le psychromètre, la température et le degré d'humidité qui interviennent dans la formule de Laplace ⁽¹⁾ :

$$Z = 18400 (1 + \alpha\theta) [1 + 0.00000098 (Z + 22)] (\log h' - \log h).$$

(Voir *Instructions météorologiques*, par A. Angot, édition 1903, Gauthier-Villars, p. 31.)

Cette formule donnait alors la différence d'altitude entre les deux stations A et B. Les observateurs, continuant leur marche en avant, effectuaient, dans les conditions indiquées ci-dessus, des observations hypsométriques entre la station B et une station nouvelle C. On obtenait ainsi la différence d'altitude entre B et C et, par suite, celle entre A et C. Si donc la station A a été choisie au niveau de la mer, les altitudes des points B et C, déduites de A, seront des *altitudes absolues*, avec l'approximation que comporte l'hypsomètre.

La mission commença ce *transport d'altitudes* à Cotonou, et le poursuivit jusqu'au lac Tchad. La même méthode de travail fut appliquée du Tchad à Cotonou, lors du voyage de retour.

Une station météorologique fixe ayant été installée à Bosso (rivage Ouest du lac Tchad), puis à Bol (rive Est), les observations barométriques effectuées dans les régions circonvoisines ont été rapportées à celles *simultanées* de la station fixe pour fournir les *altitudes relatives* des points d'observation et de la station.

⁽¹⁾ Z, différence d'altitude entre 2 stations simultanées.

z, altitude de la station de comparaison.

h' et h, pressions observées respectivement à la station de comparaison et à la station suivante.

θ , température réduite, est donnée par la formule :

$$\theta = \frac{t + t'}{2} + 0.71 \cos 2\lambda + 51.36 \frac{f}{h} + 51.36 \frac{f'}{h'},$$

dans laquelle t et t', f et f', h et h' sont respectivement les températures de l'air, les tensions de vapeur et les pressions observées dans les 2 stations, et λ la latitude.

STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FIXES ÉTABLIES AU TCHAD PAR LA MISSION.

La station de Bosso, située sur la rive droite de la Komadougou Yoobé et à 12 kilomètres environ du lac, fonctionna, d'une façon continue, du 1^{er} novembre 1907 au 9 janvier 1908.

Outre les observations météorologiques ordinaires faites en cours de route, le directeur de la station de Bosso notait, aux mêmes heures :

1° *La hauteur de l'eau* dans la rivière, hauteur lue à une échelle verticale divisée en centimètres;

2° *La température de l'eau* de la rivière.

En outre, il mesurait, tous les 10 jours environ, la vitesse du courant.

On entraîna dans la saison froide au moment où la station de Bosso commença à fonctionner. Les jours devenant plus courts, afin d'assurer plus de précision aux lectures à faire sur les instruments, et spécialement sur l'échelle hydrométrique, il nous parut avantageux de ne noter ces lectures qu'au moment où il faisait suffisamment clair pour opérer sans fanal. Le système d'heures adopté fut, en conséquence, le suivant : 7^h matin, 1^h soir, 6^h soir. Il fut conservé dès lors jusqu'à la fin des travaux.

La station météorologique de Bosso fut transférée à *Bol*, poste militaire sur la rive Est du Tchad. Les observations en ce nouveau point commencèrent le 25 janvier, et se poursuivirent sans interruption jusqu'au 17 juillet 1908, sous la direction de l'un des membres de la Mission. Elles comprenaient, outre les trois observations quotidiennes prévues par les feuilles d'observations (modèle n° 3) du Bureau central météorologique, l'observation aux mêmes heures :

1° Du niveau du lac, la lecture étant faite à une échelle verticale en fer, divisée en centimètres, solidement fixée et cimentée à petite distance du rivage;

2° De la température de l'eau du lac.

Au moment du retour en France de la Mission, la direction de la station météorologique de Bol a été confiée, après entente avec le lieutenant-colonel Largeau, commandant le Territoire militaire du Tchad, à l'officier commandant le poste.

Le procès-verbal, dont ci-joint copie, indique les instruments dont dispose la station, les installations particulières qui y ont été faites, la nature et les heures des observations, les dispositions prises pour que ces observations parviennent au Bureau central. Il a été convenu que la station prendrait le nom de *Station météorologique du Tchad*.

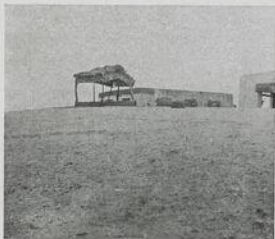
Le premier observatoire météorologique du Centre-Africain se trouve ainsi constitué. (Voir pl. 1-3° partie.)



PLUVIOMÈTRE ET ABRI DES THERMOMÈTRES.
(Vue prise du Sud-Est.)



PLUVIOMÈTRE ET ABRI DES THERMOMÈTRES.
(Vue prise du Nord-Est.)



L'ABRI DES THERMOMÈTRES ET LE POSTE MILITAIRE.



LES ÉCHELLES HYDROMÉTRIQUES, FIXE ET MOBILE.

PROCÈS-VERBAL.

« Conformément aux instructions de la lettre n° 63^m du chef de la Mission Niger-Tchad, les lieutenants :

« LANGLOIS, de l'infanterie coloniale, commandant le poste de Bol;

« LAUZANNE, de l'infanterie coloniale, détaché à la Mission Niger-Tchad, se sont réunis le 18 juillet 1908, afin de procéder à la prise et à la remise du service de la station météorologique.

« La station sera désignée désormais sous le nom de *Station météorologique du Tchad* (le nom de Station météorologique de Bol n'étant pas suffisant pour attirer l'attention de ceux qui auront à utiliser ses renseignements).

« Elle fonctionnera dans les conditions générales suivantes :

« Deux observations seront faites par jour, à 7^h du matin et 6^h du soir, soit par le lieutenant commandant le poste, soit, en cas d'empêchement, par le sergent qui lui est adjoint.

« Ces observations journalières comprendront :

« 1° La mesure de la pression atmosphérique;

« 2° La mesure de la température de l'air;

« 3° La mesure de l'état hygrométrique;

« 4° L'observation des températures maxima et minima;

« 5° L'évaluation de la nébulosité du ciel;

« 6° L'évaluation de la force et de la direction du vent;

« 7° S'il y a lieu, la mesure de la quantité d'eau tombée;

« 8° L'observation du niveau de la surface liquide du lac;

« 9° A différentes époques de l'année, la mesure de la température et de la densité des eaux du lac;

« 10° Les particularités diverses concernant le lac et l'état de l'atmosphère.

« Le détail de ces observations, la nécessité de leur continuité et de leur exactitude, les conditions dans lesquelles elles devront être faites, ont été exposées par le chef de la mission Niger-Tchad dans ses Instructions en date du 6 mai, approuvées par le lieutenant-colonel commandant le Territoire du Tchad, instructions dont un exemplaire a été remis au lieutenant commandant le poste de Bol.

« Les instruments dont disposera la station météorologique, et qui sont laissés en compte par la Mission Niger-Tchad au commandant du poste de Bol, sont les suivants :

« 1 baromètre anéroïde n° 13485;

« 2 thermomètres frondes n° 19528 et 19530;

« 2 thermomètres à maxima n° 23308 et 23082;

« 2 thermomètres à minima n° 22602 et 22601;

- « 2 supports de thermomètres;
- « 1 pluviomètre de l'Association scientifique;
- « 1 éprouvette graduée;
- « 2 densimètres;
- « 33 feuilles d'observations du Bureau central météorologique;
- « Instructions du chef de la Mission Niger-Tchad.

« Les valeurs des corrections fixes des thermomètres et de la correction obtenue pour le baromètre anéroïde par des observations hypsométriques faites le 13 et le 17 juillet ont été laissées à la station météorologique du Tchad.

« Un abri pour les thermomètres à maxima et à minima et un support en ciment pour le pluviomètre, conformes aux croquis ci-dessous (fig. 2 et 3), ont été construits suivant les instructions du Bureau central météorologique.

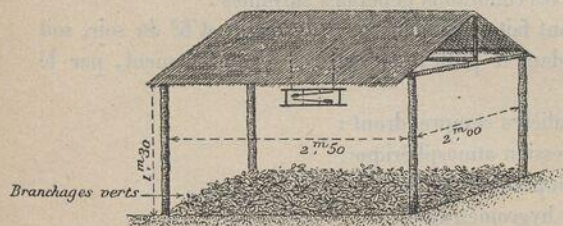


Fig. 2. — Abri des thermomètres.

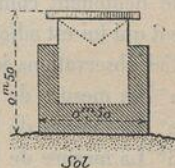


Fig. 3. — Support du pluviomètre.

« Une flamme, fixée à l'extrémité d'une hampe placée sur un endroit élevé, indiquera la direction du vent.

« La hauteur des eaux du lac sera mesurée à l'aide d'un poteau en fonte gradué reposant sur un socle en ciment et placé au fond du bahr qui avoisine le poste.

« Fait à Bol, le dix-huit juillet mil neuf cent huit. »

Le Lieutenant commandant le poste,

Signé : LANGLOIS.

*Le Lieutenant détaché
de la Mission Niger-Tchad,*

Signé : LAUZANNE.

On trouvera aux annexes la copie des instructions laissées par le chef de mission au directeur de la station météorologique (p. 312 à 319).

RÉSULTATS GÉNÉRAUX.

TEMPÉRATURES EXTRÊMES.

INSTALLATION DE FORTUNE DES THERMOMÈTRES À MINIMA ET À MAXIMA
AUX POINTS DE STATIONNEMENT.

En principe, l'abri se composait d'une toiture en paillote, soutenue par des piquets verticaux et installée dans un endroit bien aéré. Afin de soustraire les instruments à l'influence du rayonnement, le sol était recouvert de branchages verts ou d'herbe. Les thermomètres étaient suspendus à 2^m environ au-dessus du sol et à 0^m60 au-dessous du toit de la paillote.

Dans certaines régions où le bois et l'herbe faisaient à peu près complètement défaut, le capitaine Vignon eut recours au procédé suivant, d'une installation rapide, suffisante pour un stationnement de peu de durée, au moins pour l'observation de la température minima.

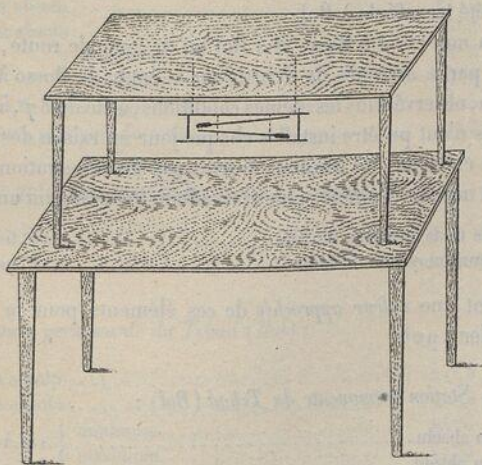


Fig. 4.

Deux tables superposées, la plus petite en dessus (fig. n° 4), étaient placées dans un endroit bien aéré, et les thermomètres étaient installés sous la table supérieure, comme l'indique le croquis ci-contre; leur hauteur au-dessus du sol était de 1^m60 environ.

1907. **Novembre.** — *Station fixe de Bosso :*

Minimum absolu.....	8°.3	le 24 novembre.
Maximum absolu.....	39°.0	le 6 novembre.
Moyennes..... {	minimum.....	11°.3
	maximum.....	34°.5
Amplitude de la variation diurne du mois.....	23°.2	
Température moyenne du mois ⁽¹⁾	21°.7	

Décembre. — *Station fixe de Bosso :*

Minimum absolu.....	3°.7	le 29 décembre.
Maximum absolu.....	33°.3	le 17 décembre.
Moyennes..... {	minimum.....	7°.2
	maximum.....	29°.9
Amplitude de la variation diurne.....	22°.7	
Température moyenne du mois.....	17°.4	

Les observateurs en route n'ont pu installer les thermomètres à maxima et à minima.

1908. **Janvier.** — *Bosso :*

Les observations à Bosso ont été interrompues le 9 janvier, et la station météorologique a été transférée à Bol.

Le minimum noté, tant à Bosso et à Bol qu'en cours de route, a été de 1°.4, le 22, dans la partie asséchée du Tchad, sur la route de Bosso à N'Gollom.

Le maximum, observé dans les mêmes conditions, a été de 37°.5, le 5, à Bosso.

Les appareils n'ont pu être installés chaque jour en raison des déplacements. Si l'on combine entre eux les résultats fournis par les observations des températures maxima et minima, comme si on avait affaire à une station unique, on aura :

Amplitude de la variation diurne.....	23°.6
Température moyenne du mois.....	18°.7

qui représentent une *valeur approchée* de ces éléments pour la région du lac Tchad en janvier 1908.

Février. — *Station permanente du Tchad (Bol) :*

Minimum absolu.....	10°.4	le 1 ^{er} février.
Maximum absolu.....	37°.9	le 21 février.
Moyennes..... {	minimum.....	14°.6
	maximum.....	33°.2
Amplitude de la variation diurne.....	18°.6	
Température moyenne du mois.....	23°.0	

(1) Voir, p. 273, comment a été déterminée cette température moyenne.

Le minimum noté par les observateurs en route a été de 2°,8 le 17 février près de Kindjiria (partie asséchée du lac Tchad).

Le maximum, dans les mêmes conditions, a été 34°,6, le 28, au même point.

Mars. — Station permanente du Tchad (Bol) :

Minimum absolu.....	13°,9	le 5 mars.
Maximum absolu.....	45°,1	le 20 mars.
Moyennes.....	{	minimum..... 19°,7
		maximum..... 38°,5
Amplitude de la variation diurne.....	18°,8	
Température moyenne du mois.....	28°,2	

Le minimum noté par les observateurs en route a été de 24°,6 le 31 mars à N'Gouri.

Le maximum, dans les mêmes conditions, a été 45°,2 le 20 à Sômi, près de Bol.

Avril. — Station permanente du Tchad (Bol) :

Minimum absolu.....	21°,0	le 5 avril.
Maximum absolu.....	45°,3	le 15 avril.
Moyennes.....	{	minimum..... 24°,3
		maximum..... 39°,8
Amplitude de la variation diurne.....	15°,5	
Température moyenne du mois.....	31°,3	

Les extrêmes notés par les observateurs en route ont été :

Minimum.....	21°,6	le 2 avril à N'Gouri.
Maximum.....	44°,1	le 9 avril à Massakori.

Mai. — Station permanente du Tchad (Bol) :

Minimum absolu.....	21°,3	le 10 mai.
Maximum absolu.....	42°,8	le 20 mai.
Moyennes.....	{	minimum..... 24°,2
		maximum..... 41°,3
Amplitude de la variation diurne.....	17°,1	
Température moyenne du mois.....	31°,9	

A Mao, le maréchal des logis Schneider, commandant le convoi de la Mission, note les températures extrêmes dans l'oued du jardin, profond de 70 mètres environ.

Août. — Les températures extrêmes observées en cours de route ont été de :

Minimum	21°.9 le 10, à N'Guigmi.
Maximum...	36°.9 le 8, au même point.

Septembre. — En septembre, les observations météorologiques ont été effectuées en dehors de la zone que nous avons définie plus haut (Exposé général, p. 259).

Les résultats d'ensemble de ces observations seront exposés ultérieurement.

Nous donnons dans le tableau de la page précédente les valeurs moyennes de la température aux heures 7, 13 et 18, et les températures moyennes déduites des maxima et minima pour chacun des mois d'observation. On voit immédiatement, d'après cela, que la règle empirique⁽¹⁾ qui a fourni ces températures moyennes ne s'applique pas entièrement aux régions considérées.

AMPLITUDE DE LA VARIATION DIURNE DE LA TEMPÉRATURE AU LAC TCHAD.

La mission ne possédait pas de thermomètre enregistreur; pour se rendre compte de la variation diurne de la température, on fit, par intervalles, des

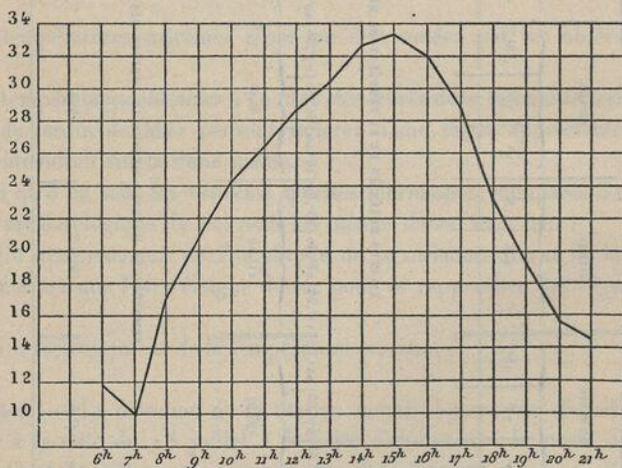


Fig. 5. — KINDIN; RIVE EST DU BAHR (31 JANVIER 1908).

observations, d'heure en heure, au thermomètre fronde. Les courbes des fig. 5, 6 et 7 donnent une idée de cette variation.

⁽¹⁾ Voir p. 273.

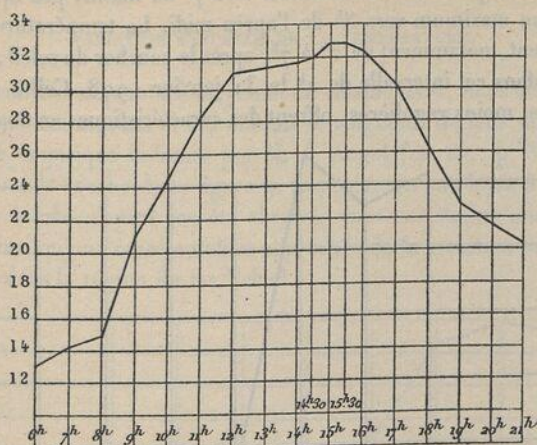


Fig. 6. — SAMIA (6 FÉVRIER 1908).

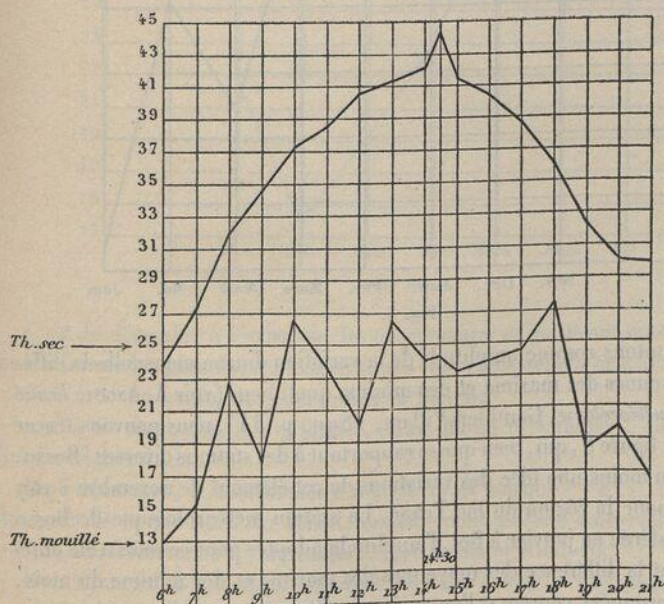


Fig. 7. — NGOURI (31 MARS 1908).

Celle de janvier présente un minimum vers 7^h du matin, peu après le lever du soleil, et un maximum vers 3^h de l'après-midi. La température baisse ensuite rapidement, notamment de 5^h à 7^h, après le coucher du soleil, et la baisse atteint 10°,3 dans cet intervalle de 2^h le 31 janvier 1908. Celles du 6 février et du 3^e mars, moins régulières, offrent des caractéristiques analogues.

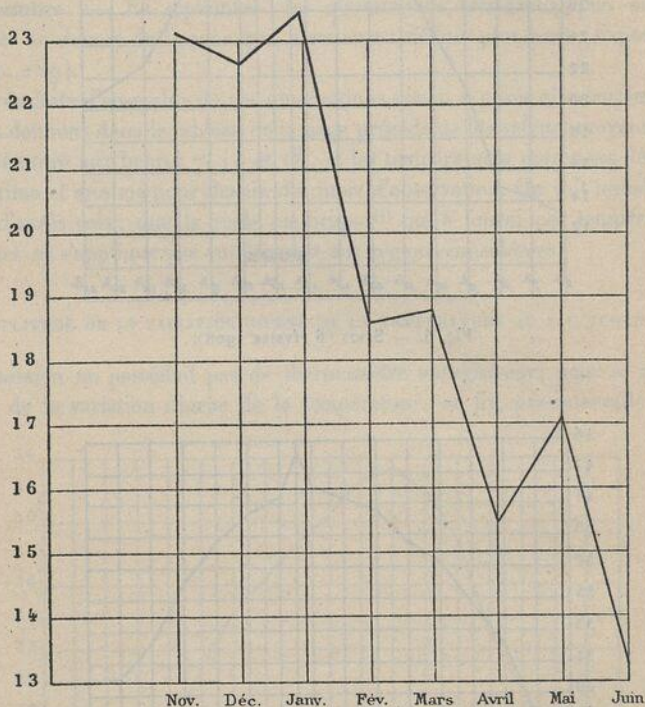


Fig. 8.

Si nous adoptons comme amplitude de la variation diurne mensuelle la différence des moyennes des maxima et des minima quotidiens (voir A. Ancor, *Traité élémentaire de météorologie*, Gauthier-Villars, 1899, p. 34), nous pouvons tracer la courbe de la figure 8, qui, bien que se rapportant à des stations diverses (Bosso, Bol), donne au moins une idée des variations de cet élément de novembre 1907 à juin 1908 pour la région du lac Tchad. La station météorologique de Bosso ayant été transférée en janvier à Bol, l'amplitude adoptée pour ce mois a été obtenue en prenant la différence des moyennes des maxima et des minima du mois, moyennes déterminées comme si l'on avait eu affaire à une station unique⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Les températures extrêmes n'ont pas été notées en cours de route, entre Bosso et Bol.

VARIATION ANNUELLE DE LA TEMPÉRATURE.

Pour obtenir la température moyenne de chaque mois, nous avons retranché de la moyenne des maxima et des minima le vingtième de leur différence, suivant la règle empirique indiquée par M. A. Angot (*op. cit.*, p. 34). On a pu construire ainsi la courbe de la figure 9. Les éléments employés à la construction de cette courbe n'ayant pas été observés dans une station unique⁽¹⁾, on ne peut avoir ainsi qu'une représentation approchée de la variation annuelle de la température dans la région du lac Tchad.

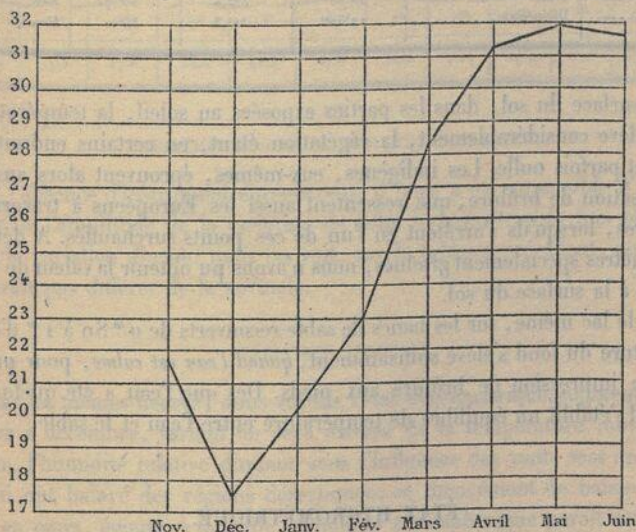


Fig. 9.

C'est de décembre à février que les observateurs en route ont noté au thermomètre fronde les plus basses températures observées depuis la côte :

3°, 1 à 6^h du matin, le 9 décembre, à Bangoa.

2°, 8 à 6^h du matin, le 17 février, entre Baroa et Kindjiria, dans la partie Nord asséchée du lac.

Le 6 décembre, le thermomètre mouillé avait marqué : - 0°, 2, à 6^h du matin, près de la rive Nord du Tchad, actuellement asséché dans cette partie, et - 1°, 4, le 16 février, à 6^h du matin, entre Baroa et Kindjiria.

Le 22 janvier, à N° Gollom (archipel Nord du Tchad, actuellement asséché), on observait + 1°, 4, comme minimum absolu de la température de la journée.

(1) Voir pages 262 et 266.

TEMPÉRATURE DU SOL.

La température du sol, prise à 1^m de profondeur, a fourni les résultats suivants :

DATES.	POINTS D'OBSERVATION.	HEURE de L'OBSERVATION.	TEMPÉRATURE DU SOL.	TEMPÉRATURE DE L'AIR extérieur.	NATURE DU SOL.
17 avril 1908....	Hadjer el Hamis.....	19 ^h 30 ^m	33°,5	35°,5	Sable siliceux.
19.....	Brara.....	20 ^h 00 ^m	33°,2	27°,7	Idem.
24.....	Dibinentchi.....	19 ^h 30 ^m	31°,3	35°,0	Idem.

A la surface du sol, dans les parties exposées au soleil, la température du sable s'élève considérablement, la végétation étant, en certains endroits, très maigre et parfois nulle. Les indigènes, eux-mêmes, éprouvent alors aux pieds une sensation de brûlure, que ressentent aussi les Européens à travers leurs chaussures, lorsqu'ils s'arrêtent en l'un de ces points surchauffés. A défaut de thermomètres spécialement gradués, nous n'avons pu obtenir la valeur de la température à la surface du sol.

Dans le lac même, sur les bancs de sable recouverts de 0^m 80 à 1^m d'eau, la température du fond s'élève suffisamment, *quand l'eau est calme*, pour produire la même impression de brûlure aux pieds. Dès que l'eau a été quelque peu agitée, il s'établit un équilibre de température entre l'eau et le sable.

ÉTAT HYGROMÉTRIQUE.

Le tableau ci-dessous donne les moyennes mensuelles de l'état hygrométrique résultant des observations faites respectivement à Bosso, du 1^{er} novembre 1907 au 10 janvier 1908, et à Bol, du 25 janvier au 30 juin 1908 inclus. La station de Bosso était située sur le bord même de la rivière à 2^m environ au-dessus du niveau liquide; celle de Bol, au contraire, se trouvait sur la dune à 11^m au-dessus du lac.

Les résultats ne sont donc pas absolument comparables. Toutefois, nous avons cru pouvoir combiner les observations de Bosso avec celles de Bol pour le mois de janvier.

MOYENNES MENSUELLES DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE.

1907.						1908.					
NOVEMBRE.			DÉCEMBRE.			JANVIER.			FÉVRIER.		
7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h
41.0	15.8	39.0	60.2	24.5	32.6	51.0	23.1	30.5	42.0	22.3	27.6
1908.											
MARS.			AVRIL.			MAI.			JUIN.		
7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h
32.5	19.8	27.4	43.4	22.1	37.6	48.2	20.4	29.9	67.3	33.7	41.8

VARIATION DIURNE DE L'HUMIDITÉ RELATIVE.

En l'absence d'instrument enregistreur, il nous a été impossible d'obtenir la valeur de l'amplitude de la variation de l'état hygrométrique, non plus que la loi de la variation diurne; mais on voit, sur le tableau précédent, que cette loi ne paraît pas différer de la normale.

VARIATION ANNUELLE.

Pour les mêmes heures, nous voyons l'état hygrométrique augmenter de novembre à décembre, variant en sens inverse de la température moyenne. En janvier, l'humidité relative diminue sous l'influence des vents secs de la partie Est qui ont balayé des régions désertiques; ce mouvement de baisse continue jusqu'en mars, époque à laquelle l'humidité atmosphérique paraît atteindre sa valeur minima. La température s'élève pendant ce mois, mais l'évaporation sur le lac est encore modérée; en avril, au contraire, sous l'influence de la haute température, l'évaporation devient considérable; les vents soufflant avec moins de régularité et d'intensité, l'état hygrométrique croît, et ce mouvement de hausse se continue en mai et juin. D'ailleurs, à partir d'avril, les pluies du «petit hivernage» arrosent les contrées au Sud du lac (Baguirmi, Fitri, etc.), et contribuent, pour une part, à l'accroissement de l'état hygrométrique au lac Tchad.

TEMPÉRATURE DE L'EAU.

1° KOMADOUGOU YOOBÉ (RIVIÈRE DE BOSSO). — BORNOU.

Rappelons que la température de l'eau de cette rivière était notée trois fois par jour, aux heures des observations météorologiques (7^h matin, 1^h soir,

6^h soir). Ces observations de température s'étendent du 1^{er} novembre 1907 au 9 janvier 1908. Elles révèlent (voir annexes, p. 319 et 320) :

1° Une variation sensible de la température de l'eau au cours d'une même journée;

2° Un écart notable entre la température de l'eau et celle de l'air, la rivière étant plus chaude que l'air le matin et plus froide pendant le jour.

C'est ainsi que nous notons 2°,8 d'écart le 12 décembre, entre la température de l'eau à 7^h du matin et celle de 6^h du soir; cet écart atteint 7°,6 le 26 décembre; 8°,3 le 3 janvier et 10°,0 le 5 janvier.

Le tableau ci-dessous indique les valeurs moyennes à 7^h, 13^h et 18^h de la température de la rivière et de celle de l'air pour chacun des mois de novembre, décembre 1907 et janvier 1908, ce dernier mois ne comprenant que neuf jours d'observations (du 1^{er} au 9 inclus).

	1907.						1908.		
	NOVEMBRE.			DÉCEMBRE.			JANVIER.		
	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h
Température de la Komadougou Yoobé (moyenne du mois).....	21°,4	22°,8	23°,1	17°,2	20°,5	20°,1	16°,0	23°,3	22°,9
Température de l'air (moyenne du mois).....	15°,2	32°,5	24°,4	9°,6	27°,5	22°,6	11°,6	28°,3	23°,6
Écart entre les températures de l'air et de l'eau.....	-6°,2	+9°,7	+1°,3	-7°,6	+7°,0	+2°,5	-4°,4	+5°,0	+0°,7

2° LAC TCHAD.

Les tableaux annexés à la présente étude (p. 321 à 327) montrent, pour le lac, une amplitude de la variation diurne de la température de l'eau comparable à celle de la Komadougou, 12°, par exemple, le 21 février. Mais il y a lieu de croire que les températures observées, prises en des points où la profondeur de l'eau était faible, ont pu être influencées sensiblement par l'action du soleil sur le fond, bien que l'échelle hydrométrique ait été placée à l'ombre des « ambachs » de la rive.

Le tableau ci-dessous donne pour chacun des mois de janvier à juin 1908 les valeurs moyennes, respectivement, de la température du lac et de l'air à 7^h, 13^h et 18^h. Les observations de janvier s'étendent du 25 au 31 seulement.

On trouvera aux annexes (p. 328) le relevé des températures de l'eau observées dans le lac, au large de l'archipel, en février et mars 1908.

Comme on le voit, la température de l'eau pendant la saison froide est sensiblement supérieure le matin à celle de l'air (6° en novembre, près de 8° en décembre, dans la Komadougou Yoobé à Bosso); aussi il arrive, dans ces condi-

tions, que l'on voit des indigènes grelottant de froid se plonger dans l'eau au réveil et y prolonger leur séjour, trouvant là un milieu plus chaud que l'air.

	JANVIER.			FÉVRIER.			MARS.		
	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h
Température de l'eau du lac (moyenne du mois).....	15°,0	16°,7	16°,6	17°,8	21°,7	20°,4	21°,4	25°,7	24°,6
Température de l'air (moyenne du mois).....	"	"	"	16°,0	30°,8	27°,4	20°,6	35°,1	30°,8
Écart entre les températures de l'air et de l'eau du lac.....	"	"	"	- 1°,8	+ 9°,1	+ 7°,0	- 9°,8	+ 9°,4	+ 6°,2
	AVRIL.			MAI.			JUIN.		
	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h
Température de l'eau du lac (moyenne du mois).....	26°,5	29°,2	27°,8	27°,0	31°,9	29°,9	28°,3	31°,1	30°,1
Température de l'air (moyenne du mois).....	28°,0	39°,0	33°,7	27°,5	38°,6	34°,7	27°,6	36°,7	33°,7
Écart entre les températures de l'air et de l'eau du lac.....	+ 1°,5	+ 9°,8	+ 5°,9	+ 0°,5	+ 6°,7	+ 4°,8	- 0°,7	+ 5°,6	+ 3°,6

3° PUIITS.

Le capitaine Lauzanne a observé que la température de l'eau des puits de quelques mètres de profondeur était à peu près indépendante de la température de l'air.

C'est ainsi qu'à Bangoa (profondeur du puits 4^m,50), il note :

8 décembre 1907, 8^h 30 matin. { Température de l'air..... 19° 8
 { Température de l'eau du puits. 26° 1

et

9 décembre 1907, 6^h matin... { Température de l'air..... 3° 1
 { Température de l'eau du puits. 26° 0

Les tableaux des annexes donnent, pour chacun des jours d'observation, du 1^{er} novembre 1907 au 9 janvier 1908 pour la Komadougou Yobé, et du 25 janvier au 30 juin 1908 pour le lac Tchad, la température de l'eau et le niveau de la nappe liquide à 7^h, 13^h et 18^h (p. 319 à 327). Voir également pl. III, 3^e partie.

PRESSIION BAROMÉTRIQUE.

Les mesures de la pression barométrique semblent conduire à un résultat remarquable, sur lequel nous reviendrons dans une autre partie de ce travail, à savoir : l'existence, dans la région du Tchad, d'un centre accentué de basses

pressions, dont l'influence peut être considérable sur la climatologie générale de cette partie du Centre-Africain.

Nous donnons dans le tableau suivant les valeurs moyennes de la pression au moment des observations quotidiennes.

VALEURS MOYENNES DE LA PRESSION BAROMÉTRIQUE.

(NOVEMBRE 1907-JUIN 1908.)

1907.						1908.					
NOVEMBRE.			DÉCEMBRE.			JANVIER.			FÉVRIER.		
7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h
735.6	734.7	733.8	737.0	736.9	735.5	735.8	735.5	734.5	734.9	733.8	731.9
1908.											
MARS.			AVRIL.			MAY.			JUIN.		
7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	13 ^h	18 ^h
739.1	731.3	729.7	730.0	729.1	727.9	733.8	732.9	731.0	733.9	733.7	731.5

Le maximum, 736^{mm} 2, se produit en décembre; le minimum, 729^{mm} 0, en avril. L'amplitude annuelle, supérieure à 7^{mm}, est très grande par rapport aux amplitudes observées à Tombouctou et Kayes, par exemple, qui atteignent à peine 4^{mm}.

Quant aux écarts entre les valeurs extrêmes de chaque mois, ils sont, comme on pouvait s'y attendre, relativement peu considérables. Ils ont varié entre 6^{mm} et 9^{mm} pour les huit mois considérés.

VARIATION DIURNE DE LA PRESSION BAROMÉTRIQUE.

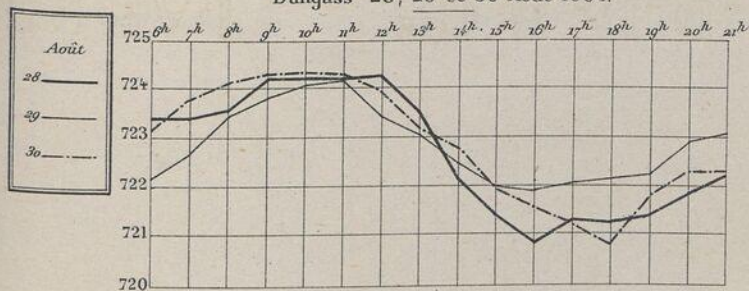
A titre d'indication, nous reproduisons ci-contre (pl. II, 3^e partie) les courbes résultant des lectures barométriques faites d'heure en heure à la station de Dungass⁽¹⁾ (Demagherim) en août et septembre 1907. Ces courbes ne sauraient évidemment donner qu'une idée grossière de la variation diurne de la pression barométrique; un appareil enregistreur seul eût pu fournir, à cet égard, des indications précises; mais on voit que leur allure générale ne diffère pas de la normale.

L'amplitude diurne pour la station de Dungass est, dans les limites considérées, de 3^{mm} environ. L'amplitude nocturne doit avoir une valeur comparable, probablement plus faible.

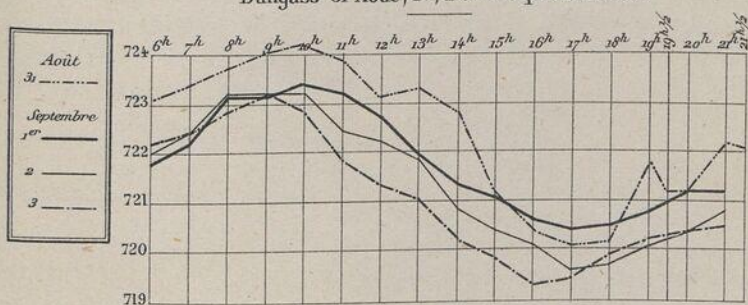
(1) Dungass se trouve à 450 kilomètres environ dans l'ouest du Tchad.

Courbes barométriques (Baromètre N° 13.484).

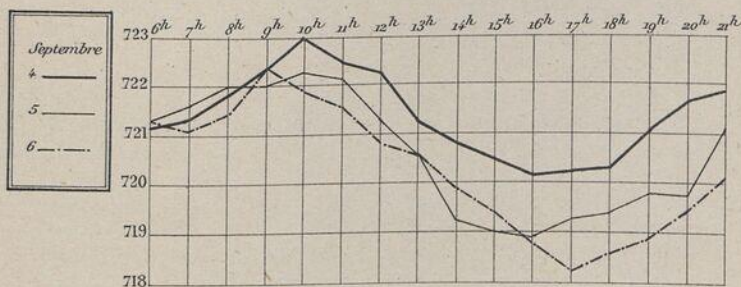
Düngass 28, 29 et 30 Août 1907.



Düngass 31 Août, 1^{er}, 2 et 3 Septembre 1907.



Düngass 4, 5 et 6 Septembre 1907.



VENTS.

Nous indiquons pour chaque mois, de novembre 1907 à juin 1908, dans les tableaux ci-dessous, le nombre de fois que le vent a soufflé de chaque direction aux heures habituelles d'observation.

1907. **Novembre.** — *Station de Bosso :*

Nord.....	5	E. N. E.....	4
N. N. E.....	4	Est.....	3
N. E.....	36	Calmes.....	38

Les vents dominants sont du N. E.; ils soufflent, pendant le jour, avec une intensité généralement faible et variable d'un moment à l'autre; le soir la brise tombe, pour reprendre le matin; pendant la nuit, il fait calme.

La direction moyenne du vent, calculée suivant la méthode indiquée par M. Angot (*Instructions météorologiques*, édition 1903, p. 95), est, pour le mois de novembre 1907, à Bosso, N. 43° E.

Intensité moyenne de la brise pendant le mois..	7 ^h matin.....	1.1
	1 ^h soir.....	2.7
	6 ^h soir.....	0.0

Décembre. — *Station de Bosso :*

Nord.....	7	Est.....	6
N. E.....	61	Calmes.....	19

Les vents dominants soufflent du N. E.; ils sont mieux établis; les calmes sont moins fréquents, ou plutôt la brise « *veille* » plus tard.

La direction moyenne du vent est N. 45° E.

Intensité moyenne de la brise pendant le mois..	7 ^h matin.....	1.1
	1 ^h soir.....	2.8
	6 ^h soir.....	0.7

1908. **Janvier.** — *Station de Bosso. — De Bosso à Bol à travers le lac. — Station permanente du Tchad :*

Nord.....	5	S. E.....	1
N. E.....	42	N. W.	2
Est.....	18	Calmes.....	25

Les vents dominants ont soufflé du N. E.; leur intensité maxima a été de 5 à l'échelle télégraphique de 0 à 9.

La direction moyenne est N. 53° E.

Intensité moyenne de la brise pendant le mois..	7 ^h matin	1.6
	1 ^h soir	2.9
	6 ^h soir	1.5

Février. — *Station permanente du Tchad (Bol) :*

N. N. E.	1	Est.	42
N. E.	19	Calmes	25

Les vents dominants ont soufflé de l'Est; leur intensité a été généralement supérieure à celle des brises des mois précédents. Dans une même journée, cette intensité croît avec la température; pendant la nuit, il fait généralement calme.

La direction moyenne du vent a été N. 76° E.

Intensité moyenne de la brise pendant le mois..	7 ^h matin	1.8
	1 ^h soir	2.5
	6 ^h soir	1.2

Mars. — *Station permanente du Tchad (Bol) :*

Nord.	5	S. W.	1
N. N. E.	4	Ouest	4
N. E.	16	N. W.	10
Est.	26	N. N. W.	2
S. E.	4	Calmes	21

Les vents dominants ont soufflé de l'Est; pour la première fois de l'année nous voyons apparaître des brises de la partie Ouest. Les vents de l'Est perdent de leur fixité et de leur intensité.

La direction moyenne de la brise a été N. 61° E.

Intensité moyenne de la brise pendant le mois..	7 ^h matin	1.4
	1 ^h soir	2.0
	6 ^h soir	1.2

Avril. — *Station permanente du Tchad (Bol) :*

Nord.	1	W. N. W.	3
N. N. E.	5	N. W.	1
N. E.	21	N. N. W.	4
E. N. E.	13	Calmes	36
E. S. E.	2		

Les vents dominants ont été du N. E., la direction moyenne étant N. 57° E.

Intensité moyenne de la brise pendant le mois..	7 ^h matin	1.9
	1 ^h soir	2.7
	6 ^h soir	0.3

Mai. — *Station permanente du Tchad (Bol) :*

N. N. E.....	6	S. S. W.....	6
E. N. E.....	5	W. S. W.....	2
Est.....	9	Ouest.....	3
E. S. E.....	9	W. N. W.....	1
S. S. E.....	7	N. N. W.....	5
Sud.....	15	Calmes.....	25

Les vents dominants ont soufflé du Sud, mais sans fixité; d'une manière générale, le calme se fait à l'approche de la nuit; les vents d'Ouest sont plus fréquents.

La direction moyenne de la brise est S. 47° E.

Intensité moyenne de la brise pendant le mois..	7 ^h matin.....	2.2
	1 ^h soir.....	2.7
	6 ^h soir.....	0.7

Juin. — *Station permanente du Tchad (Bol) :*

Nord.....	1	W. S. W.....	3
N. N. E.....	1	Ouest.....	6
Est.....	3	W. N. W.....	1
E. S. E.....	3	N. W.....	1
S. S. E.....	1	N. N. W.....	1
Sud.....	38	Calmes.....	12
S. S. W.....	19		

Les vents dominants ont soufflé du Sud; ceux de la partie Ouest ont augmenté d'intensité, et l'observatoire a noté (16 et 20 juin) des brises de force 7 et 8; mais c'est là un résultat sensiblement éloigné de l'intensité moyenne; il correspond, pour les jours considérés, à des orages ayant éclaté sur la station ou dans son voisinage; en temps normal, la brise est faible.

La direction moyenne des vents à été S. 12° W.

Intensité moyenne de la brise pendant le mois..	7 ^h matin.....	1.8
	1 ^h soir.....	2.0
	6 ^h soir.....	1.4

Le tableau ci-dessous donne pour chacun des mois, de novembre 1907 à juin 1908, la direction moyenne des vents ressentis au lac Tchad (Bosso et Bol).

1907. {	Novembre...	N. 43° E.	1908. {	Mars.....	N. 61° E.
Bosso. {	Décembre...	N. 45° E.		Avril.....	N. 57° E.
1908. {	Janvier.....	N. 53° E.		Mai.....	S. 47° E.
Bol. {	Février.....	N. 76° E.		Juin.....	S. 12° W.

D'une manière générale, par temps normal, les nuits sont plus calmes que le jour. Cependant, de décembre à avril, par baromètre haut, les vents de la partie

Est veillent toute la nuit, soulevant sur le lac un fort clapotis. Les embarcations doivent alors prendre un mouillage sous le vent des îles, où, d'ailleurs, la température est beaucoup plus douce; l'atmosphère est en même temps envahie par de fines poussières qui masquent parfois le soleil et les étoiles pendant plusieurs jours.

ROTATION DIURNE DE LA BRISE.

De novembre à avril, dans les parties du lac où les circonstances locales n'apportent pas de causes perturbatrices, on observe une rotation diurne très nette de la brise; les vents qui, le matin, soufflent du N. E., augmentent d'intensité jusque vers 9^h du matin à mesure que la température croît, puis mollissent progressivement; dans l'après-midi, on ressent de petites brises tournant à l'Ouest par le Sud. Le calme se fait vers le moment du coucher du soleil, puis la brise de N. E. reprend par petites rafales, vers 11^h du soir.

RELATIONS ENTRE L'INTENSITÉ DES VENTS ET LA PRESSION BAROMÉTRIQUE.

D'une manière générale, les vents de la partie Est fratchissent avec un baromètre haut; avec un baromètre bas, on a du calme ou des brises folles.

Le régime des vents du Tchad pourrait s'expliquer par l'existence, dans ces régions, de l'alizé de N. E., qui subirait une déviation, sous l'influence de causes locales, alors que le soleil est dans l'hémisphère Nord et élève considérablement la température des régions voisines du lac. Mais, en attendant que des observations météorologiques plus complètes aient été faites dans les contrées à l'Est du grand lac Centre-Africain (Bodéli, Borkou, Ennedi, Désert de Libye), et que l'existence, dans ces parages, d'un courant atmosphérique général du N. E. soit ou non confirmée, il peut paraître convenable de considérer les vents notés à la station météorologique du Tchad comme des vents locaux. L'existence d'une aire de basse pression sur le Centre-Africain semble résulter, ainsi qu'on le verra d'autre part, des observations barométriques faites par la Mission⁽¹⁾. Le centre de cette aire, situé au S. W. du lac aux environs du solstice d'hiver, donnerait naissance, au Tchad, de novembre à janvier, à des vents de N. E.; ce centre se déplaçant dans le même sens que le soleil créerait, en arrivant sur le lac même, des brises plus voisines de l'Est pour les mois de février, mars et avril. Pendant ces deux derniers mois, des brises folles de S. E. et de la partie Ouest se manifesteraient, dues à la proximité du centre de basse pression.

Après l'équinoxe de printemps, le centre gagnant vers le Nord, la basse pression donnerait naissance à des vents du Sud.

⁽¹⁾ Voir également à ce sujet *Le Sahara*, par H. SCHIRMER, p. 51 à 69. Édition Hachette, 1893.

Les bulletins mensuels météorologiques dressés à la station permanente du Tchad par les autorités du Territoire militaire après le départ de la Mission permettront de se rendre compte jusqu'à quel point est admissible cette hypothèse d'une aire de basses pressions se déplaçant dans le sens S. W.-N. E., de part et d'autre du lac Tchad. Les observations météorologiques recueillies à Fort-Lamy constitueront un autre élément d'appréciation.

TOURBILLONS DE CHALEUR.

Cette catégorie de tourbillons a été observée très fréquemment au cours de la Mission, dans la région du Tchad, aussi bien, d'ailleurs, que dans la plupart des autres contrées que nous avons parcourues. M. Angot (*op. cit.*, p. 363 à 365) a exposé tous les caractères de ce phénomène.

M. Foureau (*Documents scientifiques de la Mission saharienne*, p. 83, tome I) a vu tous les tourbillons de cette nature qu'il a rencontrés tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. Les tourbillons qui ont été observés à la Mission par des observateurs différents tournaient dans l'un ou l'autre sens, conformément d'ailleurs à la loi de formation énoncée par M. Angot (*op. cit.*, p. 364).

PLUIE.

Novembre 1907-
mars 1908...

Les divers observateurs de la Mission n'ont pas vu pleuvoir de novembre 1907 à mars 1908 inclus.

Nachtigal se trouvant à Koukaoua (Bornou) ne vit pas de pluie du mois d'octobre 1870 à mars 1871; en revanche, il constata fréquemment des condensations sous forme de rosée⁽¹⁾. M. Foureau, en janvier 1900, reçut cinq fois de la pluie (averses, ondées ou gouttes) amenée par des orages (22, 23, 24 janvier), à la rive Ouest du Tchad, entre Argué et Kaoua (voir *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, tome I, p. 133).

Le capitaine Freydenberg ne signale pas de pluie au lac Tchad, au cours de son séjour, en dehors des mois de mai, juin, juillet (voir *Le Tchad et le Bassin du Chari*, thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris, 1908. F. Schmidt, éditeur).

⁽¹⁾ Nous croyons devoir, à cette occasion, signaler une erreur de la traduction française de l'ouvrage de Nachtigal (*Sahara und Sudan*). Le traducteur écrit (p. 360, § II, 2^e alinéa, édition Hachette, 1881) : « Les pluies de décembre et janvier avaient amené une telle crue du lac. », alors que l'auteur a dit : « L'abondance des pluies (Das Wasserreichtum) en 1870 fit que le lac ne fut pas à son niveau maximum pendant le mois de janvier, mais parut augmenter encore à ce moment-là. Pendant le mois de novembre et la première moitié de décembre, les villages Kanembous, proches du lac, en avaient souffert; vers la fin de décembre et en janvier, les habitants de la capitale, pourtant située à quelques heures de là, furent dans l'obligation de fuir vers l'Ouest à cause

Avril 1908.....	{	En avril, la station du Tchad signale une chute de quelques gouttes de pluie, tombée le 19 vers 10 ^h du soir, au cours d'un orage.
Mai 1908.....	{	En mai, 2 jours de pluie : le 3, vers 4 ^h du matin, gouttes de pluie pendant un quart d'heure; le 22, orage et tonnerre, vers 7 ^h du matin; la pluie paraît tomber dans l'Est de la station qui n'est pas atteinte. On note à Mao 2 jours de pluie : des gouttes le 30, et pluie lente pendant une demi-heure le 31.
Juin 1908.....	{	2 jours de pluie à Bol : le 1 ^{er} juin, à 5 ^h 40 et à 6 ^h 05 du matin, gouttes de pluie pendant 3 minutes et 5 minutes respectivement; le 16, à 6 ^h 02 soir, pluie pendant 12 minutes (1 ^{mm} , 1).

Des deux observateurs chargés de la météorologie, l'un était en juin dans une région située en dehors de la zone des pluies annuelles; l'autre s'est trouvé, pendant une grande partie du temps, en dehors de la zone que nous étudions. Arrivé à Mao le 23 juin, il a vu pleuvoir deux fois : le 28, pendant 15 minutes, et le 29, pluie lente pendant 4 heures. Le commandant du convoi de la Mission, présent à Mao pendant tout le mois de juin, a noté, en outre, une petite chute de pluie, le 10, à 7 heures du soir, et une pluie abondante pendant un quart d'heure, le 16, vers 4 heures du soir.

Ainsi, de janvier à juin 1908 inclus, la station du Tchad n'a vu tomber que des gouttes de pluie, sauf le 16 juin où elle enregistre une chute de 1^{mm}1. (D'avril à juin, les régions au Sud du lac sont arrosées par les pluies du « petit hivernage ».) Nous verrons plus loin, page 299, que l'année 1908, exceptionnellement pluvieuse, a fourni au Tchad pendant l'hivernage (juillet-octobre 1908) une hauteur de pluie de 193^{mm}5, correspondant approximativement à une chute moyenne annuelle de 130^{mm}.

BROUILLARD. — BRUME.

La brume est très fréquente au Tchad, le matin; couvrant l'horizon sur une hauteur d'une quinzaine de degrés, elle disparaît dès que la température de l'air s'élève sous l'effet du soleil. Suffisamment opaque, parfois, pour masquer les objets à quelques centaines de mètres, cette brume a une composition qui doit varier d'un jour à l'autre, vapeur d'eau et poussières soulevées par le vent y entrant dans des proportions variables.

de la montée de l'eau.....» (*Sahara und Sudan*, tome II, p. 9, lignes 13 et suivantes, Paul Parey, éditeur, Berlin, 1881). [Traduction du capitaine G. Philippot, de l'infanterie coloniale.]

Et dans ses observations météorologiques, Nachtigal signale qu'il n'y eut pas de pluie après le mois de septembre 1870 (*Sahara und Sudan*, tome II, p. 458, lignes 27 et suivantes.)

Après des vents frais de la partie Est, on observe un « brouillard sec » qui masque quelquefois le soleil; des poussières très ténues se déposent sur tous les objets, et en particulier sur le visage des hommes, ce qui donne aux indigènes, notamment, une physionomie inhabituelle. Ce « brouillard sec » peut durer plusieurs jours. Il influence naturellement la température, qui est moins élevée le jour et moins basse la nuit, le rayonnement étant fortement atténué.

NÉBULOSITÉ.

La nébulosité, pendant l'année 1908, a été très faible (valeur maxima 6,9 en août, en plein hivernage); elle est toujours notablement inférieure, semble-t-il, à celle de Tombouctou (voir *Annales du Bureau central météorologique de France*), dont l'altitude et la latitude ne diffèrent pas beaucoup de celles du Tchad, et dont la situation géographique et les conditions climatiques paraissent devoir, à première vue, se rapprocher de celles de la station de Bol.

Des huit mois pour lesquels nous possédons des observations au lac Tchad, le mois de novembre est celui pour lequel le ciel a été le plus clair. Pour cette période, les nuages sont le plus fréquents en juin; on est alors à l'entrée de la saison des pluies.

À la station de Bosso, on note en novembre 8 jours à ciel sans nuages; et en décembre 2 jours seulement.

En janvier (de Bosso à Bol à travers le lac), on enregistre 3 jours de nébulosité nulle.

La station permanente du Tchad (Bol) enregistre ensuite :

Pour février	2 jours sans nuages.
Pour mars	3 —
Pour avril	0 —
Pour mai	2 —
Pour juin	0 —

Le tableau ci-dessous donne, pour les heures 7^h, 13^h et 18^h, les moyennes mensuelles de la nébulosité aux stations permanentes élevées par la Mission.

LIEUX.	MOIS.	7 ^h	13 ^h	18 ^h
Station de Bosso.....	Novembre 1907.....	0.9	1.2	1.2
	Décembre.....	1.5	1.2	3.0
De Bosso à Bol par le lac.....	Janvier 1908.....	1.5	1.4	2.9
	Février.....	2.3	3.0	3.3
	Mars.....	2.9	2.5	3.8
	Avril.....	3.1	3.1	3.4
Station permanente du Tchad (Bol).....	Mai.....	3.5	2.5	3.2
	Juin.....	4.4	2.2	2.9

En juillet et août, il n'a été noté, par les observateurs en route, aucune journée sans nuages; pendant le mois d'août, le ciel a été, pour eux, généralement couvert.

D'une manière générale, pour tous les mois, les nuits sont plus claires que les journées.

NUAGES.

De novembre 1907 à mars 1908, on a observé presque exclusivement des cirrus et des stratus; on était alors en saison froide.

Dans la deuxième quinzaine de mars et en avril, les cumulus ont apparu; ils ont, d'ailleurs, été rares; plus fréquents en mai, ils sont devenus, en juin, les nuages dominants, combinés avec des cirrus et des stratus; c'était la saison chaude. Juillet et août présentèrent surtout des cumulus et des nimbus, seuls ou combinés, et quelques rares cirrus et stratus; c'était la saison des pluies.

REMARQUES DIVERSES ET PHÉNOMÈNES ACCIDENTELS.

Orages. — Les orages de cette région appartiennent à la catégorie des « orages de chaleur » et constituent des phénomènes absolument locaux (voir A. Angot, *op. cit.*, p. 339). Ils se forment au cours de journées chaudes pendant lesquelles la brise ne souffle pas, et éclatent généralement dans l'après-midi ou pendant la nuit.

De novembre 1907 à mars 1908, il n'a été observé aucun orage dans les régions parcourues par les divers observateurs.

M. Foureau, en janvier 1900, avait noté autour du Tchad 2 orages accompagnés de pluie.

Dans la deuxième quinzaine d'avril, la station du Tchad (Bol) note 3 fois des éclairs sans tonnerre, dans la direction du S. W. ou du Sud.

Pendant ces orages lointains, la brise fraîchit à Bol, atteignant une intensité de 6 à 7; parfois elle tourne au cours de l'orage, comme le constate la station du Tchad dans la nuit du 6 mai 1908, pendant laquelle les vents passent en une demi-heure du N. N. E. au N. N. W avec une intensité = 8.

A cette même époque, on constate des phénomènes analogues à Mao et aux environs, des éclairs se montrant dans des azimuts variables. Quelques gouttes de pluie accompagnent parfois ces manifestations.

Le mois de mai à Bol présente les mêmes caractères qu'avril, mais plus accentués. On note 8 orages; le tonnerre se fait entendre dans 3 d'entre eux.

En juin, 9 orages éclatent sur Bol, dont 3 avec accompagnement de ton-

nerre. La brise, fraîchissant au cours de l'orage, atteint une fois l'intensité 8. On observe aussi des chutes de pluie, le 16, pendant 12 minutes.

Pendant le mois de juillet, le capitaine Lauzanne qui se trouve dans le N. E. du lac, entre Mao, Bol et Kouloa, observe, du 1^{er} au 21, 5 orages avec éclairs et tonnerre, et 4 chutes de pluie; celle du 21 dure 7 heures.

Le capitaine Vignon note 15 orages, dont 11 accompagnés de pluie; deux autres fois il perçoit les grondements du tonnerre au loin.

Du 1^{er} au 15 août, le capitaine Vignon observe, dans la partie Nord du lac, 6 orages (avec éclairs et tonnerre), dont 5 accompagnés de pluie.

Tornades. — A la station de Bosso, du 1^{er} novembre 1907 au 9 janvier 1908, on n'observe aucune tornade.

Près d'Argué, à la rive Ouest du Tchad, dans la nuit du 9 au 10 janvier, le capitaine Lauzanne reçoit une tornade sèche venant du N. E.

En février et mars, aucune tornade à Bol.

En avril, 3 tornades sèches, au cours desquelles la brise atteint une intensité de 6 à 7; dans celle du 25 avril, la brise tourne de l'E. N. E. à l'W. N. W., sans variation d'intensité.

En mai, 1 tornade à Bol (vent force 8).

En juin, 1 tornade à Bol, venant du Sud.

A Mao, le 29 juin, on éprouve une violente tornade venant de l'Est en soulevant un nuage épais de poussières; 35 minutes après le début de la tornade, la pluie commence, fortement chassée par la brise qui tourne à l'E. N. E.; peu après le début de la pluie, le calme se fait et la pluie continue à tomber pendant 3 heures environ.

En juillet et août, chaque orage est accompagné d'une tornade (cumulonimbus enroulés suivant un axe horizontal, éclairs et tonnerre, survente, pluie). Le capitaine Vignon essuie en août plusieurs tornades, dont 3 particulièrement violentes, venant de l'Est. A cette époque de l'année (juillet-août), le ciel était généralement clair au zénith pendant la nuit.

D'une manière générale, l'intensité de la brise était d'autant plus grande que le « grain » était plus « cerné »⁽¹⁾ et que le développement des nuages dans le sens horizontal était plus considérable. Nous avons observé maintes fois des tornades dans lesquelles les nuages atteignaient l'horizon à droite et à gauche, dessinant sur le ciel un arc de cercle étendu. Cette apparence correspondait à ce que les marins appellent le « grain arqué », et pour lequel ils disent que le grain a « les pieds dans l'eau »; l'horizon, dans diverses directions, était, d'une façon presque continue, embrasé d'éclairs sans tonnerre. Le capitaine Lauzanne a noté, à

⁽¹⁾ Il faut entendre par cette expression de « grain plus ou moins cerné » que la ligne de démarcation entre les nimbus de la partie inférieure des nuages de la tornade et le fond du ciel est plus nettement marquée et que les nimbus de cette tornade sont plus sombres.

diverses reprises, des tornades nettement constituées, dans le Nord, le N. E. ou l'Est, se scindant en deux tornades secondaires, défilant de part et d'autre de son point d'observation sans l'atteindre.

Rosée. — Du 1^{er} novembre au 31 décembre 1907, aucun des observateurs n'a noté de rosée.

En février 1908, dans l'archipel du Tchad, le capitaine Vignon note 5 fois de la rosée, donnant, dans deux cas, une condensation abondante. Le capitaine Lauzanne, dans ce mois, a trouvé de la rosée une seule fois au Nord de la nappe liquide du lac, un jour de calme atmosphérique.

En mars et avril, pas de rosée.

En mai, un jour de rosée à Bol.

En juin, Bol enregistre 2 jours de rosée; condensation abondante le 7.

En juillet, la station de Bol cesse de fonctionner sous la direction de la Mission. Les observateurs en route ne font pas mention de jours particuliers de rosée.

En août, 9 jours de rosée dans la partie Nord asséchée du lac.

Grêle. — Pendant tout le temps que la Mission a séjourné au lac Tchad, il n'a pas été observé de grêle sur les divers itinéraires suivis par les observateurs. Deux chutes de grêle avaient été notées antérieurement, l'une dans le Maradi et l'autre au Sud de Zinder. Il en sera rendu compte dans une autre partie de ce travail⁽¹⁾.

Mirage. — Phénomène fréquent et abondamment décrit, il a été constaté maintes fois par les membres de la Mission, sans qu'il ait paru profitable d'en faire une mention spéciale. La moindre touffe de végétation sur les bords du lac prend, sous l'effet du mirage, l'aspect d'un arbre de haute futaie, et sa silhouette sombre, se projetant sur le fond plus clair de l'horizon ou des sables de la rive, nous a donné plusieurs fois l'impression de coupures profondes dans une falaise élevée, alors que nous nous trouvions dans la partie Nord asséchée du lac, face à l'ancien rivage.

D'autres jours, quelques tiges de hautes herbes donnaient l'illusion de cases indigènes ou même de villages entiers.

Dans la partie asséchée du Nord du Tchad, le capitaine Tilho a remarqué fréquemment l'existence, dans le fond des dépressions dépourvues d'eau, d'un épais brouillard ne s'élevant pas au-dessus des berges de ces dépressions et donnant l'illusion complète d'une nappe d'eau. Plusieurs fois, des indigènes de sa troupe crurent fermement à une véritable nappe liquide, tant la surface de ce brouillard était plane et semblait refléter le ciel.

(1) Voir pages 309 et 310.

Phénomènes électriques. — (Voir 3^e partie, p. 308 et 309.)

Phénomènes accidentels. — Les halos lunaires n'ont pas été rares : le capitaine Vignon en note un le 13 mars, un le 10 mai, 2 en juin. En juillet, il observe une couronne lunaire.

Il a été observé un éclair en boule, dans le Sud de Zinder; nous exposerons les constatations faites à cette occasion dans la troisième partie de cette étude.

Étoiles filantes. Bolides. — On observe fréquemment au Tchad des étoiles filantes, dont la trajectoire est visible, en raison de la pureté des nuits, sur une distance angulaire de plus de 100 degrés parfois.

Les bolides ne sont pas rares et il nous a été donné maintes fois d'en observer que leurs dimensions, leur éclat, l'étendue de leur trajectoire, rendaient tout à fait remarquables. Certains d'entre eux subissaient plusieurs explosions avant de disparaître définitivement à la vue; chaque explosion se manifestait par un large éclat lumineux d'un vert intense, susceptible, dans certains cas, d'attirer l'attention d'un observateur tournant le dos au météore.

Septembre.

Minimum absolu.....	21°,2
Maximum absolu.....	40°,4
Moyennes..... { minimum.....	23°,5
maximum.....	36°,1
Amplitude de la variation diurne du mois.....	12°,6
Température moyenne du mois.....	29°,2

Octobre.

Minimum absolu.....	18°,5
Maximum absolu.....	42°,0
Moyennes..... { minimum.....	22°,4
maximum.....	38°,6
Amplitude de la variation diurne du mois.....	16°,2
Température moyenne du mois.....	29°,7

Novembre.

Minimum absolu.....	10°,7
Maximum absolu.....	37°,7
Moyennes..... { minimum.....	16°,0
maximum.....	35°,3
Amplitude de la variation diurne du mois.....	19°,3
Température moyenne du mois.....	24°,7

Les observations de novembre sont incomplètes.

Décembre.

Minimum absolu.....	8°,0
Maximum absolu.....	36°,8
Moyennes..... { minimum.....	10°,9
maximum.....	32°,9
Amplitude de la variation diurne du mois.....	22°,0
Température moyenne du mois.....	20°,8

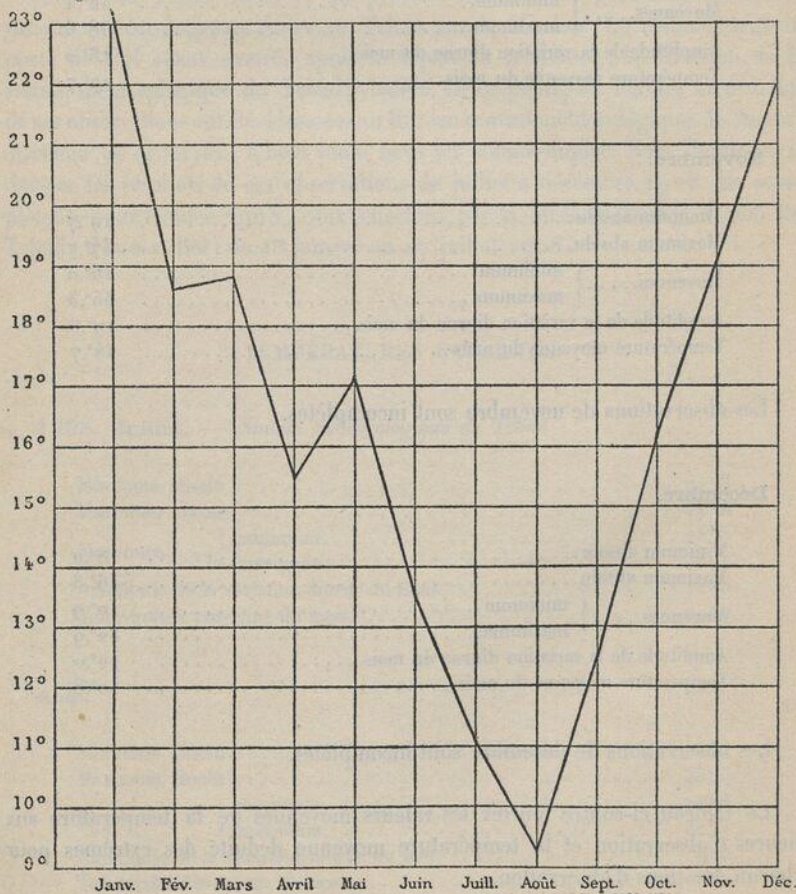
Les observations de décembre sont incomplètes.

Le tableau ci-contre fournit les valeurs moyennes de la température aux heures d'observation et la température moyenne déduite des extrêmes pour chacun des mois d'observation.

VALEURS MOYENNES DE LA TEMPÉRATURE.

JUILLET.		AOÛT.		SEPTEMBRE.		OCTOBRE.		NOVEMBRE.		DÉCEMBRE.	
7 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	8 ^h	17 ^h
VALEURS MOYENNES DE LA TEMPÉRATURE (JUILLET-DÉCEMBRE 1908).											
25°,85	30°,13	25°,26	27°,54	25°,75	29°,61	25°,61	30°,47	21°,04	29°,08	17°,83	26°,84
27°,99		26°,40		27°,68		28°,04		25°,06		22°,33	
TEMPÉRATURES MOYENNES DÉDUITES DES TEMPÉRATURES MAXIMA ET MINIMA.											
29°,1		27°,0		29°,2		29°,7		24°,7 ⁽¹⁾		20°,8 ⁽¹⁾	
⁽¹⁾ Les observations de novembre et décembre sont incomplètes.											

Fig. 10. — AMPLITUDE DE LA VARIATION DIURNE DE LA TEMPÉRATURE AU TCHAD EN 1908.

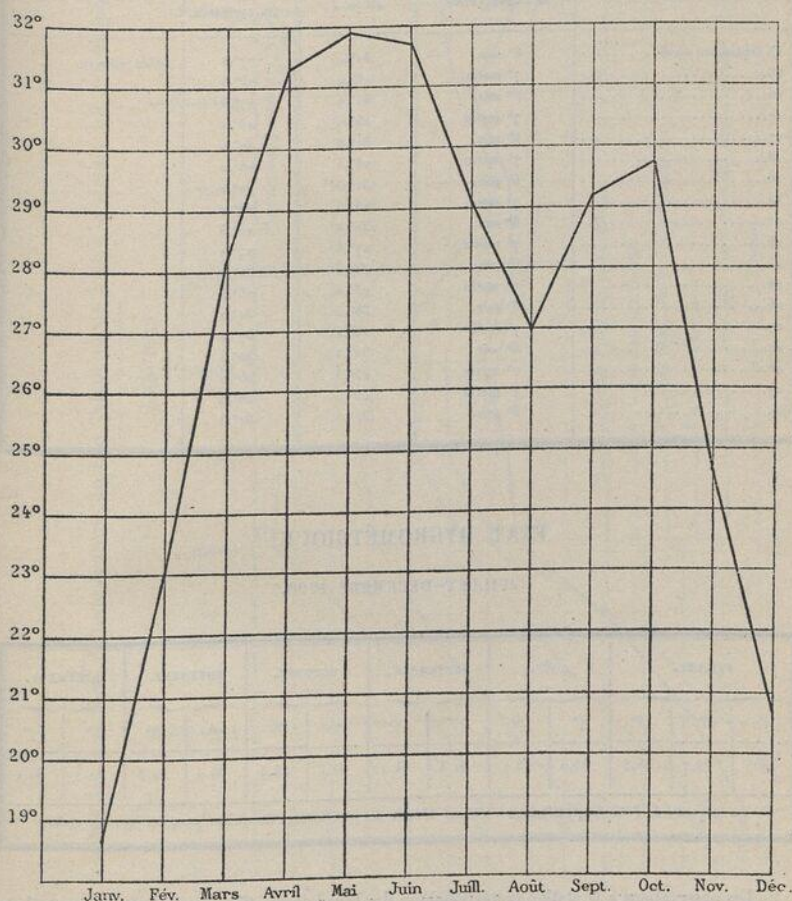


Rapprochant les résultats ci-dessus de ceux obtenus précédemment pour les mois de janvier à juin 1908, on pourra tracer les courbes ci-contre représentant respectivement :

1° La variation de l'amplitude de la variation diurne de la température au Tchad en 1908⁽¹⁾ (fig. 10);

2° La variation annuelle de la température au Tchad en 1908⁽¹⁾ (fig. 11).

Fig. 11. — VARIATION ANNUELLE DE LA TEMPÉRATURE AU TCHAD EN 1908.



(1) Rappelons que les observations météorologiques de janvier ont été faites du 1^{er} au 9 janvier à Bosso, du 10 au 24 entre Bosso et Bol et du 25 au 31 janvier à Bol même.

TEMPÉRATURE DU SOL.

Le Directeur de la station météorologique du Tchad observa à Bol, à la surface du sol, les températures suivantes :

DATES.	HEURE DE L'OBSERVATION.	TEMPÉRATURE DU SOL.	TEMPÉRATURE de L'AIR EXTÉRIEUR.	NATURE DU SOL.
15 septembre 1908.....	6 ^h soir.	31°,5	27°,2	Sable siliceux.
16.....	7 ^h matin.	26°,9	25°,4	
16.....	6 ^h soir.	31°,9	27°,6	
17.....	7 ^h matin.	25°,0	23°,2	
17.....	6 ^h soir.	31°,5	30°,0	
18.....	7 ^h matin.	26°,5	26°,0	
18.....	6 ^h soir.	31°,3	30°,2	
24.....	7 ^h matin.	26°,5	26°,0	
24.....	6 ^h soir.	32°,0	29°,5	
25.....	7 ^h matin.	27°,4	27°,0	
25.....	6 ^h soir.	31°,5	30°,0	
26.....	7 ^h matin.	26°,5	25°,5	
26.....	6 ^h soir.	32°,5	31°,2	
27.....	7 ^h matin.	28°,5	27°,0	
27.....	6 ^h soir.	32°,3	30°,5	
28.....	7 ^h matin.	25°,5	25°,0	
29.....	7 ^h matin.	26°,9	26°,5	
29.....	6 ^h soir.	31°,4	31°,8	

ÉTAT HYGROMÉTRIQUE ⁽¹⁾.

(JUILLET-DÉCEMBRE 1908.)

JUILLET.			AOÛT.		SEPTEMBRE.		OCTOBRE.		NOVEMBRE.		DÉCEMBRE.	
7 ^h	13 ^h ⁽¹⁾	18 ^h	7 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	8 ^h	17 ^h
76.5	45.7	55.8	83.0	73.2	81.3	64.2	58.3	45.4	34.0	22.3	41.2	30.1

⁽¹⁾ La moyenne de l'état hygrométrique à 13^h est déduite des observations des quinze premiers jours du mois.

⁽¹⁾ Les observations à la station météorologique du Tchad étant effectuées à 7^h du matin et 6^h du soir seulement, la courbe (fig. 12) qui représente les variations de l'état hygrométrique à 1^h du soir est interrompue à la date du 18 juillet, jour de la remise de la station météorologique du Tchad aux autorités locales, à Bol. — Le système d'heures a été changé en décembre 1908 et la station a adopté 8^h et 17^h pour ses observations.

Courbes des variations de température du Lac Tchad et de l'air à la station météorologique du Tchad (Bol)

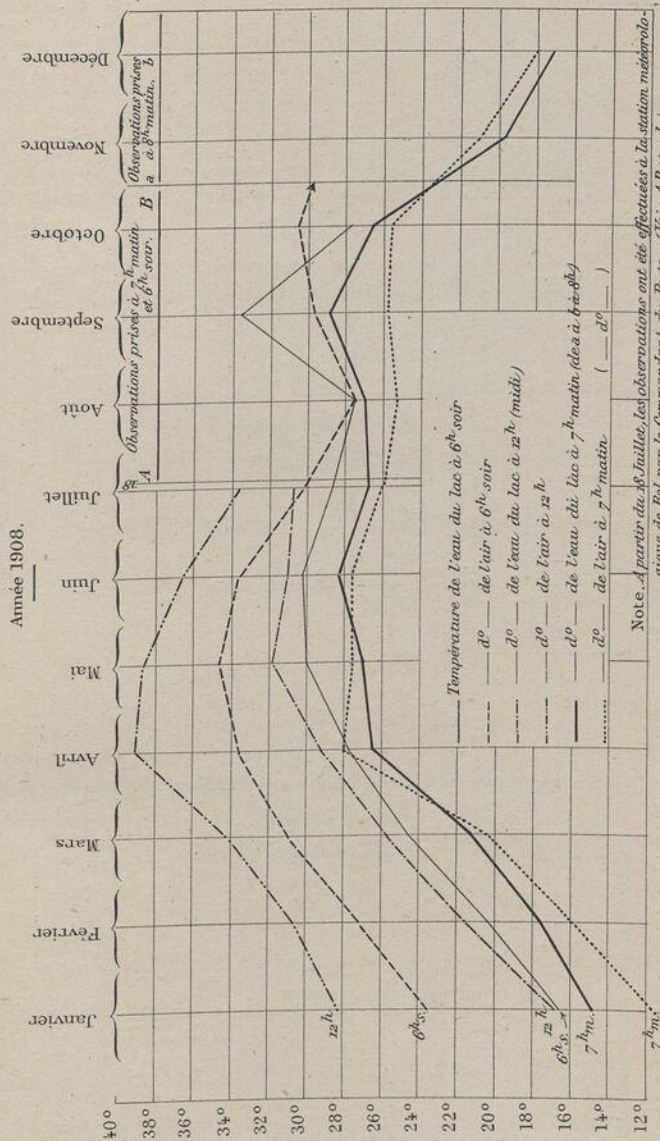
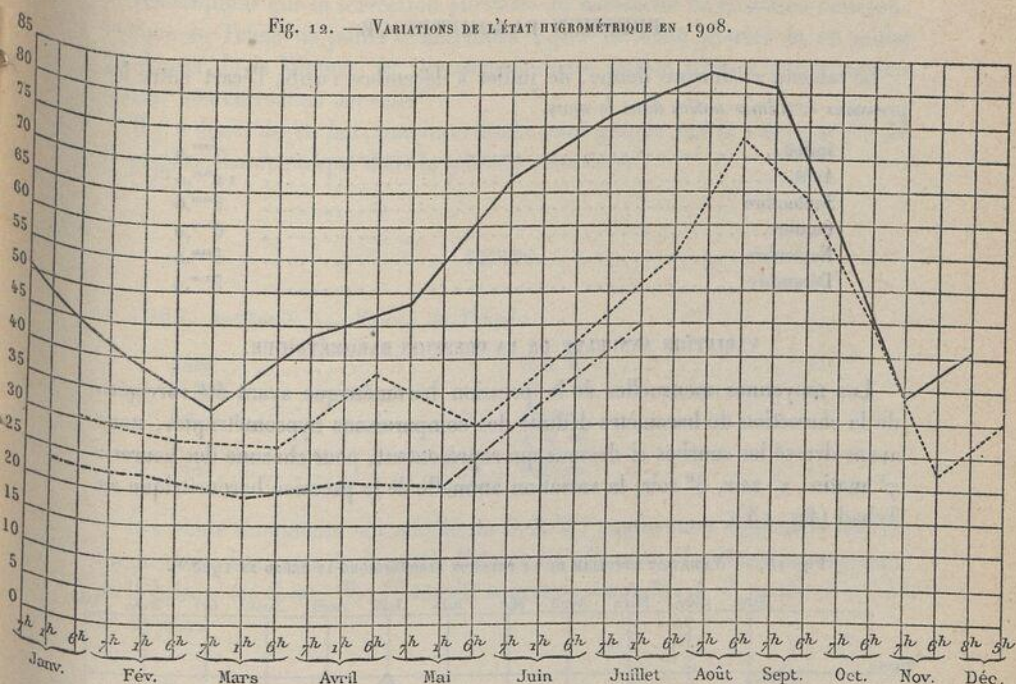


Fig. 12. — VARIATIONS DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE EN 1908.

TEMPÉRATURE DE L'EAU ⁽¹⁾.

LAC TCHAD.

	JUILLET.			AOÛT.		SEPTEMBRE.		OCTOBRE.		NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.
	7 ^h	13 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	7 ^h	18 ^h	8 ^h	8 ^h
Température de l'eau (moyenne du mois).	27°,0	29°,8	28°,6	27°,0	27°,4	28°,7	33°,6	26°,5	27°,8	19°,7	17°,1
Température de l'air (moyenne du mois).	25°,9	33°,4	30°,1	25°,3	27°,5	25°,8	29°,6	25°,6	30°,5	21°,0	17°,8
Écart entre les tem- pératures de l'air et de l'eau.	- 1°,1	+ 3°,6	+ 1°,5	- 1°,7	+ 0°,1	- 2°,9	- 4°,0	- 0°,9	+ 2°,7	+ 1°,3	+ 0°,7

(1) Les courbes de la planche III ci-contre font ressortir l'écart mensuel, à la station météorologique du Tchad, entre les températures de l'eau du lac et de l'air.

PRESSION BAROMÉTRIQUE.

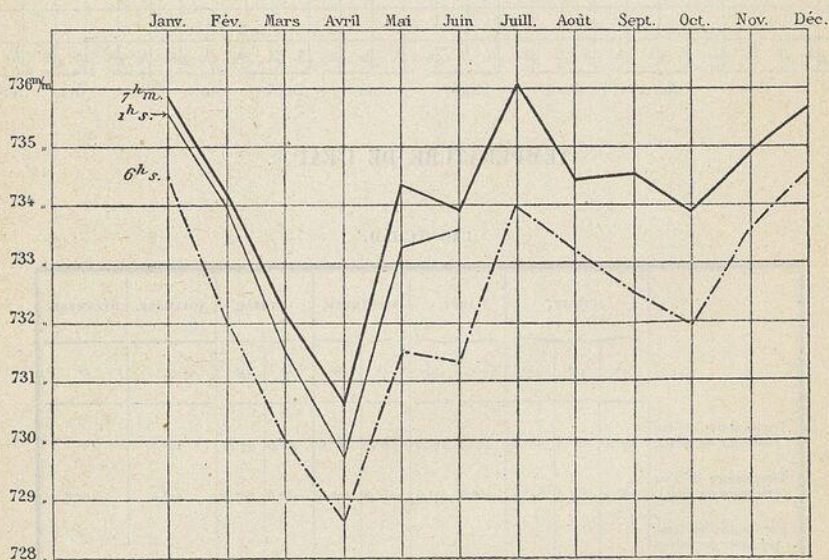
Le tableau ci-dessous donne, de juillet à décembre 1908, l'écart entre les pressions extrêmes notées dans le mois.

Juillet.....	7 ^{mm} ,0
Août.....	11 ^{mm} ,0 ⁽¹⁾
Septembre.....	5 ^{mm} ,6
Octobre.....	6 ^{mm} ,0
Novembre.....	5 ^{mm} ,0
Décembre.....	5 ^{mm} ,9

VARIATION ANNUELLE DE LA PRESSION BAROMÉTRIQUE.

Les moyennes mensuelles de la pression barométrique ayant été corrigées de la correction du baromètre déduite des comparaisons hypsométriques, nous avons dressé les courbes ci-dessous qui représentent, pour chacune des heures : 7^h matin, 1^h soir, 6^h soir, la variation annuelle de la pression barométrique au Tchad (fig. 13).

Fig. 13. — VARIATION ANNUELLE DE LA PRESSION BAROMÉTRIQUE AU TCHAD EN 1908 ⁽²⁾.



⁽¹⁾ Sous toutes réserves.

⁽²⁾ La courbe des variations de la pression barométrique à 1^h du soir est interrompue à partir de juillet, date de la remise de la station météorologique du Tchad aux autorités locales à Bol, les observations n'ayant lieu à partir de ce moment qu'à 7^h du matin et 6^h du soir.

Remarquons que la correction attribuée au baromètre de la station météorologique du Tchad de juillet à décembre 1908 est celle trouvée le 18 juillet au départ de la Mission, le Directeur de cette station n'ayant aucun moyen d'avoir une correction nouvelle⁽¹⁾.

Il y a donc, de ce fait, une incertitude assez grande sur la valeur réelle de la pression barométrique dans la période considérée.

VENTS.

1908. Juillet⁽²⁾. — Station du Tchad :

Nord.....	2	S. S. W.....	44
E. N. E.....	1	W. S. W.....	7
Est.....	1	Ouest.....	3
S. S. E.....	1	N. N. W.....	1
Sud.....	7	Calmes.....	11

Les vents dominants ont soufflé du S. S. W. augmentant d'intensité vers la fin du mois. Les vents de la partie Est ont été très rares. La direction moyenne de la brise a été S. 27° W.; l'intensité moyenne étant 3,1 à 7^h matin et 2,3 à 6^h du soir.

Août.

Nord.....	1	S. S. W.....	32
Est.....	1	Ouest.....	15
S. S. E.....	4	N. N. W.....	3
Sud.....	3	Calmes.....	2

Les vents de S. S. W. restent les vents dominants, mais avec une fréquence moindre qu'en juillet; l'intensité moyenne de la brise pendant ce mois est 4,3 à 7^h du matin et 2,6 à 6^h du soir; la direction moyenne est : S. 39° W.

Septembre.

N. N. E.....	2	S. S. W.....	30
Est.....	2	Ouest.....	6
S. S. E.....	3	N. N. W.....	8
Sud.....	3	Calmes.....	5

⁽¹⁾ Un hypsomètre et sa chaudière ont été adressés en juin 1909 au Directeur de la station météorologique du Tchad; ces appareils étaient confiés au lieutenant-colonel Moll, commandant le Territoire militaire du Tchad.

⁽²⁾ Il convient de remarquer qu'à partir du 18 juillet les observations à la station météorologique du Tchad ont eu lieu seulement à 7^h du matin et 6^h du soir.

Les vents dominants soufflent encore du S. S. W.; l'intensité moyenne de la brise pendant le mois est 3,6 à 7^h du matin et 2,3 à 6^h du soir; la direction moyenne est S. 49° W.

Octobre.

Nord	7	Sud	1
N. N. E.	6	S. S. W.	8
N. E.	7	S. W.	3
Est.	2	N. N. W.	3
S. S. E.	5	Calmes	5

Les vents dominants, toujours au S. S. W., diminuent beaucoup de fréquence; les vents de Nord à N. E. soufflent presque aussi souvent; l'intensité moyenne de la brise pendant le mois est 3,7 à 7^h du matin et 2,1 à 6^h du soir; la direction moyenne est : S. 43° W.

Novembre ⁽¹⁾.

Nord	22	N. E.	1
N. N. E.	14	N. N. W.	1

Les vents de Nord sont dominants; la station note une seule fois des brises de la partie Ouest; l'intensité moyenne est 4,0 à 7^h du matin et 2,6 à 6^h du soir; la direction moyenne est : N. 9° E.

Décembre ⁽¹⁾.

Nord	20	N. N. E.	7
------------	----	---------------	---

Les vents dominants soufflent du Nord; l'intensité moyenne pendant le mois est 2,3 à 7^h du matin et 1,0 à 6^h du soir; la direction moyenne est : N. 6° E.

DIRECTION MOYENNE DES VENTS RESSSENTIS À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DU TCHAD (BOL) DE JUILLET À DÉCEMBRE 1908.

Juillet	S. 27° W.	Octobre	S. 43° W.
Août	S. 39° W.	Novembre	N. 9° E.
Septembre	S. 49° W.	Décembre	N. 6° E.

⁽¹⁾ Les observations des mois de novembre et décembre sont incomplètes; les moyennes ci-dessus sont données sous toutes réserves.

PLUIE.

Juillet. — 6 jours de pluie, représentant une chute de $32^{\text{mm}},1$ de pluie.

Août. — 11 jours de pluie, représentant une chute de $134^{\text{mm}},3$ de pluie.

Septembre. — 4 jours de pluie, représentant une chute de $21^{\text{mm}},7$ de pluie.

Octobre. — 2 jours de pluie, représentant une chute de $4^{\text{mm}},3$ de pluie.

Novembre, Décembre. — Pas de pluie.

On voit ainsi, en se reportant aux pages 283 et 284 ci-dessus, que la hauteur de pluie tombée au Tchad pendant l'année 1908 est de $193^{\text{mm}},5$; or cet hivernage a été exceptionnellement pluvieux, de l'avis de tous, Européens et indigènes du Tchad. Nous pensons que, dans les années moyennes, la hauteur de pluie doit être les $2/3$ environ de la valeur trouvée pour 1908, soit, en chiffres ronds, de 130^{mm} .

Une chute annuelle aussi faible ne doit pas surprendre *a priori*, si l'on remarque que le lac Tchad se trouve dans le voisinage de la limite des pluies estivales, aux confins mêmes du Sahara, au centre du continent africain. « D'une manière générale, dit M. A. Angot⁽¹⁾, la quantité de pluie diminue quand on s'éloigne de la mer pour s'enfoncer dans les continents, dans la direction de l'Ouest à l'Est; ainsi la hauteur moyenne de pluie est de 800^{mm} en France, sur les côtes de l'Atlantique; de 600^{mm} en Allemagne; de 400^{mm} en Russie, et tombe en dessous de 200^{mm} dans l'Asie centrale.

« En Égypte, à proximité de la Méditerranée et de la mer Rouge, il tombe seulement 34^{mm} de pluie au Caire, 25^{mm} à Suez; et, en Arabie, à l'entrée de la mer des Indes, à Aden, la hauteur annuelle est encore seulement de 76^{mm} . Le centre du continent asiatique, à une latitude beaucoup plus élevée, offre encore un exemple d'une immense région extrêmement sèche, qui s'étend de la Caspienne à la Mandchourie, et du sud de la Sibirie au Thibet (Kachgar, 37^{mm} ⁽¹⁾).

BROUILLARD. BRUME.

Les bulletins dressés à la station météorologique du Tchad, de juillet à décembre 1908, font mention de brouillard sec deux fois, le 28 et le 29 septembre, et de brume trois fois en juillet. Aucun jour de brume n'est signalé après le mois de juillet.

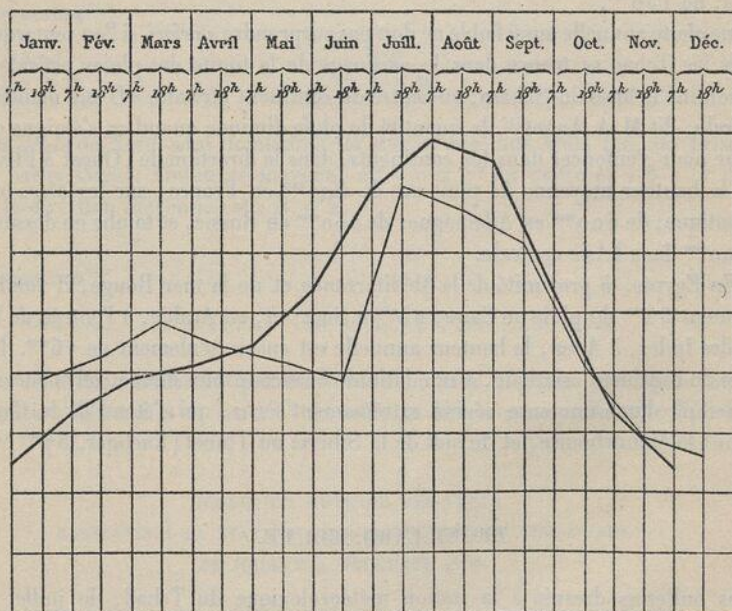
⁽¹⁾ *Traité élémentaire de météorologie*, par A. ANGOT, *op. cit.*, p. 233 et 234.

NÉBULOSITÉ.

Le tableau ci-dessous donne, pour les heures 7^h et 18^h, les moyennes mensuelles de la nébulosité à la station météorologique du Tchad, de juillet à décembre 1908.

MOIS.	7 ^h	18 ^h	OBSERVATIONS.
Juillet.....	6.1	6.1	
Août.....	6.9	5.7	Pas de jour sans nuages.
Septembre.....	6.5	5.2	Idem.
Octobre.....	4.3	3.2	Observations incomplètes.
Novembre.....	2.4	1.9	Idem.
Décembre.....	1.4	1.6	Idem.

Fig. 14. — NÉBULOSITÉ EN 1908.



NUAGES.

En juillet, août et septembre, les nuages dominants à la station météorologique du Tchad (Bol) sont des cumulus ou des nimbus, seuls ou combinés

entre eux ou avec des stratus. Les stratus et les cirrus sont plus rares. En octobre, les cirrus sont les nuages dominants. Quelques cumulus et nimbus sont cependant notés. La saison des pluies est terminée. En novembre et décembre, les observations sont incomplètes. Les cirrus dominent dans les observations.

REMARQUES DIVERSES ET PHÉNOMÈNES ACCIDENTELS.

ORAGES.

Du 1^{er} au 18 juillet, le tonnerre se fait entendre six fois; des éclairs sans tonnerre se montrent en outre à plusieurs reprises dans divers azimuts; pendant cette même période on note deux halos lunaires.

Les autorités locales du territoire du Tchad, chargées de la direction de la station à partir du 18 juillet, ne signalent aucun phénomène jusqu'à la fin du mois.

En août, trois orages éclatent à Bol. Celui du 5 août dure de 10^h à 11^h 1/2 du matin et est suivi de pluie jusqu'à 2^h du soir. Celui du 9, qui débute à 11^h du soir, est suivi de pluie jusqu'à 11^h du matin. L'orage du 14 a lieu à 5^h du matin.

En septembre, quatre orages sont notés à Bol. Celui du 3 passe sur la station même et dure de 8^h 1/2 à 9^h 1/2; ceux des 7, 15 et 25 passent au Nord de la station.

La station n'enregistre pas d'orage après celui du 25 septembre, jusqu'à la fin de décembre.

ROSÉE.

En juillet, la station du Tchad ne signale pas de rosée.

Août donne 7 journées de rosée; septembre en donne 11; d'octobre à décembre, aucun jour de rosée n'est signalé.

CHAPITRE III.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA CLIMATOLOGIE
DE LA RÉGION DU LAC TCHAD.

I. SAISONS. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

Les indigènes divisent l'année en trois saisons, pour lesquelles on peut adopter les limites suivantes :

- 1° Saison froide, de novembre à février inclus;
- 2° Saison chaude, de mars à juin;
- 3° Saison des pluies ou hivernage, de juillet à octobre.

Le passage d'une saison à l'autre s'effectue assez brusquement, bien qu'on retrouve dans chacune d'elles quelques-unes des caractéristiques des deux autres. C'est ainsi qu'en novembre, il fait frais le matin et la nuit, mais les journées sont encore chaudes. En mars, les nuits et les matinées sont fraîches, au moins dans la première quinzaine du mois. Quelques pluies, peu abondantes, se manifestent avant le mois de juillet; en septembre, les pluies deviennent rares; en octobre, elles ont, d'ordinaire, complètement cessé.

A. SAISON FROIDE.

A partir de novembre, les nuits deviennent de moins en moins chaudes et, bientôt même, elles sont froides, surtout dans le voisinage de l'eau. Nos observations nous ont donné des minima absolus de 1°,4 et 2°,8 en janvier et février 1908, et le thermomètre mouillé du psychromètre descendit jusqu'à — 1°,4, le 16 février.

Les Européens n'ont pas trop de deux ou trois couvertures, la nuit, sur leur lit, et il est très fréquent qu'ils aient l'onglée le matin, au cours des étapes à cheval. Autant que possible, les indigènes ne sortent pas de leurs cases avant l'heure à laquelle on cesse d'avoir froid, vers 9 ou 10^h du matin environ; et ce n'est guère qu'à ce moment que la vie commence à se manifester dans les villages ou les campements. Certains animaux, les chevaux par exemple, souffrent

de l'abaissement de la température, et il n'est pas rare de les voir grelotter après une nuit passée dehors. Ils prennent d'ailleurs *un poil d'hiver* comme nos chevaux de France, mais moins développé.

La température du lac, des mares ou des rivières étant alors sensiblement supérieure à celle de l'air ($7^{\circ}6$ en moyenne en décembre 1907 dans la Komadougou Yoobé, à Bosso), nous avons eu l'occasion de voir des indigènes se plonger dans l'eau au réveil, pour se réchauffer, et y prolonger agréablement leur séjour.

L'humidité relative de l'atmosphère est très faible, les vents généraux de cette saison soufflant du N. E. à l'E. N. E. après avoir passé sur les régions désertiques qui s'étendent entre la vallée du Nil et le Tchad.

C'est pendant cette saison que les vents ont le plus de régularité, bien qu'ils ne soufflent pas d'une façon continue et présentent, d'un moment à l'autre, au cours d'une même journée, des variations notables d'intensité. Parfois, ces brises, dont l'intensité atteint 5 à 6⁽¹⁾, soufflent plusieurs jours de suite, soulevant des poussières très ténues qui parviennent à masquer le soleil et les étoiles pendant tout ce temps. Elles peuvent créer sur le lac un clapotis gênant pour les embarcations.

A mesure que se prononce la baisse du Tchad, les indigènes ensemencent de gros mil (*andropogon sorghum*), de blé (*triticum durum*), de riz (*oryza sativa*), ou de maïs, les terres, particulièrement fertiles, abandonnées par les eaux.

B. SAISON CHAUDE.

La température s'élève beaucoup; le 20 mars 1908, on a noté $45^{\circ}2$ comme température maxima à Bol. C'est le mois de mai qui est le plus chaud de l'année; il a donné comme température moyenne, en 1908, $31^{\circ}9$. Cette valeur pourrait paraître peu élevée si l'on ne remarquait que le Tchad, limitrophe du désert, subit, dans une certaine mesure, l'influence du climat désertique; l'amplitude de la variation diurne de la température, en particulier, y est élevée et contribue à abaisser la température moyenne; la moyenne de l'amplitude pour mai 1908 est de $17^{\circ}1$; et nous avons observé à diverses reprises une amplitude de près de 25° au cours d'une même journée. L'état hygrométrique, qui, en mars, passe par un minimum, augmente progressivement pendant cette saison; les vents sont moins réguliers et halent le Sud; quelques tornades se manifestent, accompagnées de pluies; des orages éclatent, plus nombreux à mesure que l'on se rapproche de l'hivernage. [Il importe de faire remarquer ici que l'année 1908 est considérée, par les Européens qui connaissent le mieux la région du lac Tchad, comme une année exceptionnellement pluvieuse; les

(1) Échelle télégraphique de 0 à 9.

précipitations atmosphériques commencèrent de bonne heure et furent plus abondantes que dans les années moyennes.]

Les plantations continuent dans les parties asséchées du lac à la suite de la baisse annuelle; dès que les premières pluies ont suffisamment humecté le sol, on commence les semailles du petit mil (*pennisetum thyphoïdeum*) sur le sommet des îles.

La décomposition des matières organiques et végétales devient très active dans les eaux du Tchad, sous l'effet de la haute température, et la qualité de ces eaux peut en être fortement influencée⁽¹⁾.

Un certain nombre de plantes entrent en floraison : c'est le commencement du renouveau dans ces régions.

C. SAISON DES PLUIES.

Nous venons de dire que l'année 1908 était considérée au Tchad comme exceptionnellement pluvieuse. La hauteur de la pluie enregistrée à Bol est, cependant, de 193^{mm} 5 seulement, ce qui correspondrait, pour les années moyennes, à une hauteur de 130^{mm} environ. Ce chiffre est notablement inférieur à ceux admis jusqu'alors (Nachtigal⁽²⁾, 1^m 5; Foureau⁽³⁾, 1^m 2; Angot⁽⁴⁾, 500^{mm} à 750^{mm} (5)).

Dans les années moyennes, les pluies ne se produisent en général qu'à la suite des tornades ou des orages; elles ne durent au plus qu'un petit nombre d'heures.

Pendant cette période d'hivernage, la température diminue d'une façon sensible pendant les mois de juillet et d'août, qui sont ceux pour lesquels les précipitations atmosphériques sont les plus importantes; les nuits sont parfois fraîches à la suite d'une chute de pluie. En septembre, les pluies deviennent moins fréquentes; la température se relève, pour ne baisser de nouveau qu'en novembre qui marque l'entrée dans la saison froide.

⁽¹⁾ En mars-avril 1903, le personnel de la flottille, Européens et indigènes, naviguant dans le Tchad, fut énergiquement purgé pendant deux ou trois jours; ce fait fut attribué à la décomposition, sous l'effet de la haute température, des matières organiques et végétales du lac, et aussi à la présence, à la surface des eaux, de grandes quantités de *frai* de poisson.

⁽²⁾ *Sahara und Sudan*, t. II, chap. IV, p. 357.

⁽³⁾ *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, t. I, p. 286.

⁽⁴⁾ *Météorologie élémentaire*, carte, p. 230.

⁽⁵⁾ Cette faible valeur moyenne des précipitations atmosphériques (130^{mm}) expliquerait peut-être que les insulaires de la partie Nord du Tchad aient pu être obligés, au cours de certaines années très sèches, d'arroser, avec l'eau puisée dans le lac, l'étroite bande de terrain qu'ils cultivaient sur les rives de leur île, comme la chose nous a été signalée en 1903 à Djoléa, sans que nous l'ayons constatée par nous-même.

Les riverains de la Komadougou Yoobé pratiquent d'ailleurs l'arrosage pour les cultures de blé, de riz, d'oignons, de cresson (sorte de cresson alénois), auxquelles ils se livrent sur les bords du fleuve.

L'état hygrométrique croît en juillet, atteint le maximum de l'année en août, et diminue ensuite jusqu'au mois de novembre. Le mois d'octobre, pendant lequel les pluies ont complètement cessé, est chaud, et correspond à un minimum d'humidité relative de l'année.

Pendant cette saison, les vents dominants soufflent du S. W. sans régularité; ils n'atteignent une grande intensité qu'au moment des tornades ou des orages, pendant lesquels ils viennent d'azimuts variables.

L'herbe repousse alors un peu partout; les feuilles des arbres deviennent plus vertes ou bien reverdissent suivant le cas; la récolte du petit mil, commencée en septembre, est généralement terminée en octobre.

II. NÉBULOSITÉ.

Le ciel, dans la région du Tchad, est, en général, remarquablement clair. Pendant la saison d'hivernage, il se couvre, au moment des tornades ou des orages, pour s'éclaircir d'ordinaire peu après leur passage. La nébulosité en 1908 a atteint son maximum (6,9) en août qui est le mois le plus pluvieux. En novembre 1907, on avait enregistré comme moyennes du mois, à 7^h, 13^h et 18^h, les valeurs suivantes de la nébulosité : 0, 9; 1, 2; 1, 2.

Pour tous les mois de l'année, les résultats de nos observations sont nettement inférieurs à ceux qui sont donnés dans les publications du Bureau central pour la station de Tombouctou, dont l'altitude, la latitude, la situation géographique, et les conditions climatiques paraissent, à première vue, comparables à celles du Tchad.

III. PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

Les observations de la pression atmosphérique nous ont conduit à un résultat qui, au point de vue de la climatologie du Centre-Africain, semble devoir être d'un grand intérêt : c'est l'existence probable, dans la région du Tchad, d'un centre très accentué de basses pressions⁽¹⁾.

D'autre part, les mesures altimétriques exécutées par la Mission au cours de son voyage de Cotonou au Tchad et retour ont donné, pour l'altitude du lac, 243^m⁽²⁾.

⁽¹⁾ Ce résultat a fait l'objet d'une note de M. le capitaine Tilho, chef de la Mission, communiquée à l'Académie des Sciences par M. Bouquet de la Grye dans la séance du 11 octobre 1909. Nous reproduisons ici les parties essentielles de cette communication.

⁽²⁾ Ces mesures étaient faites *par échelon* à l'aide d'observations hypsométriques simultanées dans deux stations consécutives. Deux séries ont été effectuées, pendant le voyage d'aller et le voyage de retour; elles ont donné, comme erreur de fermeture du réseau, une différence de 9^m sur l'altitude de Cotonou, calculée, au retour, en partant de la valeur obtenue à l'aller pour l'altitude de la station du Tchad. (Voir p. 347.)

En admettant ce nombre et réduisant les pressions⁽¹⁾ au niveau de la mer par la formule de Laplace et à l'aide des données relatives à la température et à l'humidité, on a :

Novembre.....	756 ^{mm} 0
Décembre.....	757 9
Janvier.....	756 8
Février.....	754 5
Mars.....	751 9
Avril.....	749 4
Mai.....	753 1
Juin.....	753 5

Or, ces valeurs, et, particulièrement le minimum d'avril, 749^{mm} 4, sont remarquablement faibles par rapport à celles qui résultent des observations barométriques faites à des distances, il est vrai, considérables, d'une part dans les stations de l'Afrique occidentale française, et d'autre part, à l'Est, dans les stations anglaises du Soudan égyptien.

Nous donnons dans le tableau suivant, pour les diverses stations des deux groupes, classées à peu près suivant la latitude, les valeurs moyennes de la pression réduite au niveau de la mer pour l'ensemble des huit mois de novembre 1907 à juin 1908⁽²⁾.

Nous y avons joint la valeur de l'amplitude annuelle, dont la considération paraît intéressante, et nous indiquons, en outre, les mois où se produisent les valeurs extrêmes. L'altitude admise pour la réduction est indiquée pour chaque station; ces valeurs sont malheureusement assez incertaines, du moins pour les stations de l'intérieur en Afrique occidentale; de ce chef, une réserve paraît nécessaire sur la valeur des pressions réduites.

Le minimum barométrique de la région du Tchad ressort nettement de ce tableau; et d'autre part, en raison de la grandeur de l'amplitude, qui est au moins double de la valeur moyenne des autres stations, ce minimum doit être remarquablement accentué pendant le mois d'avril, qui est d'ailleurs un des deux mois les plus chauds pour cette région. La valeur 749^{mm},4 correspondant à ce mois est inférieure de plusieurs millimètres aux pressions les plus basses constatées dans les stations mentionnées plus haut.

⁽¹⁾ Ces observations étaient faites à 7^h, 13^h et 18^h. Leurs moyennes donnent, par suite, des valeurs un peu trop faibles pour la pression (de 0^{mm},1 à 0^{mm},2 environ) et des valeurs trop élevées pour la température. Les nombres que nous donnons ici, déduits des trois observations quotidiennes, sont ceux qui sont utilisés pour la réduction de la pression au niveau de la mer.

⁽²⁾ Ces valeurs ont été calculées, pour les stations françaises, d'après les bulletins mensuels d'observations centralisés par le Bureau central météorologique, et, pour les stations soudanaises, d'après les nombres donnés par le *Summary of the weather* du Survey Department égyptien.

VALEURS MOYENNES DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE.

LOCALITÉS.	LATITUDE.	PRESSIION MOYENNE.	AMPLITUDE.	MAXIMUM.	MINIMUM.
Tchad (250 ^m).....	13° 40' N.	754 ^{mm} , 1	8 ^{mm} , 5	Décembre.	Avril.
STATIONS DE L'AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE.					
Tombouctou (250 ^m).....	16° 49' N.	757 ^{mm} , 8	4 ^{mm} , 5	Janvier.	Mai.
Saint-Louis (5 ^m).....	15° 51'	758 ^{mm} , 8	1 ^{mm} , 9 ⁽¹⁾	<i>Idem.</i>	Avril.
Kayes (38 ^m).....	14° 29'	758 ^{mm} , 6	4 ^{mm} , 3	<i>Idem.</i>	Mai.
Porto-Novo (21 ^m).....	6° 28'	758 ^{mm} , 1	3 ^{mm} , 8	Juillet.	Mars.
Grand-Bassam (3 ^m).....	5° 24'	757 ^{mm} , 5 ⁽²⁾	4 ^{mm} , 0	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>
Bangui (370 ^m).....	4° 21'	756 ^{mm} , 6 ⁽³⁾	3 ^{mm} , 2 ^(?)	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>
Mayumba (61 ^m).....	3° 25' S.	759 ^{mm} , 4 ⁽⁴⁾	3 ^{mm} , 9	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>
Brazzaville (320 ^m).....	4° 17'	758 ^{mm} , 8	4 ^{mm} , 2	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>
STATIONS DU SOUDAN ÉGYPTIEN.					
Merowe (255 ^m).....	18° 30' N.	759 ^{mm} , 7 ⁽⁵⁾	5 ^{mm} , 4	Décembre.	Juin.
Athara (353 ^m).....	17° 40'	757 ^{mm} , 5	4 ^{mm} , 5	Déc.-Janv.	<i>Idem.</i>
Kartoum (383 ^m).....	15° 37'	756 ^{mm} , 8	3 ^{mm} , 5	<i>Idem.</i>	Mai.
Wad-Medani (408 ^m).....	14° 24'	756 ^{mm} , 7	3 ^{mm} , 5	Décembre.	Avril.
El-Obeïd (585 ^m).....	13° 11'	758 ^{mm} , 8 ⁽⁵⁾	2 ^{mm} , 8	<i>Idem.</i>	Mai.
Kodok (388 ^m).....	9° 53'	756 ^{mm} , 2	3 ^{mm} , 7	Août.	Mars.
Wau (440 ^m).....	7° 42'	756 ^{mm} , 7 ⁽⁶⁾	2 ^{mm} , 5	<i>Idem.</i>	Avril.
Mongalla (445 ^m).....	5° 11'	755 ^{mm} , 1	2 ^{mm} , 1	<i>Idem.</i>	Mars.

(1) On remarquera cette valeur très faible de l'amplitude à Saint-Louis. Elle est encore un peu supérieure à celle qui résulte des moyennes mensuelles de douze années d'observations : 1^{mm}, 7, avec une pression moyenne annuelle de 759^{mm}, 2.

(2) Cette valeur paraît un peu faible. Normalement, la pression semble un peu plus élevée à Grand-Bassam qu'à Porto-Novo : 758^{mm}, 8 contre 758^{mm}, 3, d'après quelques années d'observations.

(3) Cette valeur est douteuse. Toutefois le minimum de Bangui paraît certain, si l'altitude 370^m est exacte.

(4) Ce nombre se rapporte, non aux huit mois considérés ici, mais à la moyenne de la même période pour quelques années d'observations antérieures.

(5) Ces valeurs sont douteuses : elles paraissent trop élevées pour Merowe et El Obeïd, trop faibles pour Wau, d'après les années précédentes.

On ne retrouve la trace très affaiblie de ce minimum que dans quelques-unes des stations les plus rapprochées, et, particulièrement du côté du Soudan égyptien, à Kartoum, Wad-Médani, Kodok, Wau, Mongalla, où la pression moyenne réduite au niveau de la mer est inférieure à 757^{mm} pour les mois considérés ; mais les distances de ces stations, supérieures à 2,000 kilomètres (sauf pour Wau, 1,800 kilomètres environ), sont trop grandes pour que leurs données puissent fournir des indications vraiment intéressantes sur la répartition des pressions dans le Centre-Africain.

A Tombouctou, qui, par rapport au Tchad, est à peu près exactement à l'opposé de la station de Wau et à la même distance (1,800 kilomètres), l'influence de ce minimum n'apparaît pas, et la variation de la pression (757^{mm} 8) depuis Saint-Louis (758^{mm} 8) et Kayes (758^{mm} 6) est normale. Seule, la pres-

sion plus faible de Bangui ($756^{\text{mm}} 6$) à 1,200 kilomètres environ du Tchad, vers le Sud, pourrait être rattachée au minimum que nous avons observé.

L'existence de ce dernier ne nous paraît pas douteuse; mais nous ne devons pas oublier, cependant, que son caractère plus ou moins accentué est entièrement lié à la précision de la valeur adoptée pour l'altitude du Tchad, d'après nos mesures altimétriques. C'est ainsi, par exemple, qu'un écart de 25^{m} en moins sur l'altitude vraie, en rendant trop faibles de 2^{mm} environ les nombres donnés plus haut pour les pressions réduites, atténuerait notablement l'intérêt du fait qui nous a paru résulter de nos observations.

PHÉNOMÈNES DIVERS.

Nous groupons sous ce titre un certain nombre d'observations originales, sur des phénomènes accidentels, faites dans ces dernières années en cours de mission dans les mêmes régions. Nous avons tenu à conserver, autant que possible, les termes mêmes des rapports des observateurs, et à laisser ainsi à chacun d'eux le mérite et la responsabilité de ses observations.

I. PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES.

En dehors des orages, certains phénomènes, fréquemment constatés, semblent indiquer un état tout particulier du milieu au point de vue électrique. Quelques-unes de ces manifestations sont vraiment remarquables, tant par leur intensité que par les conditions dans lesquelles elles se sont produites.

Le capitaine Lauzanne, en avril 1908, a observé dans les environs de Kufei (Nord de N'Guigmi), par nuit noire, des manifestations lumineuses produites par le *frôlement sur les branches des épineux du cuir des selleries des chevaux*.

Le docteur Gaillard, médecin-major des troupes coloniales, membre de la Mission, rend compte comme il suit des constatations qu'il a faites, entre Niger et Tchad, au cours des années 1903, 1904, 1907 et 1908 :

« 1° Le 27 octobre 1908, vers $5^{\text{h}} 30$ du soir, dans une obscurité appréciable, je quittai le campement de Guidimouni, me rendant à Kissambana, lorsque je constatai que le cheval qui précédait celui sur lequel j'étais monté, et que son palefrenier tenait en main, faisait jaillir de ses flancs, en les fouettant avec l'extrémité de sa queue, des aigrettes lumineuses.

« 2° J'ai constaté à N'Guigmi, en février 1908, la production de véritables étincelles électriques de quelques centimètres de longueur, suffisamment fortes pour donner une sensation désagréable au bout du doigt, *en frottant d'un rapide passage, avec la pulpe des doigts, l'intérieur de la moustiquaire, tendue sur les*

montants du lit de campement, l'observateur se trouvant lui-même sur la literie-laine. On pouvait ainsi obtenir des étincelles crépitantes, sonores, deux, trois et même quatre fois sur la même surface frottée, surtout si, au lieu de se servir des doigts, on frottait le tissu de la moustiquaire avec le cuir chevelu (cheveux tondus), en relevant le front d'un mouvement rapide, par exemple. Ce phénomène m'a paru s'observer plus facilement dans les cases (de terre ou de paille) qu'en plein air. La lueur produite par ces étincelles multiples était très appréciable et semblait éclairer tout le haut de la moustiquaire.

« 3° Dans une précédente mission, il nous avait été donné de constater, pendant les mois secs (décembre 1902-janvier 1904), une autre production remarquable d'électricité dans les conditions suivantes :

« Sur un cheval fournissant un effort modéré et, par suite, *n'étant pas en état de sueur*, le tapis feutré qui se trouve sous la selle s'était électrisé par suite du frottement sur le poil de l'animal; et cela à un degré tel, que le doigt, insinué sous le tapis, percevait une étincelle, d'une certaine force, donnant une impression désagréable, avec un claquement sec. Une deuxième étincelle pouvait suivre instantanément la première. »

II. GRÊLE.

1. « Le 4 juillet 1907, vers 3^h 30 de l'après-midi, je me trouvais dans la brousse, entre la mare située sur la route de Machéma ⁽¹⁾ à Tokaraoua à 6^{km} environ de Machéma, et le village de Gidan' Mallam. La journée avait été très chaude, et, vers 3^h de l'après-midi, le ciel se couvrit entièrement de cumulonimbus. Vers 3^h 30, pluie, vent violent du S. E. soufflant en rafales, éclairs, tonnerre, grêle. La grêle commença à tomber peu après le début de la pluie et sa chute dura 3 minutes environ, provoquant un abaissement notable de température, dont j'eus l'impression physique très nette, mais qu'il me fut impossible de mesurer en l'absence d'instruments d'observation.

« Les grêlons présentaient l'aspect d'une lentille de 6^{mm} environ d'épaisseur et 1^{cm} environ de diamètre, dont les bords, au lieu d'être circulaires, avaient une forme octogonale régulière. »

(*Observation du lieutenant de vaisseau Audoin.*)

2. « J'ai reçu aujourd'hui (28 septembre 1907) une rafale de grêle à Toumfafi ⁽²⁾. Vers 3^h de l'après-midi, de gros nuages noirs se sont rapidement élevés au N. E. Un vent d'Est très violent a commencé à souffler et, à 3^h 15,

⁽¹⁾ Machéma est situé par 7° 15' de latitude Nord et 4° 15' de longitude Est de Paris environ. Altitude approchée : 270^m.

⁽²⁾ Toumfafi est situé par environ 13° latitude Nord et 6° 15' longitude Est de Paris; son altitude approchée est de 330^m.

la grêle est tombée pendant environ 5 minutes. Les grêlons étaient gros comme des pois, de forme arrondie et de 4 à 5^{mm} de diamètre. »

(*Observation du lieutenant Etiévant.*)

III. BRUME.

« Dans les régions centre-africaines parcourues par la Mission, on constate fréquemment, le matin, en toute saison, surtout après avoir ressenti des brises fraîches, une sorte de brume couvrant l'horizon sur une hauteur de 10° à 30°. Cette brume ne paraît pas toujours due uniquement à la vapeur d'eau, et, très souvent, elle est constituée, dans une grande proportion, par des poussières maintenues en suspension dans l'atmosphère. Le psychromètre indique alors, en effet, un état hygrométrique très faible, tandis que tous les objets, et le visage des hommes, se recouvrent de particules de poussières extrêmement ténues.

« Lorsque le soleil a suffisamment réchauffé l'atmosphère, le voile de brume en question s'atténue et disparaît, soit par l'effet de la lumière plus grande, soit parce que la vapeur d'eau condensée autour des fines particules, en se dégageant sous l'action réchauffante du soleil, ne laisse plus à l'air qu'une opacité insensible par suite de la modification de la masse des noyaux pulvérulents. »

(*Observation du lieutenant de vaisseau Audoïn.*)

IV. PHÉNOMÈNES LUMINEUX.

1. *Éclair en boule.* — « Le 7 septembre 1907, vers 9^h 30 du soir, me trouvant à Dûngass⁽¹⁾, à 400^m environ dans le Nord de la porte Nord du village, j'ai pu faire, en compagnie du capitaine Tilho et du capitaine Lauzanne, une observation très nette d'un phénomène lumineux consécutif à un coup de tonnerre, et rappelant beaucoup le phénomène dit « éclair en boule ».

« Vers 9^h, une tornade venant du N. E. s'était manifestée avec ses caractéristiques habituelles : vent, pluie, éclairs, tonnerre. Nous étions déjà sortis de sa zone d'action, et les coups de tonnerre étaient moins forts, quand, subitement, *presque aussitôt après un éclair*, j'entendis une véritable explosion constituée par une seule détonation assimilable à un coup de canon.

« Je vis, en même temps que je percevais la détonation, une boule de feu paraissant descendre du ciel suivant une trajectoire verticale : une traînée lumineuse, telle une corde qui eût soutenu la boule, apparaissait au-dessus de celle-ci. Cette traînée était due peut-être à la persistance sur la rétine de l'im-

(1) Dûngass est situé dans le Sud de Zinder, par environ 13° de latitude Nord et 7° de longitude Est de Paris. Altitude : 332^m.

pression produite par le globe de feu; cependant la chute était relativement lente. Les indications suivantes, très grossièrement approchées, puisqu'il n'a été fait aucune mesure, permettront de se faire une idée des formes du globe et de sa vitesse de chute :

« 1° Nous eûmes l'impression que le globe de feu était à une distance d'environ 600^m.

« 2° Durée de visibilité : 6^{sec}; arc parcouru : 10°.

« 3° Hauteur approchée du globe au-dessus de l'horizon au moment où il cessa d'être visible : 20° environ.

« 4° Le globe de feu, suivant notre impression du moment, était plus gros que la tête d'un homme. Parlant de ce phénomène le lendemain, nous attribuions au globe, à la distance admise de 600^m, un diamètre de 30 à 40^{cm}, correspondant à un diamètre apparent de 2' environ.

« 5° Vitesse approchée de chute : 17 à 18^m en 1^{sec} (déduite de la distance, de la durée de visibilité, et de l'angle parcouru).

« 6° Le globe n'était pas absolument sphérique et présentait plutôt une forme allongée et piriforme.

« 7° Nous ne constatâmes aucun dégât matériel. Il n'y avait d'ailleurs ni arbres, ni habitations dans la direction dans laquelle fut observé le phénomène. Nature du sol : sable siliceux; hautes herbes. »

(*Observation du lieutenant de vaisseau Audoin.*)

2. « Le 1^{er} mars 1907, j'ai quitté Yeldou vers 8^h du soir pour me rendre à Bébeve; Yeldou est situé par environ 12° 45' de latitude boréale et 1° 20' de longitude Est de Paris. J'avais attendu pour partir que la lune fût levée. Celle-ci avait 17 jours d'âge et brillait d'un vif éclat, l'atmosphère étant très pure.

« Vers minuit, mon attention a été attirée vers la Croix du Sud, par une lueur comparable à celle qu'émet la pleine lune au moment de son lever. J'ai pensé, un instant, qu'il s'agissait d'un feu de brousse; mais la clarté rougeâtre et toute locale d'un feu est facilement reconnaissable. J'ai, d'ailleurs, nettement distingué des rayons qui semblaient provenir d'un astre invisible dans la direction du Sud. Quelques minutes plus tard, les rayons m'ont paru moins nets, et j'ai aperçu dans le ciel des traînées de cirro-stratus filiformes, d'une remarquable régularité, qui se sont bientôt désagrégés. Je ne saurais dire si ces nuages m'ont donné l'illusion optique de rayons lumineux ou si leur formation a été postérieure au phénomène observé.

« La clarté australe a persisté jusque vers une heure du matin.

« N'ayant auprès de moi aucun Européen, j'ai dû me borner à faire constater ce phénomène par mon domestique indigène qui m'a répondu simplement :

« Il va faire bientôt jour. »

(*Observation du capitaine Lauzanne.*)

CHAPITRE IV.

ANNEXES.

INSTRUCTIONS POUR LE DIRECTEUR DE LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE
DU TCHAD, À BOL.

Les variations considérables survenues au cours de ces dernières années dans le régime lacustre de la cuvette tchadienne constituent un des plus importants problèmes de la géographie centre-africaine. La solution de ce problème appartient presque uniquement à la météorologie; seule, une longue suite d'observations sur les bords du lac et dans tout le bassin tchadien sera susceptible d'apporter, dans un certain nombre d'années, des éléments certains permettant d'échafauder des hypothèses vraisemblables et de tirer des conclusions aussi peu aventurées que possible.

Pour répondre au désir qui lui a été exprimé par M. Angot, directeur du Bureau central météorologique de France, le chef de mission a décidé de confier à l'officier commandant le poste de Bol les instruments nécessaires aux observations journalières dont il sera parlé ci-dessous.

Avant tout, le chef de mission tient à attirer l'attention du directeur de la station météorologique du Tchad sur la nécessité absolue de repousser toute observation qui n'aurait pas été exécutée scrupuleusement, suivant les règles adoptées par le Bureau central météorologique de France. M. Angot dit à ce sujet :

« L'intérêt que présentent des séries d'observations météorologiques dépend surtout de leur durée et de leur continuité; on devra donc prendre toutes les mesures pour qu'il n'y ait pas de lacunes dans les observations. Si toutefois il s'en produisait, il faudrait les laisser subsister dans les feuilles mensuelles et sur les registres, *sans chercher à y suppléer par une évaluation approchée des phénomènes qui n'ont pas été observés au moment voulu.*

« *Tous les nombres portés sur les registres doivent provenir d'une observation directe, faite réellement au moment indiqué⁽¹⁾.* »

(1) A. ANGOT, Instructions météorologiques, *op. cit.*, p. 4.

Les instruments dont disposera la station météorologique de Bol sont les suivants :

- Un thermomètre fronde;
 - Un baromètre anéroïde;
 - Un thermomètre à maxima
 - Un thermomètre à minima
- } avec un support;
- Un densimètre;
 - Un pluviomètre, avec une éprouvette graduée.

Ces instruments seront laissés en compte par la Mission Niger-Tchad au commandant du poste de Bol.

Heures d'observations. — Il sera suffisant de faire *deux* observations par jour, à huit heures du matin et à cinq heures du soir.

Pour que ces observations soient utilisables, il y a le plus grand intérêt à ne jamais changer le système d'heures adopté; ces observations devront être faites à l'heure exacte, à un quart d'heure près, en plus ou en moins; tout écart plus considérable devra être signalé.

Détail des observations journalières. — Les observations journalières comprendront :

- 1° La mesure de la pression atmosphérique;
- 2° La mesure de la température de l'air;
- 3° La mesure de l'état hygrométrique de l'atmosphère;
- 4° La constatation des températures maxima et minima de la journée précédente;
- 5° L'évaluation de la nébulosité du ciel;
- 6° L'évaluation de la force et de la durée du vent;
- 7° (s'il y a lieu) l'évaluation de la quantité d'eau tombée;
- 8° Le niveau de la surface du lac;
- 9° Il serait intéressant, en outre, de noter à des époques différentes de l'année (pendant des séries de trois jours chaque quinzaine, ou plus souvent si des circonstances particulières paraissent l'exiger) : *a.* la température du sol; *b.* la température et la densité des eaux du lac;
- 10° Les particularités diverses concernant le lac et l'état de l'atmosphère.

Pression atmosphérique. — Le baromètre doit être placé à l'intérieur de la station et soustrait à l'action directe du soleil. On devra éviter avec le plus grand soin de déplacer le baromètre anéroïde de la station, et on prendra toutes les précautions pour lui éviter des secousses violentes susceptibles de le dérégler. Il est bon, avant de faire la lecture, de vaincre l'inertie de l'aiguille par de petits chocs donnés avec le doigt sur le verre de l'instrument. La correction

instrumentale du baromètre sera celle déterminée par la dernière comparaison à l'hypsomètre de la Mission. Cette correction sera indiquée au paragraphe des « Remarques générales ». Le chef de mission fera son possible, dès son retour en France, pour faire parvenir à la station météorologique de Bol un thermomètre hypsométrique qui permettra de déterminer plusieurs fois par mois les corrections à apporter aux lectures du baromètre. Ces comparaisons du baromètre et du thermomètre hypsométrique devront être soigneusement mentionnées sur les bulletins météorologiques mensuels.

Température de l'air. — Le thermomètre fronde est un petit thermomètre à mercure qui donne très exactement la température de l'air sans nécessiter l'installation d'un abri spécial. Dans l'anneau qui termine la tige est passé un cordon, ou une ficelle, dont les bouts sont noués ensemble, permettant ainsi de faire tourner le thermomètre en fronde; la longueur totale du cordon doit être de 70 à 80^{cm}, de façon que l'anneau du thermomètre soit, pendant la rotation, à 35 ou 40^{cm} de la main; ce cordon devra être fréquemment renouvelé pour éviter que l'usure provenant du frottement ne provoque sa rupture pendant la rotation du thermomètre.

Le mouvement de rotation rapide du thermomètre le met en contact avec une grande masse d'air, dont il prend rapidement la température sans être sensiblement affecté par la réverbération, comme le sont les thermomètres fixes.

Pour faire une observation, on se place dans un lieu bien découvert, suffisamment loin des arbres, murs, branchages, etc., que pourrait heurter accidentellement le thermomètre; autant que possible, se mettre à l'ombre et face au vent pour que celui-ci passe sur l'instrument avant d'arriver à l'observateur. On fait alors tourner très rapidement le thermomètre à bout de bras, une minute environ; on l'arrête et on lit la température assez vite pour que la chaleur du corps n'ait pas le temps de l'influencer; on recommence ensuite cette opération jusqu'à ce que deux lectures consécutives ne diffèrent pas plus de 1/10° ou 2/10° de degré; on en prend la moyenne, qui est la vraie température de l'air au moment considéré.

Tourné en plein soleil le thermomètre fronde donne une température trop élevée de 2/10° ou 3/10° de degré seulement, alors que l'écart serait beaucoup plus grand avec un thermomètre maintenu fixe; mais, bien entendu, on n'observera en plein soleil que s'il est impossible de faire autrement.

Il y aura lieu en outre de s'assurer que le réservoir du thermomètre est parfaitement sec, car, dans le cas contraire, la température indiquée serait notablement trop basse.

De même que pour le baromètre, on inscrira sur le registre le résultat de la lecture brute, la correction fixe de l'instrument étant indiquée aux « Remarques générales ».

Le thermomètre fronde devra être en outre employé pour contrôler de temps en temps les indications des thermomètres à maxima et à minima.

État hygrométrique de l'atmosphère. — Cette mesure s'effectuera à l'aide du même thermomètre fronde employé comme psychromètre; pour cela, il suffit d'entourer le réservoir à mercure d'un petit sachet de toile légère, mouseline ou gaze. Le sachet étant bien assujéti au réservoir, le tremper dans l'eau et l'exposer à l'air libre; on constate alors que la colonne de mercure descend notablement; lorsqu'elle est arrivée à son point le plus bas, on note cette température. Il sera bon de recommencer l'expérience, et, si deux lectures ainsi obtenues ne diffèrent que de deux ou de trois dixièmes de degré, on prendra la moyenne comme lecture définitive. Il faut avoir soin de ne pas faire tourner le thermomètre en fronde trop vivement pendant cette observation : le sachet de gaze pourrait, en effet, se dessécher trop vite sous l'influence de la force centrifuge; il suffira de balancer doucement l'instrument au moment où la colonne de mercure est sur le point d'arriver à sa plus courte longueur, tout en faisant de fréquentes lectures pour être assuré de saisir le moment du minimum.

Le calcul de l'état hygrométrique résultant de l'observation des deux thermomètres sec et mouillé se fait ensuite à l'aide des tables contenues dans l'opuscule de M. Angot.

Maxima et minima. — L'installation des thermomètres à maxima et à minima nécessite des précautions spéciales, sans lesquelles les observations n'ont aucune valeur.

Pour déterminer la température de l'air, la première condition est évidemment que l'air ait librement accès de tous côtés sur le thermomètre; la deuxième, que l'instrument soit bien protégé contre l'influence des rayons directs du soleil et contre celle de la réverbération du sol. Pour cela, les thermomètres à maxima et à minima devront être placés sous un abri étanche aux rayons du soleil, ouvert de tous côtés, et suspendus à 1^m 80 environ de hauteur au-dessus du sol, le sol étant lui-même, aux alentours de l'abri, recouvert d'une épaisse couche de roseaux ou d'herbages verts destinée à annuler, ou presque, les effets de la réverbération. En aucun cas, ils ne devront être placés auprès d'un mur ou sous une vérandah.

La mise en place des thermomètres à maxima et à minima se fera comme il est indiqué dans l'opuscule cité plus haut, c'est-à-dire : le réservoir un peu plus bas que le sommet du thermomètre.

On aura soin après lecture faite, et pour replacer les instruments en conditions d'observation, de ramener la colonne de mercure du thermomètre à maxima au contact du mercure du réservoir par de petits choes sur la paume de la main, l'instrument étant tenu verticalement, et l'index du thermomètre à

minima tout au bout de la colonne d'alcool en inclinant le sommet du thermomètre vers le bas. La lecture brute du thermomètre à minima est celle qui est donnée par le bout de l'index *le plus éloigné* du réservoir.

Nébulosité. — La nébulosité, c'est-à-dire la fraction du ciel occupée par les nuages, sera évaluée à l'estime, et notée en chiffres de 0 à 10. La forme des nuages sera indiquée en prenant comme base les quatre espèces fondamentales des nuages, savoir :

Cirrus, nuages en filaments;

Cumulus, nuages arrondis ou amoncelés;

Stratus, nuages en strates ou couches uniformes;

Nimbus, nuages grisâtres et confus se résolvant habituellement en pluie.

Vent. — La direction du vent à la surface du sol sera appréciée à l'aide d'un fanion léger attaché à une perche de hauteur convenable. La direction du vent, *bien entendu, celle de l'origine du vent*, sera indiquée à l'aide des notations de la rose des vents : N.-N. E.-N. E.-E. N. E., etc..., et non en degrés d'azimut.

Il sera intéressant aussi de noter, lorsque cela sera possible, la direction du vent dans les parties supérieures de l'atmosphère; on se basera pour cela sur la direction de déplacement des nuages.

La force du vent à la surface de la terre sera évaluée à l'estime, suivant l'échelle dite « télégraphique », dont les 9 degrés se divisent ainsi qu'il suit :

NOTATION. — degrés.	VITESSE PAR SECONDE. — mètres.
0 calme.....	0 à 1
1 presque calme.....	1 à 2
2 légère brise.....	2 à 4
3 petite brise.....	4 à 6
4 jolie brise.....	6 à 8
5 bonne brise.....	8 à 10
6 bon frais.....	10 à 12
7 grand frais.....	12 à 14
8 petit coup de vent.....	14 à 16
9 fort coup de vent, ouragan.....	16 à 30

Pour évaluer la vitesse du vent dans les cas douteux, il suffit de lâcher, au gré du vent, un petit morceau de papier très léger (par exemple, papier à cigarettes) et de mesurer à l'aide de la montre le nombre de secondes qu'il met à effectuer un parcours déterminé.

Pluie. — La quantité de pluie tombée en un jour est un des éléments climatologiques les plus importants et celui qui varie le plus d'un point à un autre.

La quantité de pluie est toujours évaluée en mesurant la hauteur en millimètres que l'eau occuperait sur le sol si elle y séjournait sans s'infiltrer ni s'évaporer. Le pluviomètre mis à la disposition de la station de Bol est du modèle de l'Association scientifique : c'est un entonnoir que l'on placera au-dessus d'un récipient de forme cylindrique de façon que la pluie ne puisse y avoir directement accès une fois le pluviomètre posé dessus. Ce récipient devra être maintenu d'une façon suffisante pour n'être pas renversé par le vent; il y aura même lieu, en raison de la violence de certaines tornades, de fixer aussi solidement que possible l'entonnoir au récipient.

Pour mesurer la quantité d'eau tombée, il suffira d'enlever l'entonnoir et de verser, sans en perdre une goutte, l'eau que contient le récipient dans l'éprouvette graduée à cet effet. Le chiffre lu sur l'éprouvette indiquera exactement, au 10^e de millimètre près, la hauteur d'eau tombée. L'eau tombée dans le récipient n'étant pas absolument garantie contre l'évaporation, il sera indispensable de faire cette mesure peu de temps après la fin de chaque ondée.

Brouillard et brume. — Il y aura lieu de tenir compte de tous les jours où on aura observé du brouillard ou de la brume; la brume se distingue du brouillard en ce que le voile qu'elle produit ne couvre que l'horizon. Noter aussi les jours où l'on aura constaté de la rosée.

Les brouillards peuvent être secs ou humides (secs : brouillards de poussière); l'état hygrométrique de l'air indiqué par le psychromètre permettra très facilement d'en faire la distinction.

Température du sol et des eaux. — Placer le thermomètre fronde à la surface du sol ou à une certaine profondeur dans le sol, en ayant soin de le recouvrir de terre jusqu'à la hauteur approximativement atteinte par la colonne de mercure; indiquer en mètres, ou fraction de mètre, la profondeur à laquelle a été faite cette observation. Pour la température de l'eau, immerger le thermomètre fronde quelques minutes et lire la graduation, le thermomètre étant dans l'eau.

Pour la densité de l'eau, il suffit de placer le densimètre dans un seau d'eau récemment prise dans le lac et de faire la lecture dès que l'instrument a pris son équilibre.

Niveau du lac. — Le niveau libre des eaux du Tchad présentant des variations annuelles relativement importantes, et aussi des variations diurnes non négligeables, il est intéressant de noter le plus souvent possible les indications fournies par l'échelle hydrométrique. Cette échelle (poteau en fonte) ayant été placée assez loin de la berge, en un point plus profond du bahr, afin de servir de repère permanent, est d'un accès peu commode; il y aura donc lieu de

placer près de la berge une règle de bois graduée qui servira aux lectures courantes des variations de niveau; cette règle pourra être déplacée aussi souvent que le nécessitera la montée ou la baisse des eaux, sous la réserve qu'à chaque déplacement de la règle, l'observateur se rendra en embarcation auprès du poteau repère pour contrôler la correspondance des indications de l'échelle mobile et de l'échelle fixe. Il sera bon d'ailleurs de vérifier cette correspondance, une fois par semaine environ, lorsque l'échelle mobile n'aura pas été déplacée dans ce laps de temps.

A côté des variations du niveau du Tchad, il y aura intérêt à suivre les variations du niveau des puits de Mao, Zigueï, N'Gouri, Massakori, etc., afin de déterminer s'il existe une relation entre les mouvements de la nappe d'eau libre et la nappe d'eau souterraine. Dans ce but, le directeur de la station météorologique du Tchad voudra bien se mettre en relations avec les chefs des postes ci-dessus pour obtenir d'eux les renseignements nécessaires, qu'il centralisera et portera sur son registre; il attirera lui-même l'attention de ces chefs de poste sur l'intérêt qui s'attache à ce que ces observations soient faites avec la plus scrupuleuse exactitude.

Particularités diverses. — Noter dans ce paragraphe toutes les remarques qu'il paraîtra opportun de signaler sur les mouvements des eaux du lac, le développement ou la diminution de la végétation palustre, les variations des chenaux navigables, les points extrêmes atteints sur tout le pourtour (en territoire français) du lac par la nappe d'eau apparente, à son maximum de crue et à son étiage, etc. Noter aussi les phénomènes électriques divers que l'on pourra constater au cours des orages ou à toute autre occasion, les phénomènes optiques de l'atmosphère : arc-en-ciel, simple ou multiple, couronne autour du soleil ou de la lune, halo solaire ou lunaire, etc.

Tenue des bulletins mensuels. — Toutes les observations prises à la station du Tchad seront inscrites au fur et à mesure sur un registre spécial destiné à rester aux archives de la station; une copie de ce registre sera faite sur des imprimés laissés dans ce but au directeur de la station. Ces imprimés seront adressés mensuellement au Bureau central météorologique de France en franchise postale et sous l'adresse :

Service météorologique

Monsieur le Ministre de l'Instruction publique

PARIS.

Le service de la station météorologique, dont le chef de la mission Niger-Tchad confie la direction au commandant du poste de Bol, imposera à cet officier un

nouveau surcroît d'occupations et de fatigues : il n'est pas douteux toutefois que tous les officiers qui se succéderont au commandement de ce poste, n'acceptent avec dévouement ce nouveau sacrifice en songeant que, grâce à la continuité et à la consciencieuse exécution de leurs observations, ils prépareront à la science française l'honneur de résoudre l'importante question de l'assèchement du lac africain, et peut-être aussi, par analogie, de l'assèchement constaté sur un certain nombre de lacs d'autres parties du monde.

Dès son retour en France, le chef de mission s'efforcera de faire envoyer au directeur de la station, outre le thermomètre hypsométrique dont il est parlé plus haut, un jeu de thermomètres de rechange.

*Sous réserve de l'approbation de M. le lieutenant-colonel,
commandant le Territoire du Tchad.*

Mao, le 6 mai 1908.

Le Chef de la Mission Niger-Tchad,

TILHO.

KOMADOUGOU YOOBÉ.

TEMPÉRATURE DE L'EAU ET NIVEAU.

(Du 1^{er} novembre 1907 au 9 janvier 1908).

DATES.	7 ^h MATIN.		1 ^h SOIR.		6 ^h SOIR.		OBSERVATIONS.
	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	
	degrés.	mètres.	degrés.	mètres.	degrés.	mètres.	
NOVEMBRE 1907.							
1 ^{er} novembre.....	24,0	1,455	26,0		25,3		
2.....	24,1	1,465	25,4		25,2		
3.....	24,0	1,475	25,3		25,0		
4.....	24,0	1,483	25,0		25,0		
5.....	24,5	1,485	25,0		25,0		
6.....	24,0	1,490	25,0		25,1		
7.....	23,1	1,490	24,5		25,0		
8.....	23,5	"	25,5	1,498	25,0		
9.....	23,0	1,498	23,8		24,0		
10.....	22,3	1,500	23,3		23,3		
11.....	21,5	1,503	22,3		22,3		
12.....	21,0	1,503	22,0		22,0		
13.....	21,0	1,508	22,5		22,0		

LAC TCHAD.

TEMPÉRATURE DE L'EAU DU LAC ET NIVEAU DU 25 JANVIER AU 27 DÉCEMBRE 1908.

DATES.	7 ^h MATIN.		1 ^h SOIR.		6 ^h SOIR.		OBSERVATIONS.
	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	
	degrés.	mètre.	degrés.	mètre.	degrés.	mètre.	
25 janvier	15,8	0,720	12,0	0,718	17,0	0,718	
26.....	16,0	0,720	17,3	0,720	17,1	0,700	
27.....	15,0	0,680	16,5	0,680	16,1	0,660	
28.....	14,6	0,658	16,1	0,658	15,2	0,658	
29.....	14,0	0,658	17,5	0,658	15,8	0,658	
30.....	14,4	0,660	18,0	0,660	16,8	0,680	
31.....	15,0	0,680	19,8	0,680	18,6	0,693	
1 ^{er} février.....	15,8	0,700	22,7	0,700	21,1	0,700	
2.....	16,9	0,717	21,0	0,717	19,2	0,718	
3.....	17,0	0,718	20,0	0,718	19,2	0,718	
4.....	18,1	0,719	20,3	0,710	20,4	0,710	
5.....	18,0	0,717	20,3	0,719	19,5	0,715	
6.....	18,4	0,710	21,0	0,690	19,3	0,690	
7.....	18,0	0,680	20,0	0,680	19,1	0,670	
8.....	17,5	0,660	19,1	0,650	19,5	0,640	
9.....	16,8	0,635	18,8	0,630	18,0	0,630	
10.....	16,6	0,630	19,5	0,630	18,5	0,620	
11.....	15,5	0,620	20,0	0,620	19,0	0,634	
12.....	17,0	0,640	21,2	0,640	19,3	0,640	
13.....	17,8	0,640	20,8	0,640	19,3	0,610	
14.....	16,8	0,600	19,1	0,600	17,2	0,580	
15.....	16,0	0,570	18,8	0,570	17,5	0,556	
16.....	15,4	0,555	18,6	0,555	17,2	0,555	
17.....	15,4	0,560	18,7	0,560	16,7	0,560	
18.....	15,8	0,560	19,6	0,560	19,0	0,550	
19.....	16,8	0,580	21,0	0,580	20,0	0,580	
20.....	17,7	0,580	25,3	0,580	25,0	0,590	
21.....	17,1	0,600	29,1	0,610	27,3	0,615	
22.....	20,0	0,620	22,2	0,620	21,1	0,610	
23.....	20,0	0,610	21,5	0,610	21,4	0,600	
24.....	20,0	0,590	23,0	0,600	21,6	0,600	
25.....	19,4	0,600	27,1	0,600	23,0	0,600	
26.....	20,2	0,610	29,0	0,610	25,0	0,610	
27.....	21,0	0,620	26,0	0,620	25,4	0,620	
28.....	21,0	0,615	23,1	0,600	22,2	0,600	
29.....	20,2	0,590	23,0	0,590	21,6	0,570	
1 ^{er} mars.....	19,4	0,560	22,0	0,560	21,4	0,560	
2.....	19,5	0,560	22,4	0,550	21,3	0,540	
3.....	19,5	0,540	22,8	0,535	21,3	0,535	
4.....	19,0	0,530	21,7	0,520	21,0	0,505	
5.....	18,0	0,510	22,3	0,510	20,5	0,500	
6.....	18,6	0,500	22,5	0,500	20,2	0,487	
7.....	18,2	0,487	22,7	0,487	21,1	0,480	
8.....	18,4	0,480	23,3	0,490	26,0	0,500	
9.....	19,0	0,510	25,0	0,510	25,0	0,520	0,520 = 0 ^m ,50 de la règle en fer.

DATES.	7 ^h MATIN.		1 ^h SOIR.		6 ^h SOIR.		OBSERVATIONS.
	TEMPÉ-	NIVEAU.	TEMPÉ-	NIVEAU.	TEMPÉ-	NIVEAU.	
	RATURE.		RATURE.		RATURE.		
	degrés.	mètre.	degrés.	mètre.	degrés.	mètre.	
10 mars.....	20,1	0,520	22,0	0,500	21,0	0,500	
11.....	19,4	0,480	22,0	0,480	22,2	0,500	
12.....	20,0	0,500	24,2	0,500	22,6	0,500	
13.....	20,0	0,480	25,0	0,480	22,0	0,480	
14.....	20,4	0,490	25,3	0,490	25,0	0,490	
15.....	18,7	0,490	24,0	0,490	24,2	0,500	
16.....	21,4	0,500	26,2	0,500	23,1	0,490	
17.....	22,1	0,490	24,8	0,470	24,0	0,470	
18.....	22,8	0,470	30,1	0,470	26,8	0,480	
19.....	23,0	0,480	28,1	0,480	25,2	0,470	
20.....	23,6	0,470	29,0	0,470	28,0	0,470	
21.....	24,0	0,480	31,0	0,480	29,2	0,478	
22.....	25,0	0,470	31,0	0,470	28,1	0,470	
23.....	24,0	0,480	25,2	0,480	28,0	0,460	
24.....	23,1	0,450	26,0	0,440	24,2	0,450	
25.....	23,0	0,440	28,2	0,450	25,0	0,450	
26.....	22,0	0,450	27,5	0,450	26,4	0,450	
27.....	22,5	0,450	26,8	0,450	27,0	0,450	
28.....	23,0	0,450	30,3	0,450	29,0	0,450	
29.....	26,0	0,450	29,2	0,450	29,0	0,450	
30.....	25,0	0,450	28,4	0,440	27,0	0,440	
31.....	25,1	0,440	28,3	0,440	27,0	0,420	
1 ^{er} avril.....	24,0	0,400	26,0	0,400	24,1	0,400	
2.....	24,0	0,390	26,3	0,390	24,0	0,390	
3.....	23,2	0,380	"	"	"	"	
4.....	"	"	27,8	0,360	23,5	0,360	
5.....	23,5	0,360	25,9	0,350	27,3	0,350	
6.....	23,5	0,350	26,8	0,350	25,4	0,350	
7.....	24,3	0,350	29,6	0,350	28,2	0,350	
8.....	24,8	0,350	28,7	0,350	28,5	0,350	
9.....	25,2	0,350	31,0	0,350	29,4	0,350	
10.....	25,8	0,350	32,0	0,350	30,2	0,350	
11.....	25,9	0,340	27,8	0,340	27,1	0,340	
12.....	25,2	0,340	30,3	0,340	27,6	0,340	
13.....	25,8	0,340	31,3	0,340	28,4	0,340	
14.....	25,8	0,340	31,7	0,340	28,1	0,340	
15.....	26,1	0,340	31,8	0,340	28,6	0,340	
16.....	26,6	0,340	29,7	0,340	28,2	0,340	
17.....	27,0	0,330	"	"	27,7	0,330	
18.....	26,8	0,330	30,6	0,330	33,3	0,330	
19.....	28,1	0,320	"	"	29,3	0,320	
20.....	27,9	0,320	"	"	30,8	0,320	
21.....	29,3	0,320	"	"	31,7	0,320	
22.....	28,6	0,310	"	"	29,2	0,310	
23.....	28,3	0,300	"	"	29,9	0,290	
24.....	28,4	0,290	"	"	31,2	0,290	
25.....	28,7	0,300	"	"	29,7	0,300	
26.....	28,9	0,300	"	"	29,7	0,300	
27.....	28,9	0,300	"	"	29,7	0,300	
28.....	28,7	0,300	"	"	30,8	0,290	
29.....	27,6	0,280	"	"	29,1	0,270	
30.....	27,3	0,270	"	"	31,9	0,270	

DATES.	7 ^h MATIN.		1 ^h SOIR.		6 ^h SOIR.		OBSERVATIONS.
	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	
	degrés.	mètre.	degrés.	mètre.	degrés.	mètre.	
1 ^{er} mai.....	28,8	0,260	"	"	31,4	0,260	
2.....	28,3	0,260	"	"	30,7	0,260	
3.....	29,2	0,260	"	"	31,2	0,260	
4.....	27,7	0,260	"	"	28,5	0,250	
5.....	26,9	0,240	"	"	27,2	0,230	
6.....	27,4	0,230	"	"	28,6	0,220	
7.....	27,3	0,230	"	"	29,1	0,215	
8.....	26,2	0,210	"	"	28,2	0,200	
9.....	26,6	0,200	"	"	29,0	0,200	
10.....	25,7	0,200	29,1	0,180	28,1	0,170	
11.....	25,1	0,170	28,9	0,170	29,5	0,170	
12.....	24,3	0,170	29,5	0,170	26,0	0,165	
13.....	24,2	0,160	28,9	0,160	26,5	0,160	
14.....	24,0	0,160	29,1	0,160	31,0	0,160	
15.....	25,6	0,160	31,8	0,160	31,1	0,160	
16.....	25,8	0,160	35,6	0,160	32,2	0,160	
17.....	25,0	0,160	32,5	0,170	30,3	0,160	
18.....	25,5	0,150	32,7	0,160	29,6	0,150	
19.....	24,7	0,150	33,6	0,150	33,0	0,150	
20.....	27,0	0,160	33,2	0,160	29,5	0,150	
21.....	27,7	0,170	32,9	0,170	30,2	0,160	
22.....	28,6	0,170	34,1	0,170	31,6	0,180	
23.....	28,5	0,170	33,9	0,170	29,5	0,160	
24.....	28,3	0,180	33,1	0,180	29,8	0,180	
25.....	28,6	0,180	32,9	0,180	31,4	0,170	
26.....	28,7	0,160	33,5	0,180	32,3	0,160	
27.....	28,3	0,160	34,8	0,180	31,0	0,160	
28.....	28,4	0,170	31,6	0,180	30,7	0,150	
29.....	28,9	0,170	30,2	0,170	29,9	0,160	
30.....	27,9	0,180	30,0	0,180	30,3	0,160	
31.....	27,6	0,180	29,5	0,170	30,5	0,160	
1 ^{er} juin.....	28,9	0,150	31,6	0,150	31,8	0,150	
2.....	29,0	0,140	31,1	0,140	30,9	0,140	
3.....	28,4	0,140	30,7	0,140	31,2	0,140	
4.....	29,0	0,140	31,0	0,150	32,0	0,140	
5.....	28,5	0,140	31,6	0,140	31,9	0,140	
6.....	29,7	0,150	30,9	0,150	31,1	0,150	
7.....	29,5	0,150	31,3	0,150	31,5	0,150	
8.....	30,5	0,140	31,9	0,150	30,5	0,140	
9.....	29,3	0,150	30,7	0,150	30,6	0,140	
10.....	30,1	0,140	31,4	0,150	29,8	0,150	
11.....	28,6	0,140	29,9	0,140	30,0	0,140	
12.....	27,9	0,130	29,3	0,130	31,2	0,130	
13.....	30,6	0,120	31,9	0,120	31,1	0,110	
14.....	29,1	0,110	31,5	0,110	31,0	0,100	
15.....	27,3	0,100	30,3	0,100	29,5	0,100	
16.....	28,6	0,100	31,4	0,100	27,8	0,110	
17.....	27,3	0,100	31,7	0,100	28,1	0,100	
18.....	28,1	0,100	31,9	0,100	30,1	0,100	
19.....	28,0	0,100	31,2	0,100	29,2	0,090	
20.....	28,2	0,100	29,8	0,100	28,6	0,100	

DATES.	7 ^h MATIN.		1 ^h SOIR.		6 ^h SOIR.		OBSERVATIONS.
	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	
	degrés.	mètre.	degrés.	mètre.	degrés.	mètre.	
21 juin.....	27,9	0,100	30,6	0,100	30,3	0,090	
22.....	26,8	0,090	30,1	0,090	30,0	0,090	
23.....	27,2	0,090	30,4	0,090	29,0	0,090	
24.....	27,0	0,100	31,0	0,100	29,0	0,100	
25.....	27,0	0,100	31,6	0,090	30,0	0,090	
26.....	26,8	0,090	32,9	0,090	29,6	0,090	
27.....	27,3	0,070	30,8	0,080	30,0	0,070	
28.....	27,1	0,070	31,6	0,070	29,0	0,070	
29.....	28,4	0,080	30,0	0,090	28,2	0,070	
30.....	27,1	0,070	31,6	0,070	29,2	0,060	
1 ^{er} juillet.....	27,3	0,060	31,1	0,060	28,3	0,060	
2.....	27,6	0,060	30,8	0,060	28,7	0,060	
3.....	27,3	0,060	31,0	0,060	29,1	0,060	
4.....	27,2	0,060	30,3	0,060	30,0	0,060	
5.....	27,1	0,050	31,6	0,050	30,4	0,050	
6.....	26,9	0,040	29,9	0,040	29,4	0,030	
7.....	27,0	0,030	29,6	0,030	28,3	0,030	
8.....	27,2	0,030	28,9	0,030	28,6	0,020	
9.....	26,9	0,020	28,3	0,020	27,9	0,020	
10.....	27,3	0,020	29,2	0,020	29,0	0,020	
11.....	27,0	0,020	29,8	0,020	29,3	0,020	
12.....	27,4	0,020	28,7	0,020	28,8	0,020	
13.....	27,0	0,010	29,6	0,010	29,0	0,010	
14.....	26,7	0,010	28,7	0,010	28,3	0,010	
15.....	26,1	0,010	28,2	0,020	27,3	0,020	
16.....	25,9	0,020	30,3	0,020	28,1	0,020	
17.....	27,1	0,020	"	"	26,8	0,000	Niveau minimum de l'an-
18.....	26,5	"	"	"	27,1	"	née, adopté comme
19.....	"	"	"	"	"	"	zéro de l'échelle hydro-
20.....	"	"	"	"	29,1	0,030	métrique.
21.....	"	"	"	"	"	"	La direction de la sta-
22.....	27,5	0,030	"	"	28,2	0,030	tion météorologique du
23.....	"	"	"	"	"	"	Tchad ayant été remise
24.....	26,2	0,030	"	"	28,0	0,030	par la Mission aux au-
25.....	"	"	"	"	"	"	torités territoriales de
26.....	"	"	"	"	"	"	Bol. à la date du 18
27.....	"	"	"	"	"	"	juillet, les observations
28.....	"	"	"	"	"	"	de température et de
29.....	26,5	0,040	"	"	"	"	niveau du lac n'ont
30.....	"	"	"	"	"	"	plus été effectuées avec
31.....	27,5	0,040	"	"	"	"	la même régularité.
1 ^{er} août.....	27,0	0,060	"	"	"	"	
2.....	26,5	0,060	"	"	26,5	0,070	
3.....	26,0	0,070	"	"	"	"	
4.....	"	"	"	"	"	"	
5.....	"	"	"	"	27,0	0,070	
6.....	26,0	0,090	"	"	28,0	0,090	
7.....	26,8	0,090	"	"	"	"	
8.....	26,5	0,100	"	"	"	"	
9.....	"	"	"	"	"	"	

DATES.	7 ^h MATIN.		6 ^h SOIR.		OBSERVATIONS.
	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	
	degrés.	mètre.	degrés.	mètre.	
10 août.....	25,3	0,120	"	"	
11.....	"	"	"	"	
12.....	26,8	0,130	"	"	
13.....	27,3	0,130	"	"	
14.....	27,0	0,130	"	"	
15.....	27,0	0,160	"	"	
16.....	"	"	"	"	
17.....	27,5	0,180	28,2	0,180	
18.....	28,0	0,190	"	"	
19.....	"	"	"	"	
20.....	"	"	"	"	
21.....	"	"	"	"	
22.....	27,5	0,250	"	"	
23.....	"	"	"	"	
24.....	"	"	"	"	
25.....	27,5	0,270	"	"	
26.....	"	"	"	"	
27.....	"	"	"	"	
28.....	28,0	0,300	"	"	
29.....	"	"	"	"	
30.....	"	"	"	"	
31.....	28,0	0,320	"	"	
1 ^{er} septembre.....	"	"	"	"	
2.....	"	"	"	"	
3.....	28,0	0,350	"	"	
4.....	"	"	29,0	0,340	
5.....	"	"	"	"	
6.....	"	"	"	"	
7.....	"	"	"	"	
8.....	28,0	0,390	"	"	
9.....	"	"	"	"	
10.....	"	"	"	"	
11.....	"	"	"	"	
12.....	28,0	0,440	"	"	
13.....	"	"	"	"	
14.....	28,5	0,470	33,0	0,470	
15.....	29,5	0,470	34,0	0,470	
16.....	29,0	0,490	34,0	0,490	
17.....	"	"	"	"	
18.....	"	"	"	"	
19.....	"	"	"	"	
20.....	"	"	"	"	
21.....	"	"	"	"	
22.....	"	"	"	"	
23.....	"	"	"	"	
24.....	"	"	"	"	
25.....	"	"	"	"	
26.....	29,0	0,650	34,5	0,650	
27.....	29,4	0,670	35,0	0,680	
28.....	28,5	0,690	35,5	0,690	
29.....	"	"	"	"	
30.....	"	"	"	"	

DATES.	8 ^h MATIN.		6 ^h SOIR.		OBSERVATIONS.
	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	TEMPÉ- RATURE.	NIVEAU.	
	degres.	mètre.	degres.	mètre.	
16 novembre	"	"	"	"	
17.....	"	"	"	"	
18.....	"	"	"	"	
19.....	"	"	"	"	
20.....	17,0	1,390	"	"	
21.....	20,0	1,300	"	"	
22.....	17,0	1,320	"	"	
23.....	20,0	1,360	"	"	
24.....	20,0	1,380	"	"	
25.....	19,0	1,380	"	"	
26.....	20,0	1,400	"	"	
27.....	19,0	1,400	"	"	
28.....	17,2	1,410	"	"	
29.....	16,8	1,410	"	"	
30.....	16,2	1,400	"	"	
1 ^{er} décembre	16,0	1,450	"	"	
2.....	16,5	1,460	"	"	
3.....	16,1	1,460	"	"	
4.....	"	"	"	"	
5.....	"	"	"	"	
6.....	"	"	"	"	
7.....	16,7	1,460	"	"	
8.....	16,0	1,470	"	"	
9.....	17,0	1,470	"	"	
10.....	16,5	1,470	"	"	
11.....	16,0	1,480	"	"	
12.....	16,6	1,480	"	"	
13.....	16,0	1,480	"	"	
14.....	17,0	1,480	"	"	
15.....	17,0	1,490	"	"	
16.....	18,0	1,490	"	"	
17.....	18,0	1,510	"	"	
18.....	18,2	1,520	"	"	
19.....	18,5	1,520	"	"	
20.....	"	"	"	"	
21.....	"	"	"	"	
22.....	"	"	"	"	
23.....	"	"	"	"	
24.....	"	"	"	"	
25.....	"	"	"	"	
26.....	19,0	1,500	"	"	
27.....	19,1	1,500	"	"	
28.....	"	"	"	"	
29.....	"	"	"	"	
30.....	"	"	"	"	
31.....	"	"	"	"	

NOTA. Le zéro de l'échelle hydrométrique correspond au niveau minimum atteint par le lac à Bol en 1908 (17 juillet 6^h soir) et à la division - 0^m,02 du poteau repère en fer.

LAC TCHAD.

TEMPÉRATURE DE L'EAU DANS LA ZONE DES EAUX LIBRES.

DATES.	6 ^h .	12 ^h .	21 ^h .	POINTS D'OBSERVATION.
	degrés.	degrés.	degrés.	
9 février 1908.....	"	17,4	"	Au large entre Samia et N'Goréa.
11.....	19,0	21,2	"	Au large entre Seyorom et Baga.
13.....	"	20,2	"	Au large devant Baga.
16.....	"	17,2	"	<i>Idem.</i>
17.....	17,2	18,1	"	<i>Idem.</i>
22.....	"	22,2	"	Au large entre Baga et Seyorom.
23.....	"	24,4	"	Au large devant Seyorom.
24.....	19,2	22,1	"	<i>Idem.</i>
28.....	"	25,8	"	<i>Idem.</i>
29.....	21,0	23,0	"	<i>Idem.</i>
6 mars 1908.....	"	22,1	"	Au large entre Samia et Gréa.
7.....	"	21,6	"	Au large entre Gréa et l'embouchure du Chari.
9.....	"	25,4	"	Au large de l'embouchure du Chari.
10.....	"	23,2	"	<i>Idem.</i>
13.....	"	23,6	"	Au large de Momo.
14.....	22,0	23,8	"	En route entre Momo et Bol.

Modèle de bulletin d'observations météorologiques pour observateur en route.

MISSION NIGER-TCHAD.

(CAPITAINE TILHO, CHEF DE MISSION.)

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

Année 1908.

Mois d'Avril.

Nom du pays : *Afrique centrale, territoire militaire du Tchad.*

Latitudes extrêmes : 12° 51' à 14° 08' N.

Stations de N'Gouri à Mao, par Hadjer el Hamis.

Longitudes extrêmes (de Paris) : 12° 29' E. à 13° 23' E.

OBSERVATEUR : M. le lieutenant VIGNON, de l'infanterie coloniale.

Hauteur de l'entonnoir du pluviomètre au-dessus du sol :

Nature du baromètre : *Anéroïde.*

Número du thermomètre : 19512 du 1^{er} au 10 à 6 heures; 19529 du 10 à 12 heures au 30 inclus.

Número et constructeur : 13488; veuve Poirelle et Dourde.

Número du thermomètre mouillé : 19512 du 1^{er} au 10 à 6 heures; 19529 du 10 à 12 heures au 30 inclus.

Correction fixe : voir Remarques générales.

Número du thermomètre à maxima : 23339.

Nature du pluviomètre :

Número du thermomètre à minima : 22446.

Pour les notations et la manière de faire les observations, on s'est conformé aux Instructions publiées par le Bureau central météorologique.

REMARQUES GÉNÉRALES.

- Les nombres portés dans les tableaux ci-contre n'ont pas été corrigés des erreurs instrumentales.
- Les observations ayant eu lieu en des points différents, les moyennes qui ne présenteraient pas d'intérêt n'ont pas été calculées.
- Corrections instrumentales telles qu'elles résultent des comparaisons faites, au départ de la Mission et à son retour, par le Bureau central météorologique.

Baromètre n° 13488 (corrections fournies par l'hygromètre n° 351).

	millim.
Le 1 ^{er} avril.	+ 0,6
Le 6	+ 1,1
Le 12	+ 1,3
Le 18	+ 1,6
Le 24	+ 1,9
Le 30	+ 2,1

Thermomètres n° 19512-19529.

Thermomètre à maxima.

Thermomètre à minima.

Les corrections sont négligeables vis-à-vis des erreurs d'observation.

STATIONS DE N'GOURI À MD

(PAR BADJER EL HAMUS).

MOIS D'AVRIL 1908.

STATIONS DE NGOURI A MO																	PAR BADJER EL HAMUS.			MOIS D'AVRIL 1902.		
DATES.	LIEUX.			TEMPÉRATURES VENTOS.			TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ.				ÉTAT DU CIEL.			PRESSION BAROMÉTRIQUE.								
	6 HEURES.	12 HEURES.	21 HEURES.	NORD.	NORD-EST.	SUD-EST.	12 HEURES.			ÉTAT HYGROMÉTRIQUE.	6 HEURES.	12 HEURES.	21 HEURES.	6 HEURES.	12 HEURES.	21 HEURES.						
							TEMPÉRATURES.															
							Sec.	Moist.	Diffé- rence.		Sec.	Moist.	Diffé- rence.									
1.	N'Gouri.	N'Gouri.	N'Gouri.	23.6	25.3	26.8	21.7	11.1	14.8	15	22.2	16.4	15.1	18	29.6	29.6	29.6					
2.	Idem.	Idem.	Idem.	21.6	26.6	29.8	21.0	12.2	9.6	26	21.7	19.7	18.6	25	29.6	29.8	29.6					
3.	Idem.	Koulepyem.	Koulepyem.	-	-	-	19.2	16.5	2.8	15	21.7	17.0	15.9	15	29.7	29.9	29.1					
4.	Koulepyem.	Pala Kachoua.	Pala Kachoua.	-	-	-	17.5	19.9	2.4	15	21.4	17.9	17.3	15	29.6	29.6	29.2					
5.	Pala Kachoua.	Pala Kachoua.	Pala Kachoua.	-	-	-	19.8	19.7	0.1	15	21.5	17.5	14.0	15	29.6	29.8	29.6					
6.	Mamouri.	Mamouri.	Mamouri.	-	-	-	19.8	17.0	2.8	21	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
7.	Idem.	Idem.	Idem.	-	-	-	18.8	17.6	1.2	22	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
8.	Idem.	Achou.	Achou.	-	-	-	27.2	15.8	11.4	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
9.	Achou.	Mamouri.	Mamouri.	-	-	-	24.1	16.0	8.1	21	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
10.	Mamouri.	Idem.	Idem.	-	-	-	22.3	16.7	5.6	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
11.	Idem.	Ela Kala.	Ela Kala.	-	-	-	-	-	-	-	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
12.	Ela Kala.	Kafoum.	N'Gouri.	-	-	-	19.7	9.6	10.1	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
13.	N'Gouri.	Kellou.	Kellou.	-	-	-	17.0	15.0	2.0	77	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
14.	Kellou.	Brera.	Brera.	-	-	-	16.7	15.3	1.4	19	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
15.	Brera.	Dilali.	Brera.	-	-	-	18.0	17.0	1.0	28	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
16.	Brera.	Brera.	Badjer el Hamus.	-	-	-	19.2	15.1	4.1	22	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
17.	Badjer el Hamus.	Badjer el Hamus.	Idem.	-	-	-	19.0	15.4	3.6	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
18.	Idem.	Amali.	Brera.	-	-	-	20.8	15.1	5.7	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
19.	Brera.	Dilali.	Brera.	-	-	-	16.8	11.0	5.8	24	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
20.	Brera.	Kellou.	Kellou.	-	-	-	18.2	19.0	1.8	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
21.	Kellou.	Kouka.	Kouka.	-	-	-	18.4	18.6	0.2	24	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
22.	Martre.	Arichali.	Arichali.	-	-	-	18.8	15.6	3.2	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
23.	Arichali.	Irangou.	Irangou.	-	-	-	15.0	15.4	0.4	11	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
24.	Irangou.	Daliga.	Daliga.	-	-	-	16.0	12.0	4.0	17	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
25.	Daliga.	Dilimitchi.	Dilimitchi.	-	-	-	18.1	12.0	6.1	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
26.	Dilimitchi.	N'Gouri.	N'Gouri.	-	-	-	18.1	12.0	6.1	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
27.	N'Gouri.	N'Gouri.	Brera.	-	-	-	18.7	12.0	6.7	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
28.	Brera.	Idem.	Idem.	-	-	-	18.7	12.0	6.7	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
29.	Idem.	Idem.	Idem.	-	-	-	18.7	12.0	6.7	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
30.	Idem.	Idem.	Idem.	-	-	-	18.7	12.0	6.7	15	21.2	17.0	14.2	15	29.6	29.6	29.6					
Total.				46.6	49.9	52.1	41.0	32.4	8.6	113.3	29.8	24.1	16.4	165.0	165.0	165.0						
Moyenne.				23.3	24.9	26.0	20.5	16.2	4.3	56.6	24.9	22.4	18.2	155.0	155.0	155.0						

STATIONS DE N'GOURI À MAO

(PAR HADJER EL HAMIS).

MOIS D'AVRIL 1908.

DATE.	VENT DES QUARTIERS.						PLUIE EN MILLIMÈTRES ET MILLIM.			FORME ET DIRECTION DES ÉCARTS		
	6 heures.		12 heures.		18 heures.		6 heures.	12 heures.	TOTAL de la journée.	6 heures.	12 heures.	18 heures.
	Direction.	Force.	Direction.	Force.	Direction.	Force.						
1.....	N. N. E.	7	E. N. E.	3	N. E.	3				N. E.	P.	P.
2.....	N. E.	3	E. N. E.	3	E. N. E.	3				N. E.	P.	P.
3.....	N. E.	4	N.	4	N. E.	4				N. E.	P.	P.
4.....	N. N. W.	3	N. N. W.	3	N. N. E.	3				N. E.	com.	str.
5.....	N.	3	N. N. E.	4	N. N. E.	4				N. E.	str.	com.
6.....	N. N. E.	4			N. N. E.	4				N. E.	com.	str.
7.....	N. N. E.	4	S.	3						N. E.	str.	com.
8.....	N. N. E.	4	E. N. E.	3	N. N. E.	3				N. E.	str.	com.
9.....			S. E.	4	N. E.	3				N. E.	str.	com.
10.....			E.	4	N. E.	3				N. E.	str.	com.
11.....			E. N. E.	4	N. E.	3				N. E.	str.	com.
12.....	N. E.	4	N. N. W.	1	W.	1				N. E.	str.	com.
13.....			S. S. W.	3						N. E.	str.	com.
14.....	W. N. W.	3	W. N. W.	1	N. W.	1				N. E.	str.	com.
15.....			E. N. E.	6						N. E.	str.	com.
16.....					N. W.	3				N. E.	str.	com.
17.....	E.	3	N. E.	4	N.	3				N. E.	str.	com.
18.....	N.	3	N. N. W.	4	N. W.	1				N. E.	str.	com.
19.....			N. E.	3						N. E.	str.	com.
20.....										N. E.	str.	com.
21.....			N. S. W.	1						N. E.	str.	com.
22.....			N. E.	7	N. E.	3				N. E.	str.	com.
23.....	N. E.	3	N. W.	3						N. E.	str.	com.
24.....	E. N. E.	3	N. E.	3						N. E.	str.	com.
25.....	S. W.	3	S. W.	3	S.	3				N. E.	str.	com.
26.....			S. W.	5	N. W.	1				N. E.	str.	com.
27.....										N. E.	str.	com.
28.....	E. N. E.	3	E. N. E.	3						N. E.	str.	com.
29.....			E.	3						N. E.	str.	com.
30.....			E. N. E.	3						N. E.	str.	com.
31.....										N. E.	str.	com.

(1) La notation «P», indique la présence dans l'atmosphère de poussière soulevée par les vents ayant régné. (Voir à ce sujet p. 334, 335 et 336, Brucellé, Brucellé.)

REMARQUES DIVERSES ET PRÉVISIONS ACCIDENTELLES.

(MÉTÉO., TERRESTRE, MÉR., MÉR.)

1/3 dans le sud, tempête de vent du Nord.

I. TRANSLATIONS ÉCARTS.

M = 44° 1' N = 16° 4'.

Les observations ont été faites pendant le séjour du détachement à Mao du 17 au 30 avril, pour un pas de fois double enclavé avec ceux du lieutenant Lecomte, déjà installés en ce point.

II. TRANSLATIONS.

La température a été très élevée pendant tout le mois. Il convient à ce sujet de remarquer qu'à Mao les observations ont été prises dans la palmeraie au fond de l'oued; la température sur un toit variable; d'autre part, la température d'après 3 degrés à celle que l'on mesure par le thermomètre à air, de ce fait, l'indicateur d'après 3 degrés à celle que l'on mesure au sommet de la tour. La situation a été extrême, surtout pendant les journées de 3 heures.

III. VENTS.

5 journées de vent violent. Le 17 et le 22, vent violent tempête de vent soufflant d'épave au sud de la palmeraie, à 10 heures, à 10 heures, à 10 heures. La direction du vent est très variable; d'autre part, la température d'après 3 degrés à celle que l'on mesure par le thermomètre à air, de ce fait, l'indicateur d'après 3 degrés à celle que l'on mesure au sommet de la tour. La situation a été extrême, surtout pendant les journées de 3 heures.

IV. PLUIE.

Quelques gouttes de pluie sont tombées deux fois dans le mois du 8 et du 26. Ces chutes de pluie indiquent la présence d'après 3 degrés à celle que l'on mesure par le thermomètre à air, de ce fait, l'indicateur d'après 3 degrés à celle que l'on mesure au sommet de la tour. La situation a été extrême, surtout pendant les journées de 3 heures.

V. TRANSLATIONS DE LA PLUIE À L'ÉTAT DE PRÉVISION.

DATE.	PLUIE.	PLUIE.	PLUIE.	PLUIE.
17	Hadjer el Hamis...	17° 24	23° 3	25° 2
18	Brucellé.....	17° 24	23° 3	25° 2
19	Brucellé.....	17° 24	23° 3	25° 2

VI. TRANSLATIONS DE LA PLUIE.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

VII. CORRECTIONS D'ÉCARTS.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

Observé deux translations de chaleur pendant les jours les plus chauds de la saison.

QUATRIÈME PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE ALTIMÉTRIQUE ⁽¹⁾.

NOTE A.

TRANSPORT D'ALTITUDES

EFFECTUÉ DE DÉCEMBRE 1906 À DÉCEMBRE 1908, DE LA CÔTE DU DAHOMEY (COTONOU)
AU LAC TCHAD, ET RETOUR.

Nous avons exposé, page 261, les conditions générales d'exécution de ce transport d'altitudes. On trouvera aux tableaux A et B ci-dessous les résultats obtenus respectivement au voyage d'aller (Cotonou, lac Tchad) et au voyage de retour.

CORRECTIONS FIXES DES INSTRUMENTS UTILISÉS POUR LA DÉTERMINATION DES DIFFÉRENCES D'ALTITUDE.

Les divers instruments météorologiques utilisés par la Mission ont été comparés par les soins du Bureau central météorologique, avant le départ de France et au retour à Paris. Les résultats de ces comparaisons figurent au tableau ci-après.

⁽¹⁾ Nous groupons sous ce titre les observations qui ont fourni l'altitude du lac Tchad (transport d'altitude de la côte du Dahomey au Tchad et retour), et celles obtenues pour des régions voisines du lac, par comparaison des pressions barométriques à celles notées à la station météorologique du Tchad.

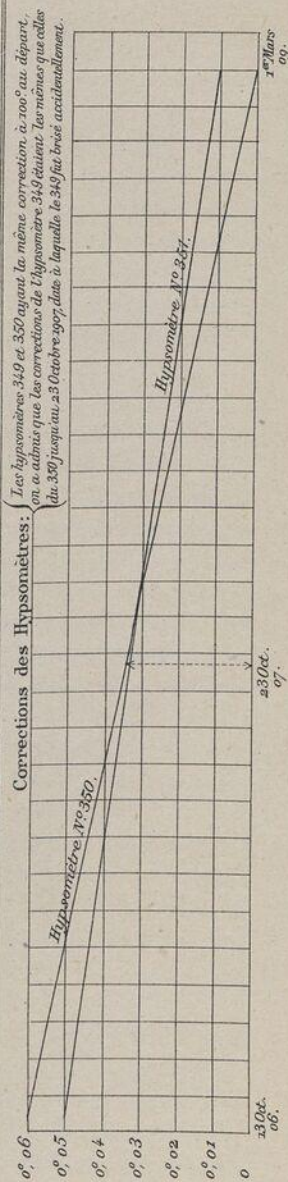
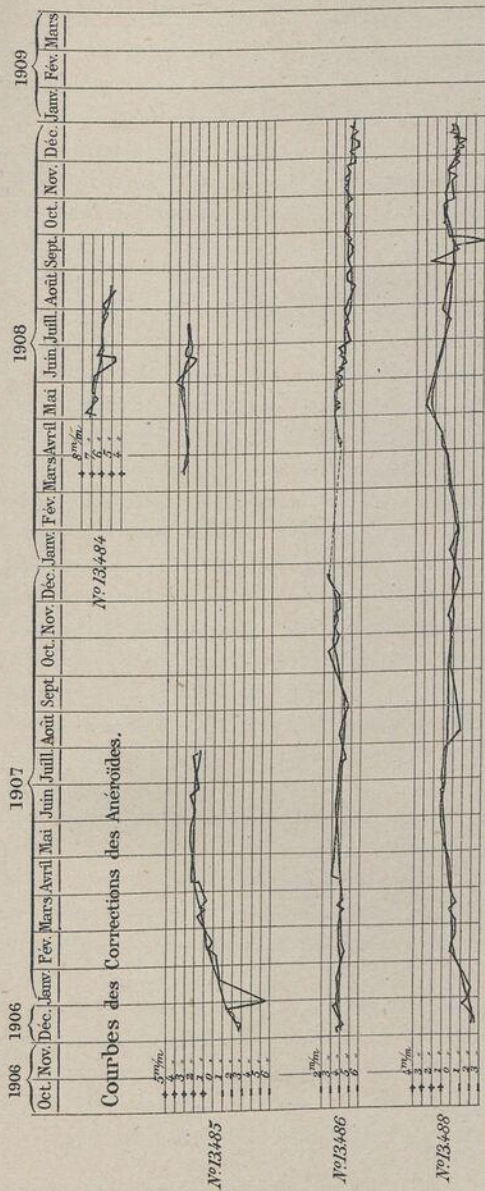
TABLEAU DES CORRECTIONS DES INSTRUMENTS MÉTÉOROLOGIQUES.

(EXTRAIT DU REGISTRE DES COMPARAISONS. — BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE.)

NOMS DES INSTRUMENTS.	NOMS DES FOURNISSEURS et numéros des instruments.	CORRECTIONS INSTRUMENTALES		OBSERVATIONS.
		AU DÉPART DE FRANCE.	AU RETOUR EN FRANCE.	
Baromètre anéroïde altimétrique.	Veuve Poirelle et Dourde, N° 13484.	8 octobre 1906.	Mars 1909.	Correction initiale + 4,32 (comparai- sons au retour en France).
		A 760 ^{mm} correction nulle.	A 760 ^{mm} correction nulle.	
		750 ^{mm} correction nulle.	750 ^{mm} ajouter 0 ^{mm} 1	
		740 ^{mm} ajouter 0 ^{mm} 3	740 0 2	
		730 0 5	730 0 3	
		720 0 6	720 0 3	
		710 0 7	710 0 3	
		700 0 8	700 0 3	
		690 0 9	690 0 3	
		680 0 9	680 0 1	
		670 0 9	670 retrancher 0 1	
		660 0 9	660 0 3	
		650 0 8	650 0 6	
		640 0 8	640 0 9	
		630 0 7	630 1 2	
		620 0 6	620 1 6	
		610 0 6	610 1 9	
		600 0 5	600 2 2	
		590 0 4	590 2 5	
Baromètre anéroïde altimétrique.	Veuve Poirelle et Dourde, N° 13485.	8 octobre 1906.		Remis au comman- dant du poste mili- taire de Bol pour servir à la station météorologique du Tchad.
		A 760 ^{mm} correction nulle.		
		750 ^{mm} ajouter 0 ^{mm} 2		
		740 0 3		
		730 0 6		
		720 0 8		
		710 1 0		
		700 1 2		
		690 1 4		
		680 1 5		
		670 1 6		
		660 1 7		
		650 1 8		
		640 1 8		
		630 1 8		
		620 1 7		
		610 1 5		
		600 1 3		
		590 1 0		

NOMS DES INSTRUMENTS.	NOMS DES FOURNISSEURS et numéros des instruments.	CORRECTIONS INSTRUMENTALES		OBSERVATIONS.
		AU DÉPART DE FRANCE.	AU RETOUR EN FRANCE.	
Baromètre anéroïde altimétrique.	Veuve Poirelle et Doure, N° 13486.	8 octobre 1906.	Mars 1909.	Correction initiale — 5,28 (comparai- sons au retour en France).
		A 760 ^{mm} correction nulle.	A 760 ^{mm} correction nulle.	
		750 ^{mm} ajouter 0 ^{mm} 1	750 correction nulle.	
		740 0 3	740 correction nulle.	
		730 0 4	730 correction nulle.	
		720 0 5	720 retrancher 0 ^{mm} 1	
		710 0 5	710 0 2	
		700 0 5	700 0 2	
		690 0 5	690 0 3	
		680 0 5	680 0 5	
		670 0 5	670 0 7	
		660 0 5	660 0 9	
		650 0 4	650 1 1	
		640 0 3	640 1 4	
		630 0 3	630 1 8	
		620 0 3	620 2 1	
		610 0 2	610 2 4	
		600 0 2	600 2 8	
		590 0 1	590 3 3	
		8 octobre 1906.	Mars 1909.	
Baromètre anéroïde altimétrique.	Veuve Poirelle et Doure, N° 13488.	A 760 ^{mm} correction nulle.	A 760 ^{mm} correction nulle.	
		750 ^{mm} ajouter 0 ^{mm} 1	750 ^{mm} retrancher 0 ^{mm} 5	
		740 0 2	740 1 0	
		730 0 4	730 1 5	
		720 0 5	720 2 0	
		710 0 6	710 2 5	
		700 0 6	700 3 0	
		690 0 6	690 3 5	
		680 0 5	680 4 0	
		670 0 5	670 4 4	
		660 0 4	660 4 8	
		650 0 3	650 5 2	
		640 0 3	640 5 6	
		630 0 2	630 6 0	
		620 0 2	620 6 3	
		610 0 3	610 6 5	
		600 0 3	600 6 7	
		590 0 4	590 7 0	

NOMS DES INSTRUMENTS.	NOMS DES FOURNISSEURS et numéros des instruments.	CORRECTIONS INSTRUMENTALES		OBSERVATIONS.	
		AU DÉPART DE FRANCE.	AU RETOUR EN FRANCE.		
Thermomètres hypsométriques.		13 octobre 1906.	Mars 1909.		
	Baudin, N° 349.....	A 100° corr. moyenne + 0°,06. 0° corr. moyenne + 0°,05.			
	350.....	100° corr. moyenne + 0°,06. 0° corr. moyenne + 0°,03.	A 100° correction nulle.		
	351.....	100° corr. moyenne + 0°,05. 0° corr. moyenne + 0°,03.	A 100° + 0° 01.		
Thermomètres frondes.		13 octobre 1906.	Mars 1909.		
	Tonnelot, N° 19373..	Correction nulle.	Ces divers thermomètres n'ont accusé, au retour, que des corrections négligeables vis- à-vis des erreurs d'observa- tion.		
	19510..	Idem.			
	19512..	Jusqu'à + 10° correction nulle. Au-dessus de + 10° ajouter 0°,01.			
	19513..	Correction nulle.			
	19514..	Idem.			
	19515..	Idem.			
	19527..	De 0° à + 10° correction nulle. Au-dessus de + 10° retrancher 0°,1		Les thermomètres 19527, 19528, 19529, 19530, 19531 ont été reçus en cours de mission (sept. 1908); leurs corrections se rap- portent à la date de leur envoi de France.	
	19528..				
	19530..	De 0° à + 10° correction nulle. De + 10° à + 25° retrancher 0°,1. Au-dessus de + 25° corr. nulle.			
	19529..	De + 10° à + 25° retrancher 0°,1. Au-dessus de + 25° corr. nulle.			
	19531..	Correction nulle.			
Thermomètres à maxima.		13 octobre 1906.			
	Tonnelot, N° 23337..	Correction nulle.	Idem.		
	23338..	Idem.			
	23339..	Jusqu'à + 20° correction nulle. Au-dessus de 20° ajouter 0°,1.			
	23380..	Correction nulle.			
	23381..	Jusqu'à + 20° correction nulle. Au-dessus de + 20° ajouter 0°,1.			
	23382..	Jusqu'à + 10° correction nulle. Au-dessus de + 10° ajouter 0°,1.			
Thermomètres à minima.		13 octobre 1906.			
	Tonnelot, N° 22444..	Retrancher 0° ¹ dans toute l'étendue de l'échelle.	Idem.		
	22445..	Idem.			
	22446..	Correction nulle.			
	22600..	Idem.			
	22601..	Idem.			
	22602..	Idem.			



Ils montrent, pour ceux de ces instruments qui ont servi au « transport des altitudes » (hypsomètres, anéroïdes, thermomètres frondes) :

1° Que les corrections des hypsomètres ont varié, pour le n° 350, de 0°,06 à 0°,00, et pour le n° 351, de 0°,05 à 0°,01; (l'hypsomètre n° 349 a été brisé accidentellement le 23 octobre 1907);

2° Pour les thermomètres frondes, les corrections sont négligeables vis-à-vis des erreurs d'observation.

A défaut d'autre indication, on a admis que la correction des hypsomètres avait varié proportionnellement au temps depuis la date des comparaisons de départ jusqu'à celle du retour. Les corrections obtenues dans cette hypothèse ont été appliquées à l'hypsomètre correspondant, pour la date de chaque observation, en vue de la détermination de la pression barométrique au moment de cette observation.

Les corrections des anéroïdes ont été déduites des comparaisons faites régulièrement avec les hypsomètres. On a ensuite tracé la ligne polygonale⁽¹⁾ obtenue, pour chacun des baromètres, en joignant, de proche en proche, les points dont les ordonnées représentent, pour les diverses dates, les corrections ainsi déterminées. La *courbe des corrections*⁽¹⁾ de chaque anéroïde a été déduite de la ligne polygonale correspondante, en laissant à peu près autant de points de cette ligne au-dessus et au-dessous de la courbe. Les corrections à apporter aux lectures quotidiennes des divers anéroïdes sont celles fournies par la courbe correspondante pour la date considérée. Ce sont ces corrections qui ont été appliquées à chacune des observations barométriques simultanées pour le calcul de la différence d'altitude entre deux stations.

Les deux réseaux hypsométriques⁽²⁾ sont généralement distincts pour chacun des voyages. Ils comprennent cependant un certain nombre de points communs. (Voir tableau C, p. 347.)

En calculant séparément, dans chaque réseau, l'altitude de ces points, on obtient deux valeurs, dont l'écart *donne une idée* de l'approximation que représente la méthode employée pour la détermination, au cours d'un voyage de plus de deux années, des altitudes absolues d'un certain nombre de points des régions parcourues sans connaître la pression barométrique au niveau de la mer.

Nous avons été conduits à cette méthode par suite de l'impossibilité où nous étions, en raison des distances trop grandes, d'utiliser la comparaison directe de nos observations barométriques avec celles des stations fixes existant soit en Afrique occidentale française, soit dans le Soudan égyptien. Les stations continentales, très peu nombreuses et très éloignées les unes des autres, ne pouvaient

(1) Voir courbe, pl. I, 4^e partie ci-contre.

(2) Il faut entendre par *réseau hypsométrique* la ligne formée par les stations entre lesquelles ont été effectuées des observations hypsométriques simultanées.

fournir aucune indication utilisable pour le tracé d'isobares à travers le continent africain. Dans ces conditions, nous n'avions à espérer de l'application de la formule de Laplace que de grossières approximations.

D'autre part, les altitudes de ces stations continentales sont elles-mêmes fort incertaines. Pour celles qui sont les moins éloignées du Tchad, notamment Tombouctou ($1,800^k$) et Bangui ($1,200^k$), les altitudes admises ne sont certainement qu'approchées. Or, il paraît difficile de se rendre compte de la valeur de ces approximations.

Enfin, l'anomalie barométrique que nos observations ont révélée dans la région du Tchad⁽¹⁾, où semble dominer un régime de basses pressions, avec une amplitude annuelle considérable, aurait finalement enlevé toute valeur à des déterminations de différences d'altitudes susceptibles de varier, par exemple; de 80^m , d'un mois à l'autre, pour une altitude moyenne inférieure à 300^m ⁽²⁾.

Dans la méthode dite du *transport des altitudes* à laquelle nous nous sommes arrêtés, nous avons pour chaque détermination nouvelle une station de comparaison d'altitude connue par la détermination précédente. La simultanéité des observations barométriques et thermométriques, entre deux stations consécutives et relativement peu éloignées, était d'ailleurs toujours assurée d'une façon aussi satisfaisante que possible. Les officiers chargés des observations hypsométriques étaient en effet les officiers géodèses de la Mission, qui avaient toujours une heure exacte du lieu. D'ailleurs, pour tenir compte de la différence de longitude entre deux stations simultanées, on faisait choix d'un méridien commun, auquel étaient rapportées les heures d'observations simultanées. Il nous parut que l'heure la plus convenable à ces observations était 1^h du soir; l'atmosphère étant alors généralement calme, tandis que, pendant l'hivernage, les tornades éclatent d'ordinaire plus tard dans l'après-midi.

Pour avoir la différence d'altitude entre deux stations, on a fait intervenir, outre les observations hypsométriques, les observations barométriques simultanées entre ces stations. Les observations hypsométriques fournissant la pression avec une précision plus grande que les anéroïdes; la simultanéité des lectures hypsométriques étant, en général, mieux assurée que celles faites dans les conditions habituelles aux anéroïdes, nous avons convenu de donner, dans le calcul des différences d'altitude, le poids 3 à une observation hypsométrique et le poids 1 à une observation barométrique. Dans le cas où plusieurs observations barométriques simultanées ont été effectuées entre deux stations, on a calculé, *jour par jour*, la différence d'altitude entre les deux stations par la moyenne des

(1) Voir pages 303 à 308.

(2) La comparaison des baromètres de la station du Tchad et de Tombouctou donne pour la différence d'altitude : en décembre, 15^m ; en avril, 96^m . Ces deux mois correspondent au minimum et au maximum barométrique au Tchad où l'amplitude est à peu près double de l'amplitude à Tombouctou.

lectures barométriques dans chaque station. Suivant qu'il y eut, par jour, 1, 2 ou 3 observations barométriques simultanées, on donna au résultat partiel ainsi obtenu respectivement le poids 1, 2, 3. La différence d'altitude entre deux stations simultanées est ainsi déterminée d'une façon générale :

1° Par une ou plusieurs observations hypsométriques dont chacun des résultats est affecté du poids 3 ;

2° Par des observations barométriques quotidiennes, dont les résultats, calculés pour chaque jour, sont affectés d'un poids égal au nombre des observations barométriques simultanées faites dans le jour (1, 2 ou 3).

Multipliant chacun des résultats partiels par le poids correspondant et divisant la somme des nombres ainsi obtenus par la somme des poids, on obtient entre deux stations simultanées les chiffres de la colonne « différence de niveau adoptée ». L'altitude absolue, dans chacun des tableaux, se déduit, pour chaque point, de l'altitude de l'origine du réseau altimétrique (Cotonou, pour le voyage d'aller : 9^m au-dessus du niveau des plus basses mers ; lac Tchad, pour le voyage de retour : 247^m, résultat fourni par le voyage d'aller).

Le tableau D fournit les altitudes des stations résultant de la combinaison des réseaux hypsométriques d'aller et retour. Il a été dressé comme suit : Les résultats obtenus dans chacun de ces réseaux étant considérés comme ayant une valeur équivalente, on a adopté comme altitude absolue des stations communes aux deux réseaux la moyenne des résultats obtenus dans chacun d'eux. On a ensuite intercalé entre ces stations les points intermédiaires de chacun des réseaux, en apportant aux résultats primitifs une correction déduite de celles résultant, pour les stations communes, de la moyenne adoptée.

Nous fournirons ultérieurement, en même temps que la carte des régions comprises entre Niger et Tchad, l'altitude des stations situées en dehors des réseaux hypsométriques, stations pour lesquelles il existe seulement des observations barométriques effectuées simultanément avec celles des réseaux hypsométriques.

TABLEAU A.

TRANSPORT D'ALTITUDES

EFFECTUÉ DE LA MER (COTONOU) AU LAC TCHAD.

STATIONS.	POINTS D'OBSERVATION.	DISTANCE à vol d'oiseau entre les stations. kilom.	DIFFÉRENCE DE NIVEAU AVEC LA STATION PRÉCÉDENTE.						DIFFÉRENCE DE NIVEAU ADOPTÉE. mètres	ALTITUDES ABSOLUES. mètres	OBSER- VATIONS.
			Par le baromètre.			Par l'hypsomètre.					
			Dates et nombre d'observa- tions.	Différence de niveau. mètres	Moyenne. mètres	Dates et nombre d'observa- tions.	Différence de niveau. mètres	Moyenne. mètres			
Cotonou	Bâtiment du Génie...	"	"	"	"	"	"	"	"	+9	
Parakou	Case des passagers. ..	333	1906-10/12 (3)	+381	+369						
Idem.....	Idem.....	"	1906-12/12 (3)	+370							
Idem.....	Idem.....	"	1906-13/12 (3)	+377							
Idem.....	Idem.....	"	1906-14/12 (3)	+366		1906-14/12 (1)	+363	+367			
Idem.....	Idem.....	"	1906-15/12 (2)	+356		1906-15/12 (1)	+371				
Idem.....	Idem.....	"	1906-16/12 (1)	+343				+368	+377		
Carimama	Case des passagers ...	326	1906-27/12 (2)	-198	-195						
Idem.....	Idem.....	"	1906-28/12 (3)	-197							
Idem.....	Idem.....	"	1906-29/12 (3)	-203		1906-29/12 (1)	-194	-193			
Idem.....	Idem.....	"	1906-30/12 (3)	-188							
Idem.....	Idem.....	"	1906-31/12 (3)	-189		1906-31/12 (1)	-191		-194	+183	
Niveau du Niger à Carimama, le 1 ^{er} janvier 1907.	"	"	"	"	"	"	"	"	-19	+164	Observation di- recte.
Albarkaïzé	Centre du village....	6	"	"	"	"	"	"	+2	+166	Observation di- recte : 2 m au-dessus du niveau du Ni- ger, le 1 ^{er} janvier 1907.
Gaya.....	Campement de la Mis- sion (à mi-chemin entre le fleuve et le village).	33	1907-18/1 (3)	+6	+6	1907-18/1 (1)	+9	+9	+8	+174	
Bengon.....	Campement de la Mis- sion à 800 mètres au Nord du village.	18,5	1907-15/1 (1)	+2	+7						
			1907-16/1 (3)	+11							

STATIONS.	POINTS D'OBSERVATION.	DISTANCE à VOL d'oiseau entre les stations. kilom.	DIFFÉRENCE DE NIVEAU AVEC LA STATION PRÉCÉDENTE.						DIFFÉRENCE DE NIVEAU ADOPTÉE.	ALTITUDES ABSOLUES.	OBSER- VATIONS.
			Par le baromètre.			Par l'hypsomètre.					
			Dates et nombre d'observa- tions.	Différence de niveau. mètres	Moyenne. mètres	Dates et nombre d'observa- tions.	Différence de niveau. mètres	Moyenne. mètres			
Bengou (Suite)...	Campement de la Mis- sion à 800 mètres au Nord du village.	18,5	1907-17/1 (2)	+9	+7						
			1907-18/1 (3)	+8							
			1907-19/1 (3)	+6							
			1907-20/1 (2)	+4							
			1907-21/1 (3)	+6			1907-21/1 (1)	+10	+10	+8	+182
			1907-22/1 (1)	+4							
Dioundiou.....	Campement à l'Est du village et au même niveau.	70	"	"	"	1907-15/2 (1)	+26	+26	+26	+208	
Béheye.....	Campement à 12 m environ au-dessous du niveau du village.	50	1907-20/2 (1)	-9	-6	1907-20/2 (1)	-3	-3			
			1907-21/2 (1)	-7							
			1907-27/2 (1)	-8							
			1907-28/2 (3)	-1							
			1907-1/3 (3)	-6							
			1907-2/3 (3)	-10						-5	+203
Béheye.....	(Village.).....	"	"	"	"	"	"	"	+12	+215	Observation di- recte.
Kouni.....	Campement à 300 m dans l'Est de la ville et au même niveau.	176	1907-22/3 (2)	+38		1907-21/3 (1)	+36				
			1907-23/3 (3)	+32							
			1907-24/3 (1)	+46							
			1907-25/3 (2)	+42							
			1907-30/3 (2)	+40							
			1907-31/3 (2)	+34							
			1907-1/4 (3)	+34							
			1907-2/4 (3)	+34							
			1907-3/4 (3)	+27							
			1907-4/4 (3)	+28							
			1907-5/4 (3)	+43							

STATIONS.	POINTS D'OBSERVATION.	DISTANCE à vol. d'oiseau entre les stations.	DIFFÉRENCE DE NIVEAU AVEC LA STATION PRÉCÉDENTE.						DIFFÉRENCE DE NIVEAU adoptée.	ALTITUDES ABSOLUES.	OBSER- VATIONS.
			Par le baromètre.			Par l'hyposmètre.					
			Dates et nombre d'observa- tions.	Différence de niveau.	Moyenne.	Dates et nombre d'observa- tions.	Différence de niveau.	Moyenne.			
		kilom.		mètres	mètres		mètres	mètres	mètres	mètres	
Konni (Suite) ...	Campement à 300 ^m dans l'Est de la ville et au même niveau.	176	1907-6/4 (3)	+ 41							
			1907-7/4 (3)	+ 34							
			1907-8/4 (3)	+ 37							
			1907-9/4 (2)	+ 42							
			1907-10/4 (3)	+ 42	+ 36	"	"	+ 36	+ 36	+ 251	
Sabo n'Birni....	Campement à la porte Ouest du village et au même niveau.	123	"	"	"	1907-3/6 (1)	+ 30	+ 30	+ 30	+ 281	
Doufambara	Campement à 400 ^m Nord du village et au même niveau.	84	"	"	"	1907-20/6 (1)	+ 89	+ 89	+ 89	+ 370	
Kandarcé	Campement dans l'W. du village et à 4 ^m au-dessous du niveau du village.	35	"	"	"	1907-25/6 (1)	- 42	- 42	- 42	+ 328	
Guertau.....	Campement à 2 mètres au-dessus du puits et à 84 mètres dans le Nord de ce puits.	108	"	"	"	1907-20/7 (1)	+ 52	+ 52	+ 52	+ 380	
Baré	A 4 mètres au-dessous du niveau du village.	94	"	"	"	1907-8/8 (1)	- 32	- 32	- 32	+ 348	
Dangass	"	55	"	"	"	1907-28/8 (1)	- 6	- 6	- 6	+ 342	
Kômi	Centre du village à 250 mètres Sud du puits et à 5 mètres au-dessus de ce puits.	92	"	"	"	1907-16/10 (1)	- 16	- 16	- 16	+ 326	
Moyori	Lisière W. du village à 30 mètres dans l'W. de l'arbre du centre du village et au même niveau.	123	"	"	"	1907-20/10 (1)	- 26	- 26	- 26	+ 316	Dangass, sta- tion de compa- raison.
Zinder.....	Casa de la région....	90	"	"	"	1907-5/10 (1)	+ 97	+ 96	+ 96	+ 438	Idem.
			"	"	"	1907-6/10 (1)	+ 94				
Mainé-Sorona ...	Campement dans le S.S.W. du centre du village à 550 mètres de ce point et à 2 ^m au-dessus du puits.	199	1907-10/11 (1)	- 23	- 23	1907-11/11 (1)	- 35	- 35	- 35	+ 294	Kômi, station de compari- son.
Kabi.....	Marché au niveau du village.	47	"	"	"	1907-20/11 (1)	- 6	- 6	- 6	+ 288	

STATIONS.	POINTS D'OBSERVATION.	DISTANCE à VOL d'oiseau entre les stations. kilom.	DIFFÉRENCE DE NIVEAU AVEC LA STATION PRÉCÉDENTE.						DIFFÉRENCE DE NIVEAU ADOPTÉE.	ALTITUDES ABSOLUES.	OESBR- VATIONS.
			Par le baromètre.			Par l'hypsomètre.					
			Dates et nombre d'observa- tions.	Différence de niveau.	Moyenne.	Dates et nombre d'observa- tions.	Différence de niveau.	Moyenne.			
Tourbanguida . . .	"	16	1907-16/11 (1)	-6	-6	"	"	"	-6	+282	
Embouchure Ko- madougou Yoobé.	Signal près de l'em- bouchure sur la rive gauche à 1 ^{re} 50 au- dessus du niveau du Tchad.	106	"	"	"	1907-16/11 (1)	-50	-50	-50	+238	Kabi, station de comparai- son.
Bosso.....	"	6	1907-15/12 (2)	-22	-31	"	"	"	"	+251	Station de com- paraison : Tourbanguida.
			1907-17/12 (2)	-32							
			1907-18/12 (2)	-36							
			1907-19/12 (3)	-31							
			1907-20/12 (3)	-34							
			1907-21/12 (3)	-29							
			1907-22/12 (1)	-24							
			1907-24/12 (2)	-34							
			1907-26/12 (1)	-28							
			1907-27/12 (2)	-34							
Tchad.....	"	"	"	"					-3	+248	

REMARQUES. — I. Les chiffres entre parenthèses [(1), (2), ou (3)] dans les colonnes «Dates et nombre d'observations», représentent, pour la date correspondante, le nombre d'observations barométriques ou hypsométriques simultanées dont on a pris la moyenne pour la détermination de la différence d'altitude entre deux stations. La différence d'altitude ainsi obtenue figure, pour cette date, avec son signe, dans la colonne «Différence de niveau».

II. Pour avoir la différence de niveau entre Bosso et le lac Tchad, on a admis que la pente était la même entre Bosso et l'embouchure de la Komadougou Yoobé qu'entre Tourbanguida et Bosso. Les différences de niveau Tourbanguida-Bosso et Bosso-Tchad sont alors proportionnelles respectivement aux distances horizontales Tourbanguida-Bosso et Bosso-Tchad.

$$\frac{\text{Différence de niveau Tourbanguida-Bosso}}{\text{Différence de niveau Bosso-Tchad}} = \frac{90}{9}, \text{ d'où : Différence de niveau Bosso-Tchad} = 3 \text{ mètres.}$$

III. Le tableau ci-dessus donne pour l'altitude du lac Tchad deux valeurs distinctes : 238 mètres et 248 mètres; en donnant à la première un poids correspondant au nombre d'observations simultanées entre Tourbanguida et le Tchad (une observation hypsométrique : poids 3), à la seconde un poids correspondant au nombre d'observations simultanées entre Tourbanguida et Bosso (22 observations barométriques, poids 22), on aura : altitude du lac Tchad résultant du réseau hypsométrique d'aller = 247 mètres.

TABLEAU B.

TRANSPORT D'ALTITUDES

DU LAC TCHAD À LA CÔTE DU DAHOMÉY (COTONOU).

STATIONS.	DISTANCE	DIFFÉRENCE DE NIVEAU AVEC LA STATION PRÉCÉDENTE.						DIFFÉRENCE de NIVEAU adoptée.	ALTITUDES ABSOLUES.
	à VOL D'OISEAU entre les stations.	PAR LE BAROMÈTRE.			PAR L'HYPSONÈTRE.				
		Dates et nombre d'observations.	Dif- férence de niveau.	Moyenne.	Dates et nombre d'observations.	Dif- férence de niveau.	Moyenne.		
	kilom.	1908.	mètres.	mètres.	1908.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Tchad.....	"	"	"	"	"	"	"	"	247
Tourbanguida ..	95	"	"	"	21- 8 (1)	+ 18	"	+ 18	265
Kabi.....	16	28- 8 (1)	+ 10	+ 10	28- 8 (1)	+ 5	+ 5	+ 6	271
Mainé Soroua...	47	31- 8 (1)	+ 4	+ 4	31- 8 (1)	+ 3	+ 3	+ 3	274
Adebour.....	20	"	"	"	2- 9 (1)	+ 31	+ 31	+ 31	305
Zoumba.....	70	"	"	"	7- 9 (1)	+ 18	+ 18	+ 18	323
Gourselik.....	52	"	"	"	10- 9 (1)	+ 6	+ 6	+ 6	329
Zabia.....	81	13- 9 (2)	+ 1	+ 1	13- 9 (1)	+ 7	+ 7	+ 5	334
Gazafa.....	41	18- 9 (2)	+ 39	+ 39	18- 9 (1)	+ 30	+ 30	+ 33	367
Illéla.....	36	21- 9 (1)	+ 89	+ 89	21- 9 (1)	"	"	+ 89	456
Miria.....	33	"	"	"	23- 9 (1)	- 81	- 81	- 81	375
Zinder.....	18	"	"	"	25- 9 (1)	+ 77	+ 77	+ 77	452
Kantché.....	63	7-10 (2)	- 54	- 54	7-10 (1)	- 52	- 52	- 52	400
Aguié.....	75	10-10 (2)	- 4	- 3,5	11-10 (1)	- 5	- 5	- 4	396
Idem.....	"	11-10 (2)	- 3	"	"	"	"	"	"
Tibiri.....	102	16-10 (2)	- 70	- 70	16-10 (1)	- 68	- 68	- 68	328
Katéré.....	75	20-10 (2)	- 26	- 21,5	20-10 (1)	- 22	- 22	- 21	307
Idem.....	"	21-10 (2)	- 17	"	"	"	"	"	"
Arzarori.....	67	25-10 (1)	+ 20	+ 20	25-10 (1)	+ 22	+ 22	+ 22	329
Dogaraoua.....	40	29-10 (1)	- 57	- 57	29-10 (1)	- 58	- 58	- 58	271
Konni.....	42	1-11 (2)	- 13	"	1-11 (1)	- 30	"	- 23	248
Kouardanna.....	36	4-11 (2)	+ 6	"	"	"	"	"	"
Idem.....	"	5-11 (2)	+ 7	+ 7	5-11 (1)	- 1	- 1	+ 4	252
Kolmey.....	73	7-11 (2)	- 43	"	"	"	"	"	"
Idem.....	"	8-11 (1)	- 39	"	8-11 (1)	- 42	- 42	- 42	206 Konni
Dogondoutchi..	146,5	9-11 (1)	- 27	"	"	"	"	"	" Station de comparaison.
Idem.....	"	10-11 (2)	- 16	- 20	10-11 (1)	- 27	- 27	- 23	225 Konni
Idem.....	110	11-11 (1)	- 30	- 30	11-11 (1)	- 36	- 36	- 34	214 Kouardanna
Idem.....	147	"	"	"	"	"	"	- 25	223 Station de comparaison Konni par Kouardanna.
Yéni.....	116,5	{ 15-11 (2) 16-11 (1)	{ 0 + 3	+ 1	15-11 (1)	+ 4	+ 4	+ 3	226 Station de comparaison Dogondoutchi.

STATIONS.	DISTANCE à VOL D'OISEAU entre les stations.	DIFFÉRENCE DE NIVEAU AVEC LA STATION PRÉCÉDENTE.						DIFFÉRENCE de NIVEAU adoptée.	ALTITUDES ABSOLUES.
		PAR LE BAROMÈTRE.			PAR L'HYPSOMÈTRE.				
		Dates et nombre d'observations.	Dif- férence de niveau.	Moyenne.	Dates et nombre d'observations.	Dif- férence de niveau.	Moyenne.		
	kilom.	1908.	mètres.	mètres.	1908.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Niamey.....	95,5	23-11 (1)	- 39	"	23-11 (1)	- 42	- 42	- 41	185 (Sommets falaise rive.)
Carimama.....	198	"	"	"	29-11 (1)	- 29	- 29	- 29	156
Kandy.....	106,5	"	"	"	4-12 (1)	+ 125	+ 125	+ 125	281
Gamia.....	86	"	"	"	7-12 (1)	+ 13	+ 13	+ 13	294
Sérarou.....	95,5	"	"	"	11-12 (1)	+ 52	+ 52	+ 52	346
Tchaurou.....	77,5	"	"	"	14-12 (1)	+ 13	+ 13	+ 13	359
Alafia.....	77,5	"	"	"	19-12 (1)	- 70	- 70	- 70	289
Agouagon.....	41,5	"	"	"	19-12 (1)	- 74	- 74	- 74	215
Cotonou.....	181	"	"	"	"	- 197	- 197	- 197	18
Niveau des plus basses mers..	"	"	"	"	"	- 9	- 9	- 9	(Erreur fermeture : + 9 ⁽¹⁾ .)

(1) REMARQUE. Il résulte des observations ci-dessus, qu'en adoptant pour l'altitude du lac Tchad le résultat fourni par le premier réseau hypsométrique (Cotonou-lac Tchad, voir tableau A), soit 247 mètres, on obtient pour le niveau des plus basses mers à Cotonou (altitude absolue : 0 mètre) une altitude de 9 mètres. Ce nombre représente l'erreur de fermeture des deux réseaux.

(1) REMARQUE. Il résulte des observations ci-dessus, qu'en adoptant pour l'altitude du lac Tchad le résultat fourni par le premier réseau hypsométrique (Cotonou-lac Tchad, voir tableau A), soit 247 mètres, on obtient pour le «niveau des plus basses mers» à Cotonou (altitude absolue : 0 mètre) une altitude de 9 mètres. Ce nombre représente l'erreur de fermeture des deux réseaux.

TABLEAU C.

TRANSPORT D'ALTITUDES DE COTONOU AU LAC TCHAD ET RETOUR.

Stations communes aux deux réseaux hypsométriques.

STATIONS.	ALLER.	RETOUR.	DIFFÉRENCES		OBSERVATIONS.
			EN PLUS.	EN MOINS.	
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	
Cotonou.....	9	18	9	"	
Kandy.....	298	280	"	18	
Carimama.....	183	156	"	27	
Konni.....	251	248	"	3	
Zinder.....	438	452	14	"	
Maïné Sorona.....	294	274	"	20	
Kabi.....	288	271	"	17	
Tourbanguida.....	282	265	"	17	

NOTA. Les altitudes portées dans la colonne «Retour» sont obtenues en prenant le Tchad comme origine du réseau hypsométrique de retour avec 247 mètres d'altitude, résultat fourni par le voyage d'aller.

TABLEAU D⁽¹⁾.

ALTITUDES RÉSULTANT DES TRANSPORTS D'ALTITUDES
DE LA CÔTE DU DAHOMEY AU LAC TCHAD ET RETOUR.

(Tableaux A, B, C.)

Cotonou (Hôtel).....	9 ^m	Katébé.....	304 ^m
Agouagon.....	207	Sabo n'Birni.....	275
Alafia.....	286	Doufambara.....	363
Tchaourou.....	361	Tibiri.....	325
Parakou.....	368	Kandaré.....	318
Sérarou.....	349	Aguié.....	392
Gamia.....	301	Guertaou.....	369
Kandy.....	289	Kantché.....	396
Carimama.....	164	Baré.....	338
Niveau du Niger à Carimama le		Zinder.....	445
1 ^{er} janvier 1907.....	145	Miria.....	369
Niamey (plateau) à 20 ^m au-dessus		Düngass.....	332
des eaux du Niger.....	192	Illéla.....	457
Yéni.....	221	Gazafa.....	371
Albarkaizé (Village).....	147	Zabia.....	339
Gaya (Village).....	157	Kômi.....	313
Dioundiou.....	197	Moyori.....	300
Bengou.....	166	Gourselik.....	334
Bébeye (Village).....	205	Zoumba.....	328
Dogondoutchi (poste militaire)....	218	Adebour.....	310
Kolmey.....	203	Mainé-Soroua.....	280
Kouardanna.....	249	Kabi.....	275
Konni.....	245	Tourbanguida.....	269
Dogaraoua.....	268	Bosso.....	246
Arzarori.....	326	Tchad.....	243

(1) Les stations sont rangées d'après leur longitude de l'Ouest vers l'Est, et, pour une même longitude, du Sud vers le Nord.

NOTE B.

Les altitudes des stations du tableau E ont été obtenues comme suit :

La station météorologique de Bol et les observateurs en route effectuaient chaque jour à 7^h, 13^h et 18^h, les observations météorologiques habituelles.

La formule de Laplace appliquée aux observations barométriques simultanées faites dans ces conditions a fourni l'altitude des diverses stations. Les poids donnés à chacun des résultats partiels ont été répartis comme il est indiqué précédemment (note A).

Les anéroïdes étaient *comparés* tous les trois jours environ à l'hypsomètre. Leurs corrections ont été obtenues comme il a été dit dans la note A.

TABLEAU E.

STATIONS.	POINTS. D'OBSERVATION.	DISTANCE de LA STATION de compara- raison (Bol) à vol d'oiseau. kilom.	DIFFÉRENCES DE NIVEAU						ALTITUDES		OBSERVATIONS.
			DU POINT D'OBSERVATION avec la Station météorologique du Tchad (Bol).			du POINT d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	de LA NAPPE liquide au point d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	ABSOLUES			
			Dates et nombre des observations en 1908.	Diffé- rence de ni- veau.	Moyenne.			du point d'ob- serva- tion.	de la nappe liquide au point d'ob- serva- tion.		
										mètres	
1° KANEM.											
Goudji.....	Dune au Sud du village à 35 ^m environ au- dessus du puits.	30	27 mars (1)	- 3	- 3	+ 8	- 29	251	214	Profondeur du puits : 1 ^m 60.	
Dibinentchi.....	Village à 40 ^m environ au-dessus du puits.	65	29 mars (1)	+ 20	+ 20	+ 31	- 12	274	231	Profondeur du puits : 2 ^m 50.	
N'Gouri.....	Poste.....	76	29 mars (1)	+ 11	+ 10	+ 21	0	264	233	Profondeur du puits du jardin : 6 ^m . Hauteur du poste au- dessus du puits : 25 ^m .	
			30 mars (2)	+ 17							
			1 ^{er} avril (2)	+ 8							
			2 avril (2)	+ 8							
			3 avril (1)	+ 16							
			25 avril (1)	0							
Mao.....	Oued à l'Est du poste.	96	28 avril (2)	- 15	- 9	+ 2	- 1	245	242	Profondeur des puits : 3 ^m 50.	
			29 avril (1)	- 1							
			30 avril (2)	- 18							
			4 mai (2)	- 11							
			5 mai (1)	- 7							
			6 mai (2)	- 7							
			7 mai (3)	- 6							
			7 mai (3)	- 10							
			8 mai (1)	- 3							
Mao.....	Poste.....	96	23 juin (2)	+ 89	+ 71	+ 82	0	325	261	Hauteur du poste au- dessus du fond de l'oued Est : 60 ^m . (Valeur obtenue au clisimètre.)	
			24 juin (2)	+ 59							
			29 juin (1)	+ 72							
			30 juin (3)	+ 78							
Kiri.....	Oued.....	131	8 mai (1)	- 2	- 2	+ 9	+ 5	252	248	Profondeur des puits : 4 ^m .	
Ziguéi.....	Poste.....	181	10 mai (3)	+ 72	+ 68	+ 79	0	322	243	Hauteur du poste au- dessus du fond de l'oued : 70 ^m . (Va- leur obtenue au clisimètre.) Profondeur des puits : 9 ^m 50.	
			11 mai (3)	+ 65							
			12 mai (3)	+ 63							
			13 mai (3)	+ 70							
			14 mai (2)	+ 74							
Copoye.....	Campement à 300 ^m au Nord du puits.	161	26 juin (2)	+ 1	+ 1	+ 12	+ 2	255	245	Profondeur du puits : 10 ^m .	
Yogoum.....	Campement à flanc de dune à 10 ^m environ au-dessus du fond de l'oued.	152	27 juin (1)	+ 15	+ 15	+ 26	+ 2	269	245	Profondeur du puits : 14 ^m . (Renseigne- ment indigène.)	

59

STATIONS.	POINTS D'OBSERVATION.	DISTANCE de LA STATION de compara- ison (Bol) à vol d'oiseau.	DIFFÉRENCES DE NIVEAU					ALTITUDES		OBSERVATIONS.
			DU POINT D'OBSERVATION avec la Station météorologique du Tchad (Bol).			du POINT d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	de LA NAPPE liquide au point d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	ABSOLUES		
			Dates et nombre des observations en 1908.	Diffé- rence de ni- veau.	Moyenne.			du point d'ob- serva- tion.	de la nappe liquide au point d'ob- serva- tion.	
Magaraf.....	Campement à flanc de dune à 40 ^m environ au-dessus du fond de l'oued.	114	28 juin (1)	+ 50	+ 50	+ 61	+ 10	304	253	Profondeur du puits : 11 ^m .
Kirimbil.....	Sur le flanc de la dune à l'Ouest du puits, à 5 ^m au-dessus du puits.	93	9 mai (2)	+ 18	+ 18	+ 29	+ 16	279	259	Profondeur du puits : 7 ^m 50.
Mondo.....	Au village, à 20 ^m en- viron au-dessus du puits.	94	10 mai (2)	+ 22	+ 22	+ 33	+ 13	276	256	
Gossorom.....	Au puits.....	98	11 mai (1)	- 4	- 4	+ 7	+ 2	250	245	Profondeur du puits : 5 ^m .
Arkoullou.....	Au puits.....	134	19 juin (2)	0	0	+ 11	+ 2	254	245	Profondeur du puits : 9 ^m .
Tisky.....	A 800 ^m au N. N. W. du puits dans la cu- vette, à 3 ^m au-dessus du puits.	118	20 juin (2)	+ 7	+ 7	+ 18	+ 10	261	253	Profondeur du puits : 5 ^m .

2° BODELI.

a. Eguei.

Hangara.....	Aux puits (fond de la cuvette), à 0 ^m 80 au-dessus du niveau de l'eau.	306	5 juin (3)	- 20	- 16	- 5	- 6	238	237	Profondeur des puits : 2 ^m . (Renseignement indigène.)
			6 juin (3)	- 12						
Koukourdei.....	A 1,200 ^m au S. 62° W. des puits et à 10 ^m environ au-dessus de ces puits.	304	7 juin (1)	- 4	- 4	+ 7	- 5	250	238	
Sekhab.....	Campement au fond de la cuvette, à 1 ^m 80 environ au-dessus du niveau de l'eau dans le puits.	305	8 juin (3)	- 24	- 24	- 13	- 15	230	228	
Hacha.....	A 100 ^m à l'Est des puits et à 5 ^m au-dessus du niveau de l'eau dans ces puits.	306	17 mai (2)	- 34	- 27	- 16	- 21	227	222	
			18 mai (3)	- 32						
			11 juin (3)	- 15						
			14 juin (2)	- 34						
Fanengha.....	Dans la cuvette, à 9 ^m environ au-dessus de l'eau dans les puits. (Renseignement.)	324	12 juin (1)	- 11	- 11	0	- 9	243	234	

STATIONS.	POINTS D'OBSERVATION.	DISTANCE de LA STATION de compara- raison (Bol) à vol d'oiseau.	DIFFÉRENCES DE NIVEAU					ALTITUDES ABSOLUES.		OBSERVATIONS.
			DU POINT D'OBSERVATION avec la Station météorologique du Tchad (Bol).		du POINT d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	de LA NAPPE liquide au point d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	du point d'ob- serva- tion.	de la nappe liquide au point d'ob- serva- tion.		
			Dates et nombre des observations en 1908.	Diffé- rence de ni- veau.					Moyenne.	
		kilom.		mètres	mètres	mètres.	mètres.	mètres	mètres	
b. Toro et Gossom.										
Ouani.....	Puits (fond de la cu- vette), à 1 ^m 50 au- dessus du niveau de l'eau.	386	31 mai (1) - 63 1 ^{er} juin (3) - 66	- 65	- 54	- 56	189	187		
Torodoum.....	A 120 ^m au S. 31° E. des puits et à 5 ^m au-dessus du ni- veau de l'eau dans ces puits.	390	24 mai (2) - 69 25 mai (1) - 62 30 mai (3) - 63	- 65	- 54	- 59	189	184		
Gouradi.....	A 520 ^m environ au N. 10° W. du talha de Gouradi, et à 2 ^m au-dessus du niveau de l'eau dans le puits.	416	21 mai (2) - 79 22 mai (2) - 69	- 74	- 63	- 65	180	178		
Sô Yamoussa....	Campement près des puits.	422	26 mai (1) - 79 29 mai (1) - 71	- 75	- 64	- 66	179	177	Profondeur du puits : 2 ^m .	
c. Korou.										
Koro Kidinga....	Campement près du puits.	454	27 mai (2) - 90 28 mai (2) - 98	- 94	- 83	- 85	160	158	Profondeur du puits : 2 ^m .	
3° RÉGION DU BARR EL GHAZAL.										
Aourak.....	Campement dans la cuvette.	253	16 juin (3) + 10 17 juin (3) - 5	+ 2	+ 13	- 2	256	241	Profondeur du puits : 14 ^m 50.	
Koal.....	Campement dans la cuvette.	210	19 juin (1) + 3	+ 3	+ 14	0	257	243	Profondeur du puits : 14 ^m .	
Bossa.....	Au puits.....	220	24 juin (2) - 5	- 5	+ 6	- 9	249	234	Profondeur du puits : 15 ^m .	
Neimi.....	Au puits.....	198	25 juin (1) + 1	+ 1	+ 12	- 3	255	240	Profondeur du puits : 15 ^m .	
Bir Daoud.....	Au puits.....	116	12 mai (2) + 6	+ 6	+ 17	+ 13	260	256	Profondeur du puits : 4 ^m .	
Moussou Mourra..	Au puits.....	196	8 juin (2) - 3	- 3	+ 8	+ 1	251	244	Profondeur du puits : 6 ^m 80.	
Sit.....	Au puits.....	146	18 juin (1) + 11	+ 11	+ 22	+ 13	265	256	Profondeur du puits : 8 ^m 50.	

STATIONS.	POINTS D'OBSERVATION.	DISTANCE de LA STATION de compara- raison (Bol) à vol d'oiseau.	DIFFÉRENCES DE NIVEAU					ALTITUDES		OBSERVATIONS.
			DU POINT D'OBSERVATION avec la Station météorologique du Tchad (Bol).	du POINT d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	de LA NAPPE liquide au point d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	ABSOLUES				
						Dates et nombre des observations en 1908.	Diffé- rence de ni- veau.	Moyenne.	du point d'ob- serva- tion.	
		kilom.		mètres	mètres	mètres.	mètres.	mètres	mètres	
4° SORO (SILLON DU BAHR EL GHAZAL).										
Fantrassou.....	Campement près de la petite mare d'hiver- nage.	229	22 juin (2) - 3 23 juin (3) - 15	- 10	+ 1	+ 1	244	244		Il n'existe pas de puits à Fantrassou.
Am Raya.....	Sur la dune à l'extré- mité Sud de la cu- vette.	208	15 juin (2) + 5 20 juin (2) - 3 21 juin (1) + 5	+ 2	+ 13	- 5	256	238		Puits : 14 ^m ; à 3 ^m 50 au-dessous du point d'observation hypso- métrique.
Lit du Ghazal....	Fond du thalweg....	186	16 juin (2) + 23	+ 23	+ 34	+ 34	277	277		
Rémélé.....	Puits dans le Soro...	175	9 juin (1) - 8 13 juin (2) + 1 17 juin (2) + 4	0	+ 11	+ 1	254	244		Profondeur du puits : 10 ^m .
Lit du Ghazal....	Dune de la rive Nord.	158	12 juin (1) + 22	+ 22	+ 33	"	276	"		
Lit du Ghazal....	Près de Loja (thal- weg).	160	10 juin (1) + 10	+ 10	+ 21	"	264	"		
Bourdoumanga...	Au puits.....	146	11 juin (1) + 3	+ 3	+ 14	+ 11	257	254		Profondeur du puits : 3 ^m 20.
Chédéra.....	Lit du Ghazal.....	144	15 juin (1) + 9	+ 9	+ 20	+ 19	263	262		Profondeur du puits : 1 ^m .
Dougoul.....	Au puits.....	142	16 juin (2) + 6	+ 6	+ 17	+ 16	260	259		Profondeur du puits : 0 ^m 50.
Bir Gara.....	Au puits.....	146	13 mai (1) + 4 14 mai (2) - 5 17 mai (2) + 9 18 mai (3) + 4	+ 3	+ 14	+ 11	257	254		Profondeur du puits : 2 ^m 80.
Achim.....	Au puits dans le lit du Ghazal.	122	8 avril (1) - 5 9 avril (1) - 4	- 5	+ 6	- 3	249	240		Profondeur du puits : 8 ^m 50.
Kalékoko.....	Puits dans le lit du Ghazal.	123	10 avril (1) - 16	- 16	- 5	- 13	238	230		Profondeur du puits : 7 ^m 50.
Massakori.....	Au poste, à 1 mètre environ au-dessus du puits.	121	6 avril (1) + 2 7 avril (2) - 9 8 avril (1) - 1 10 avril (2) - 8	- 6	+ 5	- 5	248	238		Profondeur du puits : 9 ^m .
Lariakol.....	Puits dans le lit du Ghazal.	99	11 avril (1) - 23	- 23	- 12	- 16	231	227		Profondeur du puits : 3 ^m 50.
B'la Kolo.....	Sur la dune auprès du village.	92	12 avril (1) "	"	+ 11	"	"	"		

STATIONS.	POINTS D'OBSERVATION.	DISTANCE de LA STATION de compara- raison (Bol) à vol d'oiseau.	DIFFÉRENCES DE NIVEAU					ALTITUDES ABSOLUES		OBSERVATIONS.
			DU POINT D'OBSERVATION avec la Station météorologique du Tchad (Bol).		du POINT d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	de LA NAPPE liquide au point d'obser- vation avec la sur- face du lac Tchad.	du point d'ob- serva- tion.	de la nappe liquide au point d'ob- serva- tion.		
			Dates et nombre des observations en 1908.	Diffé- rence de ni- veau.					Moyenne.	
		kilom.		mètres	mètres	mètres.	mètres.	mètres	mètres	
5° RÉGION COMPRISE ENTRE CHAZAL ET FITTRI.										
Bir Mélé.....	Au puits.....	167	19 mai (2)	+ 34	+ 34	+ 45	+ 35	288	278	Profondeur du puits : 10 ^m .
Aouni.....	Au poste, à 5 mètres environ au-dessus du puits.	229	21 mai (2)	+ 34	+ 30	+ 41	+ 30	284	273	Profondeur du puits : 16 ^m 80.
			22 mai (2)	+ 33						
			2 juin (3)	+ 25						
Tourda.....	Au puits.....	211	3 juin (2)	+ 4	+ 8	+ 19	+ 11	262	254	Profondeur du puits : 7 ^m 70.
			5 juin (2)	+ 10						
			6 juin (2)	+ 9						
Am Seleb.....	Au puits.....	218	4 juin (1)	+ 8	+ 8	+ 19	+ 16	262	259	Profondeur du puits : 2 ^m 50.
Koulléana.....	Au puits.....	211	7 juin (2)	+ 25	+ 25	+ 36	+ 32	279	275	Profondeur du puits : 3 ^m 50.
6° FITTRI.										
Maroussouba.....	Au village, à 5 mètres au-dessus des puits.	275	23 mai (1)	+ 14	+ 14	+ 25	"	268	"	
Djénébarra.....	5 mètres au-dessus du puits.	283	23 mai (1)	+ 14	+ 7	+ 18	"	261	"	
			31 mai (2)	+ 3						
Forcouma.....	Campement sur la route.	305	24 mai (1)	+ 16	+ 16	+ 27	"	270	"	
Yao.....	Au poste, à 3 mètres au-dessus du puits.	314	25 mai (3)	+ 15	+ 12	+ 23	+ 16	266	259	Profondeur du puits : 4 ^m 30.
			26 mai (1)	+ 12						
			29 mai (2)	+ 9						
			30 mai (2)	+ 12						
Gama.....	Rive de la zone inon- dable du lac Fitri, à 1 mètre au-dessus des puits.	324	26 mai (1)	+ 6	+ 6	+ 17	+ 11	260	254	Profondeur du puits : 4 ^m 50.
Koki.....	Rive de la zone inon- dable du lac Fitri.	312	27 mai (1)	+ 14	+ 14	+ 25	+ 15	268	258	Profondeur du puits : 10 ^m .
Fittri.....	Dans la zone inon- dable du lac Fitri.	303	28 mai (1)	+ 10	+ 10	+ 21	+ 18	264	261	Profondeur du puits : 3 ^m .

Nota. On a adopté 11 mètres comme hauteur de la station météorologique de Bol au-dessus du niveau du lac Tchad, résultat des observations faites au clisimètre.

L'altitude adoptée pour le lac Tchad est de 243 mètres, valeur résultant du transport d'altitudes effectué entre la côte et le lac (voyages d'aller et de retour), voir page 348.

CINQUIÈME PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE MAGNÉTIQUE⁽¹⁾.

NOTE DE M. TH. MOUREAUX,

DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE ET MAGNÉTIQUE
DU PARC SAINT-MAUR.

Sur les cartes magnétiques du globe les plus récentes, la représentation des éléments est encore fréquemment figurée d'une façon hypothétique en diverses régions, notamment sur l'Afrique centrale. Les résultats rapportés par la Mission Tilho viennent heureusement combler cette lacune pour une immense région couvrant, entre le 11° et le 17° parallèle Nord, un espace s'étendant depuis le méridien de Paris, à Niamey, jusqu'au Koro et à Gouradi, vers le 15° méridien, soit sur un parcours de plus de 1,600^{km} de l'Ouest à l'Est.

Ces résultats sont du plus haut intérêt. Les déclinaisons relevées dans toute la région parcourue contribueront puissamment à préciser dorénavant le tracé des isogones à travers le Soudan, fournissant ainsi aux explorateurs futurs les moyens d'orienter les plans à la boussole, en tenant simplement compte de la variation séculaire. De même, les nombreuses mesures de l'intensité, faites sur tout l'itinéraire au voisinage immédiat du maximum de composante horizontale qui s'étend à travers l'Afrique, de la Côte d'Ivoire à l'Abyssinie, permettront de compléter nos connaissances actuelles de cet élément dans la région considérée.

Par suite de circonstances particulières, indépendantes de la volonté de l'observateur, les observations de l'inclinaison sont moins nombreuses et moins précises que celles des deux autres éléments. En raison de la faible valeur absolue de la composante verticale dans la zone équatoriale, la mesure de l'inclinaison présente de grandes difficultés, à peu près insurmontables avec des boussoles à courtes aiguilles. L'expérience acquise par la mission semble bien démontrer la nécessité, pour cette zone spéciale, de boussoles à aiguilles longues et fortement aimantées, ou mieux encore de l'inclinomètre à induction en service dans la plupart des observatoires magnétiques; depuis quelques années, on en construit un modèle spécial dont l'emploi en voyage a été consacré par la pratique.

⁽¹⁾ En raison du faible développement de cette notice, nous avons réuni dans cette partie du travail toutes les observations magnétiques effectuées au cours de la Mission.

M. le lieutenant de vaisseau Audoin, membre de la Mission, a bien voulu, en dehors des travaux réguliers dont il était officiellement chargé, s'imposer la lourde tâche des observations magnétiques, tâche à laquelle il a apporté les soins les plus scrupuleux et le plus entier dévouement. La portée scientifique de son travail sera hautement appréciée par les savants qui s'intéressent au progrès de cette partie de la physique du globe.

TH. MOUREAUX.

31 juillet 1909.

MAGNÉTISME TERRESTRE.

I. Les observations magnétiques effectuées par le lieutenant de vaisseau Audoin, membre de la Mission, intéressent : 1° le Dahomey ; 2° la région, habitée d'une façon permanente, comprise entre le Niger et le lac Tchad ; 3° le lac Tchad. Tous les points d'observation sont situés à l'intérieur du rectangle défini par les parallèles 6° 21' N. et 17° N. et les méridiens de 0° 15' W et 15° E. de Paris.

II. APERÇU GÉOLOGIQUE SUR LES RÉGIONS PARCOURUES.

(Note de M. le géologue GARDE, membre de la Mission.)

I. *Dahomey méridional*. — Un cordon de sables longe toute la côte du Dahomey et isole de la mer toute une série de lagunes. C'est sur ce cordon littoral qu'est bâti Cotonou.

A partir de la côte, et sur plus de 100 kilomètres, le sol est recouvert par des dépôts argilo-sableux, d'âge récent, qui constituent plusieurs plateaux, dont celui d'Abomey.

A peu près par son milieu, cette formation est coupée par une large dépression, d'une quinzaine de kilomètres, la Lama, dans laquelle affleurent, par endroits, des blocs calcaires probablement du début du tertiaire.

Ensuite, jusqu'à Agouagon, point terminus de la ligne du chemin de fer, le sol est constitué par des roches schisto-cristallines et cristallines, gneiss et granites, qui existent tout le long de la voie ferrée, et qui sont coupées par de nombreux filons de pegmatite.

II. *Dahomey septentrional*. — A. Entre Agouagon et Kandi, sur 350 kilomètres environ, le sol est presque essentiellement constitué par des roches cristallophylliennes (gneiss ou micaschiste) qu'injectent de nombreux filons de pegmatite et que percent de nombreux pointements de roches granitiques.

Ces roches cristallophylliennes sont presque toujours fortement altérées superficiellement et ne sont reconnaissables qu'à leurs éléments de désagréga-

tion. Cependant c'est un gneiss très net qui affleure au Sud de Kandi et qui forme les buttes que l'on voit à l'Ouest de ce village.

Les filons de pegmatite qui traversent ces formations schisto-cristallines sont très nombreux. Très souvent, leur existence n'est signalée que par les petites traînées de débris de quartz et de paillettes de mica qui jonchent le sol. Quelquefois, cependant, ces filons sont assez puissants pour former de grandes arêtes, comme celles qui se trouvent à l'Ouest et au Nord de Bimbéréké.

Le granite, à grands éléments, se présente, d'une façon générale, sous forme de dômes, plus ou moins puissants, aux sommets ordinairement nus, qui s'écaillent par plaques concentriques.

Dans la région de Savé, il existe une grande traînée de beaux dômes granitiques ayant plus de 100^m de hauteur. De semblables dômes, mais moins élevés, s'observent encore dans les environs des villages de Gogoro, Yoni, Kokoto, etc.

B. A partir de Kandi, jusqu'au Niger, le sol est formé par des sables argileux, de même nature que ceux qui existent de l'autre côté du fleuve et dont ils ne sont, du reste, que la continuation.

En certains points, ces dépôts supportent des débris de grès ferrugineux, derniers témoins de formations bien plus puissantes, et aujourd'hui presque entièrement disparues sous l'action de l'érosion.

II. *Vallée du Niger.* — De Niamey jusqu'à la frontière franco-anglaise, c'est-à-dire sur 250^{km} environ, la plus grande partie de la vallée du Niger est creusée dans des formations sablo-argileuses que coiffe, en maints endroits, un chapeau de grès ou de poudingues ferrugineux.

Sous ces formations, à Niamey et à une dizaine de kilomètres au Nord de Carimama, sur la rive gauche du fleuve, on voit affleurer des roches granitiques.

Dans la région comprise entre Kirtachi et Bikin, sur près de 60^{km} en ligne droite, le Niger coule dans un lit étroit et encaissé, aux coudes nombreux, qu'il s'est ouvert dans des quartzites. Cette formation rocheuse, uniquement constituée par des grains de quartz agglutinés sans ciment, est la terminaison de la chaîne de l'Atacora qui traverse, en écharpe, tout le Nord du Dahomey.

III. *Régions comprises entre le Niger et le Tchad.* — Dans toute la partie méridionale de nos possessions sud-sahariennes, — celle qui a été explorée par la Mission de délimitation du Niger au Tchad, — l'aspect topographique du pays est peu accidenté et la nature géologique du sol est peu variée.

A. Du Niger jusqu'au Gober, soit sur 400^{km} environ, le paysage est uniformément caractérisé par un ensemble de plateaux et de buttes, aux arêtes ordinairement vives, que séparent de larges vallées sèches nommées *Dallols*.

Ces plateaux et ces buttes, qui sont les restes d'une même formation autrefois continue, dominent le fond des vallées de moins d'une centaine de mètres. Ils sont coiffés par un chapeau de grès ferrugineux, formant corniche, de quelques mètres d'épaisseur seulement, tandis que le reste de leur masse est constitué par des sables, plus ou moins argileux, que des oxydes de fer colorent ordinairement d'une légère teinte rougeâtre ou jaunâtre.

Par endroits, les oolithes ferrugineuses qui cimentent les grès sont assez abondantes pour être exploitées par les indigènes pour la préparation du fer.

B. Dans l'Adar Douchi, entre Tahoua et Bouza, des calcaires fossilifères, du crétacé supérieur (Danien), viennent s'ajouter aux grès et aux sables dont nous venons de parler.

C. A partir du Gober, sauf dans la région de Korgom, au S. E. de Tessaoua, on ne trouve plus de plateaux ni de buttes au chapeau grésif-ferrugineux. Pour rencontrer de semblables formations, il faudrait aller dans l'Alakos et dans le Koutous, au Nord de Zinder et de Gouré.

Partout, jusqu'au Tchad, le sol est recouvert par un vaste manteau de sables, un peu argileux, que des roches granitiques et des roches siliceuses, en massifs plus ou moins étendus, percent en quelques points seulement.

Le premier des îlots de roches granitiques que l'on rencontre dans le sud-saharien est celui de Zinder. Il émerge à peine au milieu des sables, mais on peut, néanmoins, observer ses affleurements sur plus de 150 kilomètres carrés. C'est sur un mamelon de granite à grands éléments de ce massif qu'est bâti le poste de Zinder.

A une cinquantaine de kilomètres plus à l'Est, les sables sont de nouveau percés par une trainée de collines quartziteuses, de plus de 100^{km} de long, qui ont, en moyenne, plus d'une centaine de mètres de hauteur. En plusieurs points, entre ces collines, on voit affleurer le granite qui leur sert de soubassement.

Un autre grand îlot de roches granitiques variées, granite, microgranite, rhyolite, s'étale dans le Mounio. Il a environ 70^{km} de long N. S. sur 35^{km} de large. Son altitude moyenne est peu élevée, car ses points culminants dominent de 150^m, tout au plus, la plaine environnante.

Le petit massif de Machéna, qui est à une trentaine de kilomètres au Sud du Mounio, serait de même nature.

D. Enfin, à une centaine de kilomètres à l'Est du Mounio, un dernier petit pointement de roches granitiques existe tout près de Gamdou, en pleine région des mares salées du Manga. Ces mares, à la saison sèche, après évaporation de leurs eaux, sont le siège d'actives exploitations de sel.

IV. *Régions situées à l'Est du Tchad.* — A l'Est du Tchad, dans le Kânem, le Manga, l'Egueï, le Toro, le Ghazal inférieur, le sol est constitué par une

puissante nappe de sables, presque purs, dont il est impossible d'évaluer l'épaisseur, car nulle part l'on ne voit affleurer leur soubassement solide.

Ces vastes régions sableuses, dans le Kânem, le Manga et le Ghazal inférieur, sont accidentées par de nombreuses dépressions pouvant avoir de 60 à 80^m de profondeur, au maximum, et dont le fond, chez la plupart d'entre elles, est tapissé par un dépôt calcaire qui est ordinairement pulvérulent et qui renferme toujours un peu d'argile et un peu de sable très fin.

Plus à l'Est, dans les régions de l'Egueï et du Toro, le sol est moins mouvementé, bien que les sables y soient plus meubles et y donnent naissance à de véritables dunes, en forme de croissant.

III. INSTRUMENTS D'OBSERVATION.

Ils comprenaient :

1° Un petit théodolite magnétique Chasselon (n° 5); 2° une petite boussole d'inclinaison Chasselon (n° 4), instruments de voyage appartenant l'un et l'autre à l'observatoire du Parc-Saint-Maur, et mis obligeamment à la disposition de la Mission par le regretté M. Mascart, directeur du Bureau central météorologique de France; 3° un compteur à pointage, de la maison Rodanet.

Les premières opérations furent effectuées à Cotonou (Dahomey) en novembre 1906.

L'inclinaison a été déterminée par la méthode de deux plans rectangulaires, choisis toujours à 45° de part et d'autre du méridien magnétique, méthode exposée par M. Moureaux, directeur de l'Observatoire magnétique du Parc-Saint-Maur, dans les *Annales de chimie et de physique*, 6^e série, t. XXI, septembre 1890. On chercha à amener l'aiguille dans la position verticale pour déterminer le plan perpendiculaire au méridien magnétique; sollicitée par une force verticale extrêmement faible (Cotonou est dans le voisinage immédiat de l'équateur magnétique⁽¹⁾), l'aiguille restait sensiblement horizontale quelle que fût l'orientation de la boussole, se retournant brusquement après une rotation de 180° de la cage de l'appareil. En déplaçant la cage de l'appareil très lentement, soustrayant avec soin l'aiguille aux actions extérieures susceptibles de modifier son inclinaison (au vent en particulier), on réussit à amener les deux pointes de cette aiguille en coïncidence avec leur image réfléchie; mais, dès qu'on la soulevait pour s'assurer de la stabilité de sa position d'équilibre, elle

⁽¹⁾ M. le capitaine de vaisseau Schwérer a trouvé pour Cotonou : 10 septembre 1895, vers 10^h du matin, sur la rive gauche, et à 80^m environ de la lagune, en face du mouillage de la flottille, Inclinaison = 0° 11' 6" Sud, et, 11 septembre 1895, vers 6^h du matin, sur la rive gauche de la lagune et à 10^m de la berge, en face du mouillage de la flottille, Inclinaison = 0° 08' Sud. (Voir : Missions magnétiques organisées par le Bureau des longitudes en 1895-1896, sous la direction de M. le capitaine de vaisseau de Bernadères. — Rapport d'ensemble, par M. de Van-say, ingénieur hydrographe, pages A. 136 et A. 137.)

retombait, suivant le cas, d'un côté ou de l'autre de la verticale. Il était donc impossible de préciser la position d'équilibre stable de l'aiguille et, par suite, la trace du plan perpendiculaire au méridien magnétique. Les deux aiguilles de la boussole n° 4 furent essayées successivement et donnèrent lieu, l'une et l'autre, aux mêmes constatations.

Estimant, dans ces conditions, que leur aimantation pouvait être insuffisante, on leur donna, par le procédé de la double touche, le maximum d'aimantation, au moyen des aimants spéciaux fournis par la maison Carpentier pour le renversement des pôles.

Ces aimants, d'ailleurs, avaient conservé toute leur force magnétique; en approchant de l'un d'eux, tenu verticalement à la main, le second aimant, pôles opposés, ce dernier restait suspendu par la seule action du moment magnétique. Les aiguilles, enfin, ne portaient aucune trace d'oxydation ou de chocs. Les tentatives faites, après réaimantation, pour obtenir l'inclinaison, présentèrent les mêmes caractéristiques que celles du début.

On crut remarquer, ultérieurement, que l'un des plans d'agate était légèrement écaillé, et l'on attribua l'insuccès des observations au frottement supplémentaire que cette avarie devait nécessairement produire sur l'aiguille. Une nouvelle boussole d'inclinaison et les aiguilles correspondantes furent alors commandées en France, et M. Moureaux voulut bien se charger d'en assurer l'envoi à la Mission. Cet appareil (petite boussole n° 68), du même modèle que celui prêté par l'observatoire du Parc Saint-Maur, nous parvint à Mao (Kânem) en juillet 1908, *en parfait état*. Il fut utilisé au cours de notre voyage de retour du Tchad à la côte. Les résultats qu'il fournit ne furent guère meilleurs que ceux de la boussole n° 4. Par 13° à 14° de latitude Nord, ces résultats, toujours insuffisants d'ailleurs, étaient à peu près comparables entre eux, mais, à mesure qu'on se rapprochait de l'Équateur, les aiguilles devenaient plus paresseuses et leurs indications plus divergentes.

Pour une même orientation de la boussole, à Parakou, en décembre 1908, par $9^{\circ} 11'$ de latitude Nord, on eut, avec la boussole n° 68 et avec ses aiguilles, des difficultés analogues à celles éprouvées en 1906 à Cotonou avec la boussole n° 4, et force fut de renoncer, à Parakou comme à Cotonou, à achever les observations d'inclinaison qui avaient été entreprises.

D'après cela, nous pensons que, pour la région que nous avons parcourue, de la côte du Dahomey au 15° méridien environ à l'Est de Paris, par des latitudes variant de 6° Nord à 17° Nord, et dans les régions équatoriales en général, il serait indispensable de disposer d'un appareil d'inclinaison muni d'aiguilles, plus grandes que celles de la petite boussole Chasselon.

Malgré l'incertitude des valeurs de l'inclinaison obtenue dans ces conditions en divers points de notre route, nous en donnons le tableau, *mais avec les plus expresses réserves*.

IV. TRANSPORT DES INSTRUMENTS D'OBSERVATION.

Le théodolite et la boussole d'inclinaison étaient logés dans un gainage capitonné, renfermé lui-même dans un tonnelet métallique étanche. Dans ce gainage se trouvaient en outre le compteur à pointage destiné aux observations de la composante horizontale, une peau de chamois pour l'entretien des appareils et des barreaux aimantés, un flacon⁽¹⁾ renfermant de l'alcool absolu pour le nettoyage des limbes, un flacon⁽¹⁾ renfermant de la vaseline spéciale pour les barreaux aimantés, quelques carnets d'observation et des crayons. Les instruments étaient, grâce à ces dispositions, à l'abri de l'eau, de l'humidité et des poussières; en outre, on trouvait réuni dans le gainage tout ce qui était nécessaire aux observations. La charge ainsi formée pesait 18^k environ, et était portée à tête d'homme, sous la surveillance d'un Européen. Les pieds des instruments étaient portés également à tête d'homme.

V. POINTS D'OBSERVATION.

Les points d'observation ont été choisis de façon à former un réseau susceptible de renseigner sur la répartition du magnétisme terrestre dans les régions parcourues.

38 stations distinctes comportent la détermination de la déclinaison magnétique et de la composante horizontale.

L'inclinaison a été observée en 9 stations.

La variation diurne de la déclinaison magnétique a été observée en quatre points du réseau :

Cotonou (Dahomey),

Tibiri (Gober),

Dungass (Demagherim),

Bosso (Tchad),

en notant d'heure en heure, au cours d'une journée, les déplacements d'un barreau aimanté suspendu librement dans la cage du théodolite (pl. I et II, 5^e partie, p. 37²).

VI. DES CONDITIONS D'OBSERVATION.

La plus grande partie des observations ont été faites sans aide, l'opérateur notant lui-même les heures sur le chronomètre et enregistrant ses observations. M. le lieutenant-colonel Bourgeois, chef du Service géodésique de l'Armée,

⁽¹⁾ Les flacons étaient, naturellement, bouchés à l'émeri, et le bouchon était, en outre, assujéti au moyen d'une ficelle qui en empêchait l'ouverture.

avait bien voulu autoriser la délivrance à la Mission d'un certain nombre de carnets d'observations magnétiques, du modèle de ceux qu'il avait utilisés au cours de la Mission géodésique française de l'Équateur, dont il était le chef.

Ces carnets, dont nous donnons ci-dessous un extrait, nous ont rendu de grands services; ils nous donnaient la certitude, après avoir rempli chaque feuille, de n'avoir oublié aucun des éléments nécessaires au calcul de l'observation, et faisaient, en outre, gagner un temps appréciable⁽¹⁾.

MÉRIDIEŒN GÉOGRAPHIQUE.

Instrument : petit théodolite Chasselon n° 5.

Lieu : Am Raya (Bahr el Ghazal).
Longitude : 14° 06' 26" E.

Date : 21 juin 1908.
Latitude : 14° 08' 05" N.

Repère : arbre remarquable sur la dune.

Lunette à droite	265° 17'	} 265° 17'
Lunette à gauche.....	265° 17'	

État absolu de la montre : t. m. P — M = 10^h 31^m 34^s.

Observation du centre du soleil.

LUNETTE À DROITE.		LUNETTE À GAUCHE.	
Heure (M) ⁽¹⁾	6 ^h 57 ^m 18 ^s	Heure (M) ⁽²⁾	7 ^h 00 ^m 07 ^s
Cercle vert.....	0° 08'	Cercle vert.....	22° 54'
Cercle azim.....	226° 21'	Cercle azim.....	46° 27' 5
Heure..... ⁽³⁾	7 ^h 02 ^m 40 ^s	Heure..... ⁽⁴⁾	7 ^h 05 ^m 16 ^s
Cercle vert.....	358° 56'	Cercle vert.....	24° 01'
Cercle azim.....	226° 34'	Cercle azim.....	46° 40' 5
Heure..... ⁽⁵⁾	7 ^h 07 ^m 33 ^s	Heure..... ⁽⁶⁾	7 ^h 10 ^m 48 ^s
Cercle vert.....	357° 50'	Cercle vert.....	25° 17'
Cercle azim.....	226° 46'	Cercle azim.....	46° 54'
Heure..... ⁽⁷⁾	7 ^h 13 ^m 25 ^s	Heure..... ⁽⁸⁾	7 ^h 16 ^m 01 ^s
Cercle vert.....	356° 31'	Cercle vert.....	26° 27'
Cercle azim.....	227° 00'	Cercle azim.....	47° 06'
Heure..... ⁽⁹⁾	7 ^h 18 ^m 28 ^s	Heure..... ⁽¹⁰⁾	7 ^h 21 ^m 38 ^s
Cercle vert.....	355° 23'	Cercle vert.....	27° 42'
Cercle azim.....	227° 11', 5	Cercle azim.....	47° 18'

⁽¹⁾ La montre utilisée pour l'observation du Soleil ne fournissant pas directement l'heure de Paris, nous avons ajouté au modèle *Méridien géographique* l'indication de l'état absolu de cette montre (t. m. P. — M); enfin nous avons substitué l'heure M de la montre à l'heure (t. m. P.) du modèle.

Vérification du repère.

Lunette à droite.....	265° 17'	} 265° 17'
Lunette à gauche.....	265° 17'	
Altitude : 256 ^m	Baromètre : 736 ^{mm} ,8	Thermomètre : 25°,8

$$^{(1)} \lg \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin(S-\lambda) \sin(S-z)}{\sin S \sin(S-\Delta)}} \quad S = \frac{\lambda + Z + \Delta}{2}$$

RÉSULTATS DES CALCULS.

Méridien géographique.

(1) et (2).....	158° 00' 16"	} 158° 00' 10"
(3) et (4).....	158° 00' 11"	
(5) et (6).....	158° 00' 02"	
(7) et (8).....	158° 00' 11"	
(9) et (10).....	158° 00' 10"	

Méridien géographique..... 158° 00' 10"

Méridien magnétique..... 149° 59' 37"

DÉCLINAISON..... 8° 00' 33" W

DÉCLINAISON.

Instrument : petit théodolite Chasselon n° 5.

Lieu : Am Raya (Bahr el Ghazal). | Date : 21 juin 1908.

Repère : arbre remarquable sur la dune.

Lunette à droite.....	85° 17', 0	} 85° 17', 0
Lunette à gauche.....	85° 17', 0	

Barreau n° 3. Début (t. m. l.) : 5^h 45^m (matin).

Lunette à est.

Goup. à est.....	N = 149° 52'	} 149° 57', 5	} 149° 59', 7
—	S = 150° 03'		
Goup. à ouest.....	N = 150° 01'	} 150° 02', 0	
—	S = 150° 03'		

⁽¹⁾ Pour la signification des notations λ , Z , Δ , A , voir page 372.

Lunette à ouest.

Goup. à est.....	N = $149^{\circ}59'$	$\left. \begin{array}{l} 149^{\circ}58',0 \\ 150^{\circ}01',0 \end{array} \right\} 149^{\circ}59',5$
—	S = $149^{\circ}57'$	
Goup. à ouest.....	N = $150^{\circ}06'$	$\left. \begin{array}{l} 150^{\circ}01',0 \\ 149^{\circ}56',0 \end{array} \right\}$
—	S = $149^{\circ}56'$	

Fin (t. m. l.) : $6^h 15^m$ (matin).TRACE DU MÉRIDIEEN MAGNÉTIQUE..... $149^{\circ}59',6$ *Vérification du repère.*

Lunette à droite.....	$85^{\circ}17',0$	$\left. \begin{array}{l} 85^{\circ}17',0 \\ 85^{\circ}17',0 \end{array} \right\}$
Lunette à gauche	$85^{\circ}17',0$	

Azimut du repère : N. $72^{\circ}43'09''$ W.

DÉCLINAISON.

AM RAYA (BAHR EL GHAZAL).

(21 juin 1908.)

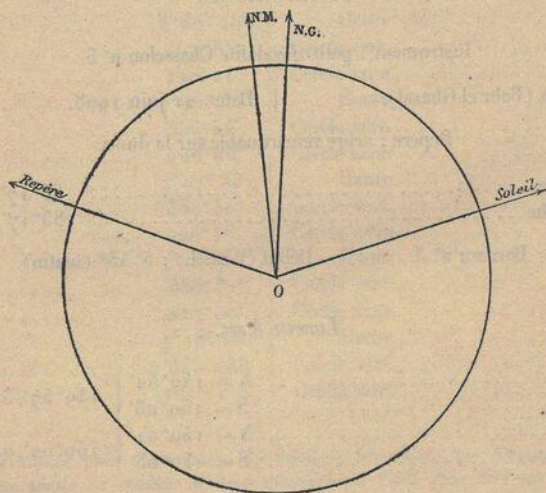


Fig. 1.

COMPOSANTE HORIZONTALE.

Instrument : petit théodolite Chasselon n° 5.

Lieu : Bol (lac Tchad).

| Date : 29 janvier 1908.

Barreau n° 3.

Début (t. m. l.) : 3^h 30^m soir.Oscillations (1^{re} série).

$\theta = 31^{\circ}, 0$	
0 6 ^m 50 ^s , 5	45 ^s , 05
20 7 ^m 35 ^s , 55	45 ^s , 05
40 8 ^m 20 ^s , 6	45 ^s , 2
60 9 ^m 05 ^s , 8	45 ^s , 1
80 9 ^m 50 ^s , 9	45 ^s , 1
100 0 ^m 36 ^s , 0	
$\theta = 31^{\circ}, 0$	225 ^s , 5

COMPARAISON DU POINTEUR.

	chron.	point.
Début.....	3 ^h 55 ^m 00 ^s	1 ^m 37 ^s , 8
Fin.....	4 ^h 03 ^m 50 ^s	0 ^m 26 ^s , 4
	8 ^m 50 ^s	8 ^m 48 ^s , 6
	+ 0 ^s , 6 ⁽¹⁾	

t' = 2^s, 2610Déviations (1^{re} distance).

$\theta = 30^{\circ}, 8$	
Tige à E. N. = 128° 50', 5	 30° 08' 30"
— S. = 158° 59', 0	 30° 05' 30"
Tige à O. N. = 308° 48', 0	 29° 57' 00"
— S = 338° 45', 0	
$\theta = 29^{\circ}, 4$	$\alpha = 15^{\circ} 02' 45''$

Oscillations (2^e série).

$\theta = 29^{\circ}, 4$	
0 6 ^m 36 ^s , 55	45 ^s , 0
20 7 ^m 21 ^s , 55	45 ^s , 25
40 8 ^m 06 ^s , 8	45 ^s , 1
60 8 ^m 51 ^s , 0	45 ^s , 05
80 9 ^m 36 ^s , 95	45 ^s , 05
100 10 ^m 22 ^s , 0	
$\theta = 29^{\circ}, 4$	225 ^s , 45

COMPARAISON DU POINTEUR.

	chron.	point.
Début.....	4 ^h 41 ^m 30 ^s	8 ^m 59 ^s , 0
Fin.....	4 ^h 48 ^m 30 ^s	5 ^m 57 ^s , 45
	7 ^m 00 ^s	6 ^m 58 ^s , 45
	+ 0 ^s , 84 ⁽¹⁾	

t'' = 2^s, 2629Fin (t. m. l.) : 4^h 15^m soir.t = 2^s 26195.

(1) Correction pour la durée de 100 oscillations.

CALCUL.

$$H = \frac{C_3}{t \sqrt{\sin \alpha}}$$

$$^{(1)} \log. C_3 = 1,5838449$$

$$^{(2)} \log. t = 1,6455170$$

$$^{(3)} \frac{1}{2} \log. \sin \alpha = 0,2928546$$

$$\log H = 1,5222165$$

$$H = 0,33283$$

INCLINAISON.

Instrument : Petite boussole Chasselon n° 68.

Lieu : Mao (Kânem).

| Date : 12 juillet 1908.

RECHERCHE DU PLAN PERPENDICULAIRE AU MÉRIDIEN MAGNÉTIQUE.

Lectures du cercle azimutal.

Face au Nord..... $\left\{ \begin{array}{l} 124^{\circ} 10' \\ 123^{\circ} 51' \\ 124^{\circ} 05' \end{array} \right\} 124^{\circ} 02'.$

Face au Sud..... $\left\{ \begin{array}{l} 303^{\circ} 46' \\ 303^{\circ} 32' \\ 303^{\circ} 36' \end{array} \right\} 303^{\circ} 38'.$

Plan perpendiculaire au méridien. $\left\{ \begin{array}{l} \text{face au N. } 123^{\circ} 50'. \\ \text{face au S. } 303^{\circ} 50'. \end{array} \right.$

Méridien magnétique..... $\left\{ \begin{array}{l} \text{face à l'E. (N. } - 90^{\circ}) 33^{\circ} 50'. \\ \text{face à l'O. (S. } - 90^{\circ}) 213^{\circ} 50'. \end{array} \right.$

Plans rectangulaires..... $\left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{er}} \text{ azimut } \left\{ \begin{array}{l} \text{face au N. E. (E. } + 45^{\circ}) 78^{\circ} 50'. \\ \text{face au S. O. (N. E. } - 180^{\circ}) 258^{\circ} 50'. \end{array} \right. \\ 2^{\text{e}} \text{ azimut } \left\{ \begin{array}{l} \text{face au N. O. (N. E. } + 90^{\circ}) 168^{\circ} 50'. \\ \text{face au S. E. (N. O. } - 180^{\circ}) 348^{\circ} 50'. \end{array} \right. \end{array} \right.$

⁽¹⁾ C_3 est la constante relative au barreau n° 3 employé dans l'observation, constante calculée pour la distance la plus courte, comme il est dit pages 370 et 371 et note page 404.

⁽²⁾ t représente la durée d'une oscillation simple du barreau, déduite de la moyenne des deux séries de 100 oscillations.

⁽³⁾ α est l'angle de déviation obtenu à la distance la plus courte sur la tige.

OBSERVATIONS DANS 2 PLANS RECTANGULAIRES.

PREMIÈRE AIMANTATION.

Premier azimut α .

Heure temps moyen du lieu, début : 7^h matin.

MARQUE EN HAUT EN AVANT.

FACE AU N. E.		FACE AU S. O.	
haut.	bas.	haut.	bas.
74° 32'	74° 36'	105° 16'	105° 16'
74° 33'	74° 36'	104° 56'	104° 56'
74° 40'	74° 44'	105° 19'	105° 19'
<u>74° 35'</u>	<u>74° 38',7</u>	<u>105° 10',3</u>	<u>105° 10',3</u>
74° 36',85		105° 10',3	

MARQUE EN HAUT EN ARRIÈRE.

FACE AU S. O.		FACE AU N. E.	
haut.	bas.	haut.	bas.
104° 55'	104° 55'	74° 13'	74° 13'
105° 08'	105° 08'	74° 18',5	74° 18',5
105° 16'	105° 16'	74° 39'	74° 39'
<u>105° 06',3</u>	<u>105° 06',3</u>	<u>74° 23',5</u>	<u>74° 23',5</u>
105° 06',3		74° 23',5	

Deuxième azimut β .

MARQUE EN HAUT EN AVANT.

FACE AU N. O.		FACE AU S. E.	
haut.	bas.	haut.	bas.
105° 06'	105° 06'	74° 42'	74° 42'
104° 56'	104° 56'	74° 39'	74° 39'
104° 55'	104° 55'	74° 46'	74° 46'
<u>104° 59'</u>	<u>104° 59'</u>	<u>74° 42',3</u>	<u>74° 42',3</u>
104° 59'		74° 42',3	

MARQUE EN HAUT EN ARRIÈRE.

FACE AU S. E.		FACE AU N. O.	
haut.	bas.	haut.	bas.
74° 33'	74° 33'	105° 06'	105° 06'
74° 23'	74° 23'	105° 02'	105° 02'
74° 15'	74° 15'	105° 13'	105° 13'
<u>74° 23',7</u>	<u>74° 23',7</u>	<u>105° 07'</u>	<u>105° 07'</u>
74° 23',7		105° 07'	

DEUXIÈME AIMANTATION.

Premier azimut α .

MARQUE EN BAS EN AVANT.

FACE AU N. E.		FACE AU S. O.	
haut.	bas.	haut.	bas.
73° 13'	73° 08'	105° 55'	105° 55'
73° 48'	73° 43'	106° 09'	106° 07'
74° 19'	74° 16'	105° 06'	105° 02'
<u>74° 46',7</u>	<u>74° 42',3</u>	<u>105° 43',3</u>	<u>105° 41',3</u>
74° 44',5		105° 42',3	

MARQUE EN BAS EN ARRIÈRE.

FACE AU S. O.		FACE AU N. E.	
haut.	bas.	haut.	bas.
105° 53'	105° 53'	74° 06'	74° 06'
106° 34'	106° 34'	73° 36'	73° 36'
106° 05'	106° 05'	73° 57'	73° 57'
<u>106° 10',7</u>	<u>106° 10',7</u>	<u>73° 53'</u>	<u>73° 53'</u>
106° 10',7		73° 53'	

Deuxième azimut β .

MARQUE EN BAS EN AVANT.

FACE AU N. O.		FACE AU S. E.	
haut.	bas.	haut.	bas.
105° 55'	105° 55'	73° 40'	73° 40'
106° 29'	106° 29'	72° 36'	72° 36'
105° 59'	105° 59'	73° 40'	73° 40'
<u>106° 07',7</u>	<u>106° 07',7</u>	<u>73° 38',7</u>	<u>73° 38',7</u>
106° 07',7		73° 38',7	

MARQUE EN BAS EN ARRIÈRE.

FACE AU S. E.		FACE AU N. O.	
haut.	bas	haut.	bas.
74° 04'	74° 04'	76° 00'	76° 04'
74° 02'	74° 02'	75° 56'	76° 00'
73° 58'	73° 58'	75° 56'	76° 00'
74° 01',3	74° 01',3	75° 57',3	76° 01',3
74° 01',3		75° 59',3	

Heure temps moyen du lieu, fin des observations : 10^h matin.

RÉSUMÉ.

$$\left. \begin{array}{l} 74^{\circ} 36',85 \\ 74^{\circ} 49',7 \\ 74^{\circ} 53',7 \\ 74^{\circ} 23',5 \\ 74^{\circ} 44',5 \\ 74^{\circ} 17',7 \\ 73^{\circ} 49',3 \\ 73^{\circ} 53',0 \end{array} \right\} I\alpha = 74^{\circ} 26',03$$

$$\left. \begin{array}{l} 75^{\circ} 01',0 \\ 74^{\circ} 42',3 \\ 74^{\circ} 23',7 \\ 74^{\circ} 53',0 \\ 73^{\circ} 52',3 \\ 73^{\circ} 38',7 \\ 74^{\circ} 01',3 \\ 75^{\circ} 59',3 \end{array} \right\} I\beta = 74^{\circ} 33',9$$

$$\text{Cot } I = \cot^2 I\alpha + \cot^2 I\beta$$

$$I = 8^{\circ} 45'.$$

VII. AU SUJET DES BARREAUX AIMANTÉS.

Le barreau n° 1 du théodolite n° 5 nous avait été signalé au départ, par M. Moureaux, comme n'ayant *pas conservé une aimantation suffisante pour les régions équatoriales*. Il n'a jamais été utilisé au cours de nos observations. M. Moureaux recommandait, en outre, d'observer principalement avec les barreaux n° 3 et n° 2.

Toutes nos observations ont été effectuées avec le barreau n° 3. Cependant, à Carimama, on utilisa, pour la mesure de la déclinaison, le barreau n° 2, et pour la composante horizontale successivement les barreaux 2 et 3. On verra, au détail des observations, que les deux barreaux donnent sensiblement la même valeur de la composante horizontale.

En principe, une seule série d'observations fut effectuée en un même point. Toutefois, à Parakou, la déclinaison fut obtenue par deux observations faites le même jour, successivement avec le barreau n° 3, puis le barreau n° 2.

VIII. ÉLÉMENTS EMPLOYÉS DANS LES CALCULS.

a. *Constantes.* — « On sait que si, dans la formule du calcul de la composante horizontale⁽¹⁾

$$H = \frac{\pi k}{Rt} \sqrt{\frac{a \left(1 + \frac{p}{R^2}\right)}{R \sin \alpha (1 + i)}},$$

on représente par une constante unique C tous les termes dont la valeur numérique est connue, et si la température reste sensiblement constante pendant les oscillations et les déviations, on a :

$$H = \frac{C}{t \sqrt{\sin \alpha}}, \text{ ou } C = Ht \sqrt{\sin \alpha},$$

t étant le temps d'une oscillation simple et α l'angle de déviation à la distance adoptée.

« Si donc on observe t et α en un point où H soit connue, on en conclura C.

« Les expériences pour la détermination de C ne sont plus possibles à l'observatoire du Parc-Saint-Maur depuis l'établissement de lignes de tramways électriques à trolley dans son voisinage; elles ont été faites par M. J. Itié à l'observatoire du Val-Joyeux, du 8 au 10 juin 1904, en temps de calme magnétique.

« Pour chacun des trois barreaux dont est muni le théodolite Chasselon n° 5, la constante C résulte de neuf séries de mesures de t et de α , dont on a pris la moyenne. »

Petit théodolite Chasselon n° 5. Distance R (la plus courte).

Barreau n° 1 . . . $\log C_1 = \overline{1}, 5795954;$

Barreau n° 2 . . . $\log C_2 = \overline{1}, 5811514;$

Barreau n° 3 . . . $\log C_3 = \overline{1}, 5838449.$

D'après la disposition de l'appareil, les déviations peuvent, comme d'usage, être mesurées pour deux distances R et R' du barreau déviant; nous avons uniquement observé à la distance R, la plus courte, pour laquelle avait été déterminée la constante C.

⁽¹⁾ Extrait de *Déterminations magnétiques faites dans la région de l'anomalie du bassin de Paris, pendant l'année 1904*, par M. Th. MOUREAUX, p. 28. Gauthier-Villars, éditeur.

Le calcul de la composante horizontale est donc effectué, suivant le barreau utilisé, par l'une des trois expressions suivantes :

$$\text{Barreau n}^{\circ} 1 \dots \log H_1 = \overline{1,5795954} - (\log t_1 + \frac{1}{2} \log \sin \alpha_1);$$

$$\text{Barreau n}^{\circ} 2 \dots \log H_2 = \overline{1,5811514} - (\log t_2 + \frac{1}{2} \log \sin \alpha_2);$$

$$\text{Barreau n}^{\circ} 3 \dots \log H_3 = \overline{1,5838449} - (\log t_3 + \frac{1}{2} \log \sin \alpha_3).$$

Au retour de la Mission, les instruments furent déposés à l'observatoire du Parc-Saint-Maur pour être transportés au Val-Joyeux en vue d'une vérification des constantes; mais, à l'examen, on a constaté un assez fort « grippement »⁽¹⁾ du cercle vertical du théodolite, rendant très difficile la manœuvre de la lunette; les observations nécessaires ne purent donc être faites et l'appareil fut remis au constructeur; dans ces conditions, la remise en état pouvant impliquer un changement qui ne serait pas applicable aux observations antérieures, sur le conseil de M. Moureaux, nous avons employé dans les calculs de la composante horizontale les valeurs déterminées avant le départ⁽²⁾.

L'emploi d'une constante unique suppose que la température sera sensiblement la même pendant les oscillations et pendant les déviations. Pour assurer, autant que possible, cette condition, on fit, chaque fois, deux séries d'oscillations comprenant entre elles la mesure de la déviation; l'appareil, en outre, était installé, dans la mesure où les circonstances le permettaient, dans un endroit ombragé.

b. Coordonnées géographiques. — D'une manière générale, les coordonnées géographiques des points d'observation sont celles qui résultent des travaux astronomiques et cartographiques de la mission.

Pour *Fort-Lamy*, nous avons adopté les valeurs qui nous ont été fournies obligeamment par M. le lieutenant-colonel Moll, chef de la mission Congo-Cameroun (1905-1908).

Pour *Aguié*, les coordonnées sont celles attribuées à ce point par la carte dressée par le capitaine Tilho à la suite de la mission Moll (mission Niger-Tchad, 1902-1905).

Pour *Kandi*, nous avons pris les valeurs fournies par la carte du Service géographique des Colonies (Dahomey, édition 1908).

⁽¹⁾ Nous attribuons cet accident aux chocs subis par l'instrument, au retour, entre Cotonou et Paris, dans les nombreux transbordements effectués. Le voyage en chemin de fer, de Bordeaux à Paris, a pu provoquer cet accident, les trépidations ayant desserré les vis de pression et l'appareil n'étant plus convenablement tenu dans sa boîte lorsqu'il nous parvint à Paris. A Cotonou, théodolite et boussole étaient en bon état. L'adoption pour les constantes des valeurs fournies au départ paraît donc naturelle.

⁽²⁾ Voir à ce sujet la note de la page 404.

c. *Heure de Paris.* — Cet élément était obtenu au moyen d'une montre de torpilleur servant de montre de poche (n° 13486, de Rodanet, puis n° 5886, de Leroy). Lorsque les circonstances n'ont pas permis d'obtenir directement l'heure de Paris auprès des officiers géodèses de la Mission (capitaine Lauzanne, capitaine Vignon), on utilisa les observations du soleil destinées à fournir l'azimut de cet astre (en vue de la détermination du méridien géographique) pour le calcul de l'heure du lieu; la longitude de ce point permettait ensuite de passer à l'heure de Paris pour avoir la distance polaire du soleil nécessaire à l'application de la formule :

$$\lg \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin(S - \lambda) \sin(S - z)}{\sin S \sin(S - \Delta)}}$$

λ = colatitude du lieu.

z = distance zénithale de l'astre observé.

Δ = distance polaire de l'astre observé.

$$S = \frac{\lambda + z + \Delta}{2}.$$

A = azimut du soleil.

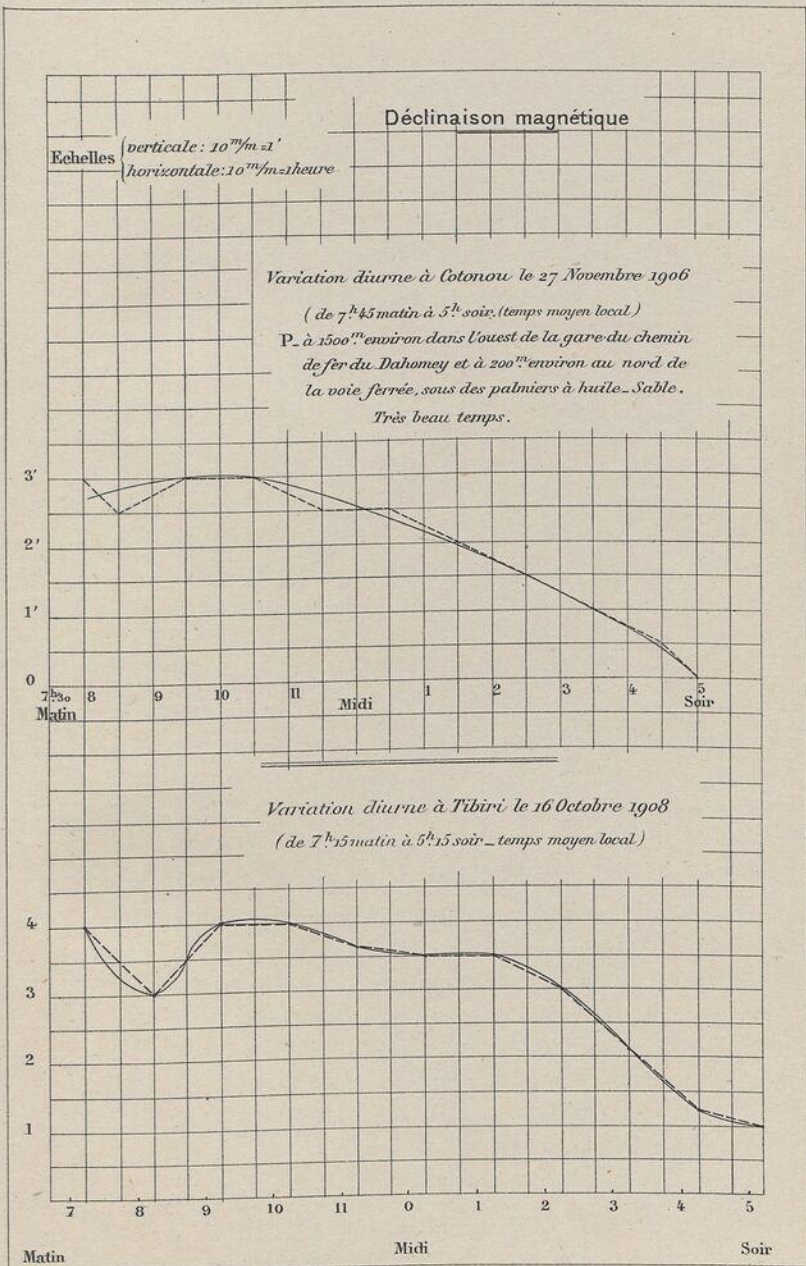
d. *Altitude.* — L'altitude attribuée aux points d'observation autres que ceux des tableaux D et E du chapitre « Altimétrie » de cet ouvrage représente seulement une *valeur approchée* de cet élément. Lorsque tous les calculs altimétriques de la Mission seront achevés, nous fournirons les altitudes telles qu'elles résultent de ces calculs.

Remarque. — A Dioundiou, diverses roches paraissant présenter une forte teneur en fer ont été approchées d'un barreau aimanté suspendu dans la cage du théodolite et n'ont produit sur ce barreau aucune déviation, bien que ces échantillons aient été placés au contact même de la cage de l'appareil.

IX. VARIATION DIURNE DE LA DÉCLINAISON.

Cette variation, obtenue comme il a été exposé plus haut (§ V), est représentée par les courbes ci-contre (pl. I et II, 5^e partie). Le procédé employé, tout élémentaire qu'il soit, permet de se rendre compte de la faible variation diurne de cet élément.

L'amplitude maxima observée est de 5' environ à Cotonou, le 27 novembre 1906, entre 7^h 45^m et 5^h du soir; elle est de 2',5 environ à Tibiri, le 16 octobre 1908, de 6^h 15^m du matin à 5^h 15^m du soir; de 6' environ à Dungass, le 6 septembre 1907, entre 6^h 30^m du matin et 6^h 10^m du soir; de 2' environ à Bosse, le 3 novembre 1907, entre 5^h du matin et 5^h 30^m du soir.



Déclinaison magnétique

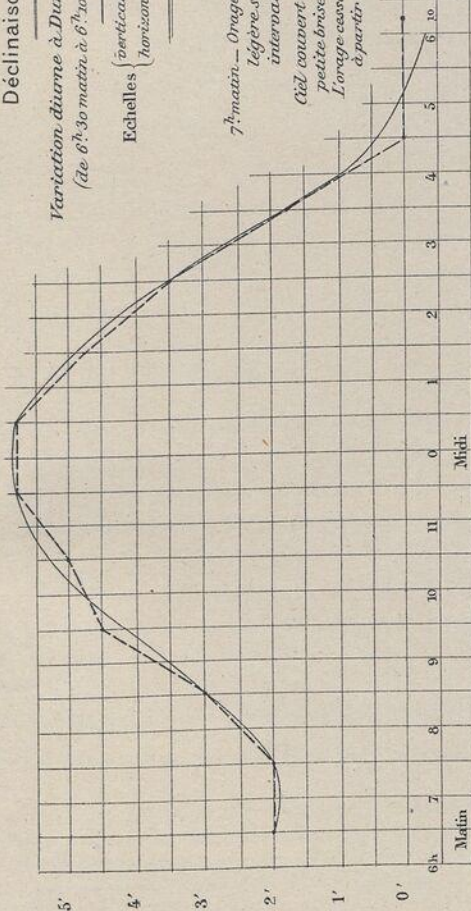
Variation diurne à Dungass le 6 Septembre 1907
(de 6^h 30 matin à 6^h 30 soir - temps moyen local.)

Echelles { verticale: 10''/mm = 2'
horizontale: 10''/mm = 1 heure

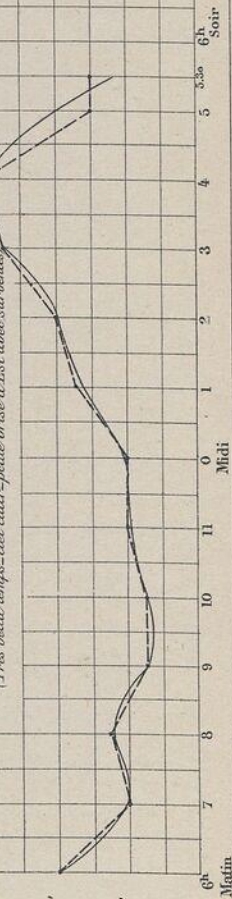
7^h matin. - Orages lointains - pluie -
léger survolte par
intervalles

Ciel couvert (cum-nimb.) -
petite brise de Sud.

L'orage cesse vers 10^h - calme
à partir de midi.



Variation diurne à Bosvo, le 3 Novembre 1907, de 6^h matin à 5^h 30 soir (temps moyen local.)
(Très beau temps - ciel clair - petite brise d'Est avec sursauts)



X. STATIONS MAGNÉTIQUES ANTÉRIEURES AU PASSAGE DE LA MISSION.

Les seules observations magnétiques effectuées dans les régions parcourues, antérieurement au passage de la Mission, sont, sauf erreur de notre part⁽¹⁾, celles de M. le capitaine de vaisseau Schwerer, à Cotonou, en septembre 1895; celles de M. Foureau, entre Zinder et le lac Tchad; celles de l'explorateur allemand Vogel, autour du Tchad, en 1854.

M. le capitaine de vaisseau Schwerer a obtenu⁽²⁾ à Cotonou :

KOTONOU (DAHOMÉY). LAT. 6° 21' 28" N., LONG. 0° 6' 27" E.

	DÉCLINAISON.		COMPOSANTE HORIZONTALE.		INCLINAISON.	
	HEURE.	RÉSULTAT	HEURE.	RÉSULTAT	HEURE.	RÉSULTAT
	t. m. l.	de l'observation.	t. m. l.	de l'observation.	t. m. l.	de l'observation.
10 septembre : sur la rive gauche et à 80 mètres environ de la lagune, en face du mouillage de la flottille; terrain sablonneux.....	2 10 ^h 15 ^m m.	15° 24',0 O.	2 3 ^h 30 ^m s.	0,31717	2 8 ^h 50 ^m m.	0° 11',6 S.
11 septembre : sur la rive gauche de la lagune, et à 10 mètres de la berge, en face du mouillage de la flottille.	1 6 ^h 25 ^m m.	15° 25',0 O.	1 7 ^h 20 ^m m.	0,31716	1 5 ^h 00 ^m s.	0° 8',0 S.
Mât du blockhaus.....				S. 26° 23' 21" O.		
Mât du campement des tirailleurs.....				S. 0° 39' 01" O.		
Mât du magasin de la flottille.....				S. 63° 15' 51" O.		
(Observation d'inclinaison faite par la méthode des plans perpendiculaires.)						

M. Foureau a obtenu, pour Zinder et Adeber respectivement, les résultats suivants⁽³⁾ :

	DATES.	DÉCLINAISON OCCIDENTALE.	COMPOSANTE HORIZONTALE.
ZINDER (Fort Cazemajou).....	1899 - novembre - 12	11° 14'	0,32287
ADEBER (1).....	1900 - janvier - 9	10° 24'	"

(1) Adebour.

Nous n'avons aucun point d'observation commun avec Vogel.

(1) Depuis la rédaction de ce travail, nous avons eu connaissance de la valeur de la déclinaison trouvée à Koukaoua par le lieutenant Boyd Alexander, le 2 décembre 1904. Déclinaison occidentale = 9° 52'.

(2) Voir *Missions magnétiques organisées par le Bureau des longitudes en 1895-1896, sous la direction de M. le capitaine de vaisseau de Bernardières*. Rapport d'ensemble par M. de Vanssay, ingénieur hydrographe, p. A 136 et A 137.

(3) Voir *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, t. I, p. 55.

XI. VARIATION SÉCULAIRE DE LA DÉCLINAISON.

1° Cotonou. — Ramenons à 10^h du matin les valeurs trouvées à Cotonou pour la déclinaison magnétique, respectivement les 23 et 24 novembre 1906, en apportant aux résultats bruts les corrections qui résultent de la variation diurne de la déclinaison à Cotonou, le 27 novembre 1906. Nous obtiendrons :

1906. Novembre, 23, 10 ^h matin.....	14° 28',4.
1906. Novembre, 24, 10 ^h matin.....	14° 28',8.

Les résultats sont concordants; par comparaison avec le résultat fourni par M. le capitaine de vaisseau Schwerer pour le 11 septembre 1905, soit 15° 24', nous aurons, pour la variation annuelle moyenne de la déclinaison magnétique, à Cotonou, dans cet intervalle, — 4',9⁽¹⁾.

La comparaison de nos résultats à ceux de M. Foureau donne, pour la variation annuelle de la déclinaison :

A Zinder.....	— 5',8
A Adebour.....	— 6',1

XII. VARIATION SÉCULAIRE DE LA COMPOSANTE HORIZONTALE.

La comparaison de nos résultats à ceux de M. le capitaine de vaisseau Schwerer montre que, sur la côte du Dahomey, la variation séculaire de la composante horizontale est représentée par une diminution annuelle de 0,00015⁽¹⁾.

D'un autre côté, les observations récentes publiées par M. Keeling⁽²⁾ semblent également montrer une diminution générale de cet élément en Égypte, dans les vingt dernières années; toutefois, le degré de cette décroissance ne peut être établi avec certitude, faute d'un nombre suffisant d'observations comparables.

La comparaison de nos résultats de Zinder à ceux de M. Foureau donne, pour variation annuelle moyenne de la composante horizontale, de 1899 à 1908, + 0,000955⁽³⁾. Mais le point d'observation de notre mission à Zinder se trouve à 500^m environ de celui de M. Foureau, et les granits à grands élé-

(1) M. de Vanssay (voir *Missions magnétiques*, op. cit., p. A 49) a trouvé que la composante horizontale à Dakar, en 1896, diminuait de 0,0007 par an. Les tableaux dressés par M. le capitaine de vaisseau Schwerer (voir p. A 37 et A 38) montrent que la composante horizontale est en décroissance, à San Thomé, depuis 1842, de 0,0002 environ.

(2) *Magnetic observations in Egypt 1895-1905*. Le Caire, 1907.

(3) Voir *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, t. I, p. 55.



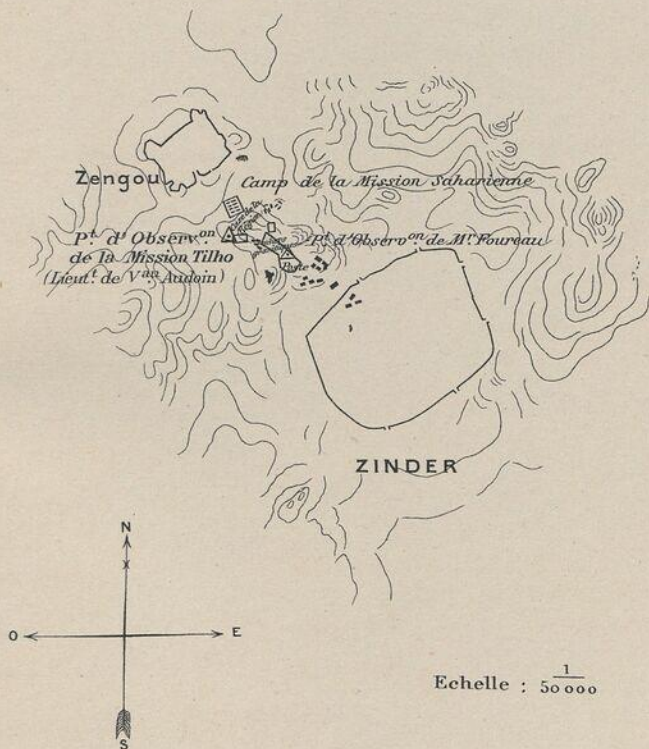
*Extrait des Documents scientifiques de la Mission Saharienne
(Mission Fourreau-Lamy)*

Cartes (Planche V)

ZINDER



*Positions relatives des p^{ts} d'ob^{ons} magnétiques de M^r Fourreau
et du Lieut^t de V^{rau} Audoin.*



ments qui forment le plateau sur lequel s'élève le poste de Zinder ont pu provoquer des anomalies qui expliqueraient la grandeur du résultat ainsi obtenu pour cette variation séculaire. (Voir pl. III, 5^e partie, les positions relatives des deux points d'observation.)

XIII. RÉDUCTION DES OBSERVATIONS AU 1^{er} JANVIER 1908.

Afin de rendre comparables entre eux les divers résultats obtenus, nous avons réduit ces résultats au 1^{er} janvier 1908. Pour les stations du Dahomey (voir tableau n° 1, p. 400 et 401), nous avons adopté comme variation séculaire annuelle de la déclinaison la valeur $-4'9$, résultant de la comparaison des résultats obtenus par M. le capitaine de vaisseau Schwerer, en 1895, à ceux que nous avons obtenus nous-même en 1906.

Pour les autres stations, qui sont toutes situées à l'Est du Niger, nous avons adopté pour variation séculaire annuelle $-5'9$, à la suite de la comparaison de nos résultats à ceux obtenus par M. Foureau en 1899-1900⁽¹⁾.

Les observations de la composante horizontale ont été réduites, à la même date du 1^{er} janvier 1908, en adoptant comme variation annuelle : $-0,00015$ pour toutes les stations. L'époque de réduction étant, dans tous les cas, très voisine de celle où ont été faites nos déterminations, l'erreur qui pourrait résulter de notre appréciation de la variation séculaire serait très faible et resterait comprise dans la limite des erreurs possibles d'observation.

En raison de l'imprécision des résultats obtenus avec notre boussole pour l'inclinaison, nous nous bornons à fournir les nombres résultant directement de l'observation; d'après les réserves formulées plus haut, ces nombres ne peuvent être donnés qu'à titre d'indication.

⁽¹⁾ La comparaison des valeurs trouvées pour la déclinaison à Koukaoua respectivement par Vogel et par Boyd Alexander donnerait pour la variation séculaire annuelle de cet élément en ce point de 1854 à 1904, $-4'9$. (Voir pour ces valeurs de la déclinaison, note 1, page 373 et nota, page 401.)

DÉTAIL DES OBSERVATIONS.

Remarque. — Nous employons, pour abréger, les simplifications suivantes dans le texte, au détail des opérations ⁽¹⁾ :

- P Point d'observation;
- A Altitude approchée du lieu;
- S Observation du soleil;
- b* Pression barométrique;
- θ Température;
- D Déclinaison;
- H Composante horizontale;
- I Inclinaison.

Les heures à chaque station sont exprimées en temps moyen du lieu.

I. DAHOMEY.

Cotonou. — 23 novembre 1906.

P. Dans l'Ouest de la ville, sur la plage, à 120^m environ de la mer, et à 350^m environ au Sud des ateliers du chemin de fer et de la voie ferrée, à 200^m environ dans l'Ouest de la dernière maison de la ville. Sable siliceux.

A = 4^m.

S. 10 pointés de 2^h 36 à 3^h; beau; la mer qui déferle, en formant une barre, influence légèrement le niveau. $b = 760^{\text{mm}}$; $\theta = 31^{\circ}$.

D. Une observation, de 2^h 36 à 3^h soir.

Barreau n° 3.

Méridien géographique..... 281° 31',4

Méridien magnétique..... 267° 03',0

D = 14° 28',4

24 novembre 1906.

P. Sur la route de Cotonou à Ouidah, au kilomètre 1, à 400^m environ des ateliers et de la ligne du chemin de fer du Dahomey et à 200^m de la mer. Sur la route, terre rouge argileuse, dite *terre de barre*; de part et d'autre de la route, sable siliceux.

A = 5^m.

S. 6 pointés de 8^h 57 à 9^h 17 matin; beau, calme; $b = 763^{\text{mm}}$; $\theta = 27^{\circ},6$.

D. Une observation, de 6^h 54 à 7^h 23 matin.

⁽¹⁾ Ces conventions sont celles adoptées par M. Moureaux, dans ses « Déterminations magnétiques faites dans la région de l'anomalie du bassin de Paris pendant l'année 1904 », *op. cit.*, p. 29.

NOTE. Les diverses stations sont rangées dans l'exposé ci-dessus d'après leur longitude en allant de l'Ouest vers l'Est, et non d'après l'ordre chronologique des observations.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	23° 42',6
Méridien magnétique.....	9° 11',1
D =	<u>14° 31',5</u>

H. Une observation, de 7^h 36 à 8^h 35 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 17^{\circ} 15' 00''$	$\theta = 27^{\circ},8$
$t = 2',2326$	$\theta = 27^{\circ},8$
$H = 0,31549$	

Parakou. — 11 décembre 1906.

P. Près de la case des passagers, à la porte du camp des gardes de cercle, à 25^m environ dans le Nord de la ligne télégraphique de Kandi, et à 60^m environ de la ligne télégraphique de Porto-Novo. Le sol provient de roches granitiques ⁽¹⁾.

A = 368^m.

H. Une observation, de 3^h 15 à 4^h 30 du soir.

Barreau n° 3.

$\alpha = 16^{\circ} 50' 00''$	$\theta = 30^{\circ},8$
$t = 2',2071$	$\theta = 31^{\circ},0$
$H = 0,32295$	

12 décembre 1906.

P. Même point que la veille.

A = 368^m.

S. 10 pointés, de 8^h 30 à 8^h 59 matin; beau, calme; $b = 734^{\text{mm}}$; $\theta = 26^{\circ} 0$.

D. Une observation, de 6^h 30 à 7^h matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	231° 37',5
Méridien magnétique.....	217° 54',4
D =	<u>13° 43',1</u>

H. Une observation de 7^h à 8^h 10 matin.

⁽¹⁾ Renseignement fourni par M. le géologue Garde, membre de la Mission.

Barreau n° 3.

$$\begin{array}{ll} \alpha = 16^{\circ} 43' 15'' & \theta = 19^{\circ},0 \\ t = 2^{\circ},2087 & \theta = 19^{\circ},5 \\ H = 0,32377 \end{array}$$

Kandi ⁽¹⁾. — 23 décembre 1906.

P. Dans la cour du Cercle, à 5^m de la face Est de la case du commandant de cercle. Le terrain est formé de sables argileux ⁽²⁾.

A = 289^m.

S. 10 pointés, de 9^h 07 à 9^h 29; beau, calme; $b = 737^{\text{mm}}$; $\theta = 27^{\circ} 0$.

D. Une observation, de 6^h 15 à 7^h 15 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{array}{ll} \text{Méridien géographique} & 150^{\circ} 02',8 \\ \text{Méridien magnétique} & 136^{\circ} 50',3 \\ D = & \underline{13^{\circ} 12',5} \end{array}$$

H. Une observation, de 7^h 45 à 8^h 55 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{array}{ll} \alpha = 16^{\circ} 41' 15'' & \theta = 31^{\circ},3 \\ t = 2^{\circ},1770 & \theta = 30^{\circ},1 \\ H = 0,32899 \end{array}$$

Carimama. — 2 janvier 1907.

P. Dans la cour du poste militaire, à 30^m du bureau télégraphique d'où partent trois lignes télégraphiques passant à 30^m environ de l'appareil. Terrain de sable argileux ⁽³⁾.

A = 164^m.

H. Une observation, de 7^h 10 à 8^h 45 matin.

Barreau n° 2.

$$\begin{array}{ll} \alpha = 14^{\circ} 41',00'' & \theta = 25^{\circ},2 \\ t = 2^{\circ},3246 & \theta = 25^{\circ},1 \\ H = 0,32571 \end{array}$$

⁽¹⁾ Les observations de Kandi sont dues à M. le capitaine Lauzanne, de l'infanterie coloniale, membre de la Mission.

⁽²⁾ Renseignements du géologue Garde.

⁽³⁾ Renseignements du géologue Garde.

3 janvier 1907.

- P. Même point d'observation que la veille.
 S. 10 pointés, de 8^h 07 à 8^h 35 matin; brise fraîche, soufflant par rafales et soulevant une épaisse poussière; $b = 750^{\text{mm}}$; $\theta = 24^{\circ},0$.
 D. Deux observations, de 6^h 30 à 7^h et de 7^h à 7^h 30 matin.

Barreau n° 3 (6^h 30 à 7^h matin).

Méridien géographique.....	283° 29',0
Méridien magnétique.....	270° 37',1
D =	<u>12° 51',9</u>

Barreau n° 2 (7^h à 7^h 30 matin).

Méridien géographique.....	283° 29',0
Méridien magnétique.....	270° 36',1
D =	<u>12° 52',9</u>

- H. Une observation, de 9^h à 10^h 48 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 16^{\circ} 18' 00''$	$\theta = 32^{\circ},9$
$t = 2^{\circ},2206$	$\theta = 32^{\circ},9$
$H = 0,32605$	

2° DE NIAMEY À ZINDER.

Niamey. — 22 novembre 1908.

- P. Sur le bord de la falaise dominant la rive gauche du Niger, à 100^m environ de l'hôpital.
 Sol sablonneux; quelques blocs de grès ferrugineux couronnent le bord de la falaise ⁽¹⁾.
 $A = 192^{\text{m}}$.
 S. 10 pointés, de 7^h 29 à 7^h 58 matin; beau, calme; $b = 741^{\text{mm}}$; $\theta = 24^{\circ},0$.
 D. Une observation, de 6^h 45 à 7^h 15 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	212° 34',8
Méridien magnétique.....	199° 48',5
D =	<u>12° 46',3</u>

⁽¹⁾ Renseignements du géologue Garde.

23 novembre 1908.

H. Une observation, de 6^h 15 à 7^h 10 matin, au point d'observation de la veille.

Barreau n° 3.

$$\begin{aligned}\alpha &= 14^{\circ} 49' 30'' & \theta &= 19^{\circ},7 \\ t &= 2^{\circ},3303 & \theta &= 19^{\circ},7 \\ H &= 0,32767\end{aligned}$$

I. Observations dans deux plans rectangulaires, de 3^h à 5^h du soir.

	1 ^{re} AIMANTATION.	2 ^e AIMANTATION.	MOYENNE.
1 ^{re} azimut	74° 49',8	73° 36',0	74° 13'
2 ^e azimut	71° 40',7	70° 37',2	71° 09'

Moyenne I = 11° 07'

Gaya. — 15 janvier 1907.

P. A l'extérieur du village, à 380^m dans le S. 70° W. de l'angle S. W. de l'enceinte, auprès d'un gros tamarinier, sur la rive droite du Niger, à 300^m environ du fleuve. Le sol est de sable argileux; dans le N. W. de P, à 1000^m environ, collines de 40^m environ de relief coiffées d'un chapeau de grès ferrugineux.

A = 157^m.

S. 10 pointés, de 9^h 49 à 10^h 17 matin; beau, calme; $b = 743^{\text{mm}}$; $\theta = 31^{\circ},0$.

D. Une observation, de 7^h 30 à 7^h 45 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique	191° 30',2
Méridien magnétique	178° 30',1
	D = 13° 00',1

H. Une observation, de 8^h 10 à 9^h 40 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{aligned}\alpha &= 16^{\circ} 17' 00'' & \theta &= 27^{\circ},1 \\ t &= 2^{\circ},22169 & \theta &= 27^{\circ},1 \\ H &= 0,32605\end{aligned}$$

Dioundiou. — 15 février 1907.

P. A 50^m environ dans le S. E. du village; à 250^m dans le Nord se trouve un plateau de 12^m environ de relief, présentant, à son sommet et sur ses pentes, de nombreux affleurements de grès ferrugineux.

A = 197^m.

S. 10 pointés, de 7^h 38 à 7^h 58; beau; $b = 740^{\text{mm}}$; $\theta = 24^{\circ},0$

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	184° 36',9
Méridien magnétique.....	172° 00',2
D =	<u>12° 36',7</u>

H. Une observation, de 8^h 30 à 9^h 15 matin.

$$\begin{aligned}\alpha &= 16^{\circ} 16' 15'' & \theta &= 32^{\circ},2 \\ t &= 2^{\circ},2276 & \theta &= 32^{\circ},2 \\ H &= 0,32531\end{aligned}$$

Yélou. — 12 février 1907.

P. A 50^m de la porte Ouest du village, dans un champ de mil; sable argileux; dans le N. E., à 1500^m environ, plateau de 40^m environ de relief, coiffé d'un chapeau de grès ferrugineux de quelques mètres d'épaisseur.

A = 180^m.

S. 10 pointés, de 7^h 45 à 8^h 02 du matin; beau; $b = 749^{\text{mm}}$; $\theta = 22^{\circ},5$.

D. Une observation, de 7^h à 7^h 30 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	212° 53',6
Méridien magnétique.....	200° 10',6
D =	<u>12° 43',0</u>

H. Une observation, de 4^h 45 à 6^h soir.

Barreau n° 3.

$$\begin{aligned}\alpha &= 16^{\circ} 10' 52'' & \theta &= 30^{\circ},8 \\ t &= 2^{\circ},2264 & \theta &= 30^{\circ},6 \\ H &= 0,32636\end{aligned}$$

Bengou. — 7 février 1907.

P. Sur le plateau de Bengou, à 800^m environ dans le N. E. du village, à 150^m environ dans l'Est de la route de Yélou; sable argileux; quelques affleurements de grès ferrugineux; à 900^m environ dans l'E. S. E., plateau de 12^m environ d'élévation, large moyenne 1^{km}, orientation générale N.-S., présentant, sur ses pentes et à son sommet, de nombreux affleurements de grès ferrugineux.

A = 166^m.

S. 10 pointés, de 8^h 48 à 9^h 12; beau; $b = 743^{\text{mm}}$; $\theta = 30^{\circ}, 0$.

D. Une observation, de 6^h 45 à 7^h 15 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	277° 14',8
Méridien magnétique.....	264° 30',9
D =	<u>12° 43',9</u>

H. Une observation, de 8^h 05 à 8^h 30 matin.

$$\begin{array}{ll} \alpha = 16^{\circ} 21' 15'' & \theta = 25^{\circ}, 4 \\ t = 2^{\circ}, 2263 & \theta = 25^{\circ}, 4 \\ H = 0,32469 \end{array}$$

Tounouga. — 1^{er} février 1907.

P. A 600^m environ dans le Sud du village; à 1200^m environ dans le N. E. d'un plateau de 40^m d'élévation, coiffé d'un chapeau de grès ferrugineux; près d'une dépression marécageuse; sable argileux.

A = 156^m.

S. 10 pointés, de 9^h 04 à 9^h 28; beau; $b = 749^{\text{mm}}$; $\theta = 27^{\circ}, 0$.

D. Une observation, de 6^h 30 à 7^h matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	109° 08',7
Méridien magnétique.....	96° 20',5
D =	<u>12° 48',2</u>

H. Une observation, de 7^h 45 à 8^h 53 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{array}{ll} \alpha = 16^{\circ} 21' 00'' & \theta = 24^{\circ}, 7 \\ t = 2^{\circ}, 21825 & \theta = 23^{\circ}, 5 \\ H = 0,32591 \end{array}$$

Bébeye. — 1^{er} mars 1907.

P. Dans la dépression à l'Ouest du village, en bas du puits; à 2000^m environ dans l'Est, plateau de grès ferrugineux haut de 20^m environ, orienté E.-W; sable argileux.

A = 193^m.

S. 10 pointés, de 8^h 42 à 9^h 01; beau; $b = 747^{\text{mm}}$; $\theta = 33^{\circ}, 0$.

D. Une observation, de 6^h 30 à 7^h 15 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	178° 47',5
Méridien magnétique.....	166° 21',2
D =	<u>12° 26',3</u>

H. Une observation, de 7^h 40 à 8^h 30 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 16^{\circ} 16' 07''$	$\theta = 27^{\circ}, 0$
$t = 2^{\circ}, 2235$	$\theta = 27^{\circ}, 3$
$H = 0,32593$	

Tagouan. — 10 avril 1907.

P. A 1^{km} environ à l'Ouest du village, dans une plantation de coton, sous de grands nétés; le village est construit au pied d'un plateau de sable argileux, haut de 50^m environ, coiffé d'un chapeau de grès ferrugineux et orienté approximativement N.-S.

A = 205^m.

S. 10 pointés, de 8^h 17 à 8^h 38; brise fraîche gênant principalement les observations destinées à fournir la composante horizontale; $b = 736^{\text{mm}}$; $\theta = 32^{\circ}, 0$.

D. Une observation, de 6^h 30 à 7^h du matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	105° 54',9
Méridien magnétique.....	93° 52',8
D =	<u>12° 02',1</u>

H. Une observation, de 7^h 10 à 7^h 50 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 16^{\circ} 07' 22''$	$\theta = 29^{\circ}, 5$
$t = 2^{\circ}, 23029$	$\theta = 29^{\circ}, 3$
$H = 0,32636$	

Dogondoutchi. — 13 novembre 1908.I. Observations dans deux plans rectangulaires, de 6^h 45 à 9^h matin.

	1 ^{re} AIMANTATION.	2 ^e AIMANTATION.	MOYENNE.
1 ^{re} azimut.....	72° 07',9	71° 01',6	71° 34',7
2 ^e azimut.....	72° 06',3	71° 06',8	71° 36',5
I = 12° 29'			

Birni n'Konni. — 21 mai 1907.

P. A 200^m environ dans le Sud de la porte Sud du village, à 30^m environ au Sud de la rive Sud de la Majia, rivière à sec au moment de l'observation et n'ayant d'écoulement qu'en hivernage; dans le Nord, plateau de grès ferrugineux, de 40^m environ de hauteur; sable dur, un peu argileux.

A = 245^m.S. 10 pointés, de 8^h 12 à 8^m 26; beau, calme; $b = 740^{\text{mm}}$; $\theta = 32^{\circ},0$.D. Une observation, de 5^h 45 à 6^h 15 matin.*Barreau n° 3.*

Méridien géographique.....	182° 45',8
Méridien magnétique.....	171° 04',2
D =	<u>11° 41',6</u>

H. Une observation, de 6^h 30 à 7^h 50 matin.*Barreau n° 3.*

$\alpha = 15^{\circ} 46' 45''$	$\theta = 29^{\circ},1$
$t = 2^{\circ},24389$	$\theta = 29^{\circ},0$
H = 0,32780	

Arzarori. — 25 octobre 1908.

P. Dans la partie S. W. du village, au campement des passagers, sous un gros tamarinier; sable argileux dur.

A = 326^m.S. 10 pointés, de 7^h 02 à 7^h 30; beau, calme; $b = 730^{\text{mm}}$; $\theta = 20^{\circ},0$.D. Une observation, de 6^h 15 à 6^h 45 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	41° 09',8
Méridien magnétique.....	30° 53',9

$$D = \underline{\underline{11^{\circ} 15',9}}$$

H. Une observation, de 7^h 55 à 8^h 55 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 14^{\circ} 42' 52''$	$\theta = 28^{\circ},2$
$t = 2^{\circ},32355$	$\theta = 27^{\circ},6$
$H = 0,32755$	

I. Observations dans deux plans rectangulaires, de 6^h 30 à 8^h 30 matin.

	1 ^{re} AIMANTATION.	2 ^e AIMANTATION.	MOYENNE.
1 ^{er} azimut.....	72° 08',6	70° 34',2	71° 21',4
2 ^e azimut.....	71° 56',8	70° 37',9	71° 17',4

$$I = 12^{\circ} 52'$$

Sabo n'Birni ⁽¹⁾. — 7 juin 1907.

P. En dehors de l'enceinte du village, à 300^m environ au Sud de la porte Ouest; terrain de sable argileux dur, complètement plat aux abords du village.

A = 275^m.

S. 10 pointés, de 6^h 26 à 6^h 44; beau, calme; $b = 736^{\text{mm}}$; $\theta = 26^{\circ},5$.

D. Une observation de 6^h 00 à 6^h 30 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	286° 26',4
Méridien magnétique.....	275° 27',8

$$D = \underline{\underline{10^{\circ} 58',6}}$$

H. Une observation, de 7^h à 8^h matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 15^{\circ} 54' 00''$	$\theta = 33^{\circ},4$
$t = 2^{\circ},26357$	$\theta = 33^{\circ},6$
$H = 0,32379$	

⁽¹⁾ On verra (pl. IV, 5^e partie, p. 400) que l'isogone de 11° qui passe aux environs de Sabo n'Birni et de Tibiri n'a pas l'allure générale qu'on attribue aux isogones de l'Afrique centrale. Ce fait est attribuable, peut-être, aux masses granitiques de ces régions, granits qui émergent, par exemple dans le Sud du Maradi.

Tibiri ⁽¹⁾. — 15 octobre 1908.

P. Campement des passagers, à 400^m environ dans l'Est de la face Est de l'enceinte; sable rouge et gravier.

A = 325^m.

S. 10 pointés, de 7^h 05 à 7^h 31; beau, calme; $b = 730^{\text{mm}}$; $\theta = 18^{\circ}, 0$.

D. Une observation, de 6^h 15 à 6^h 45 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	307° 41',5
Méridien magnétique.....	296° 47',4
D =	<u>10° 54',1</u>

H. Une observation, de 8^h à 9^h matin.

$$\begin{aligned}\alpha &= 14^{\circ} 42' 45'' & \theta &= 27^{\circ}, 7 \\ t &= 2^{\circ}, 3228 & \theta &= 27^{\circ}, 3 \\ H &= 0,32767\end{aligned}$$

I. Observations dans deux plans rectangulaires, de 2^h 30 à 5^h du soir.

	1 ^{re} AIMANTATION.	2 ^e AIMANTATION.	MOYENNE.
1 ^{re} azimut.....	74° 01',8	72° 40',2	73° 21',0
2 ^e azimut.....	73° 50',2	72° 21',0	73° 05',6

$$I = 10^{\circ} 18'$$

Aguié. — 11 octobre 1908.

P. Dans l'enceinte du village, à 20^m au Sud de la porte Ouest, sous un grand gommier; sable argileux, gravier.

A = 392^m.

S. 10 pointés, de 7^h 52 à 8^h 22; beau, petite brise; $b = 725^{\text{mm}}, 5$; $\theta = 31^{\circ}, 5$.

D. Une observation, de 6^h à 6^h 30 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	265° 42',4
Méridien magnétique.....	255° 04',7
D =	<u>10° 37',7</u>

⁽¹⁾ Voir la note de la page précédente.

H. Une observation, de 6^h 45 à 7^h 45 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{aligned}\alpha &= 14^{\circ} 43' 22'' & \theta &= 27^{\circ},0 \\ t &= 2^{\circ},3170 & \theta &= 27^{\circ},1 \\ H &= 0,32838\end{aligned}$$

Zinder. — 23 septembre 1908.

P. Auprès de la case du commandant de la région de Zinder, à 300^m environ dans le N. W. du poste militaire (fort Cazemajou). La butte sur laquelle sont construits le poste et la case du commandant est formée par du granit à grands éléments; les sables qui s'étendent à sa base sont un peu argileux ⁽¹⁾.

A = 445^m.

S. 10 pointés, de 8^h 19 à 8^h 44; beau, calme; $b = 722^{\text{mm}}$; $\theta = 27^{\circ},0$.

D. Une observation, de 6^h 20 à 7^h matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	238° 06',7
Méridien magnétique.....	227° 44',3
D =	10° 22',4

H. Une observation, de 7^h 15 à 8^h 10 matin.

$$\begin{aligned}\alpha &= 14^{\circ} 36' 45'' & \theta &= 28^{\circ},2 \\ t &= 2^{\circ},30487 & \theta &= 27^{\circ},5 \\ H &= 0,33133\end{aligned}$$

24 septembre 1908.

I. Observations dans deux plans rectangulaires, de 6^h 45 à 9^h matin.

	1 ^{re} AIMANTATION.	2 ^e AIMANTATION.	Moyenne.
1 ^{er} azimut.....	74° 01',4	72° 48',2	73° 24',8
2 ^e azimut.....	74° 45',5	72° 08',8	73° 27',1

$$I = 10^{\circ} 02'$$

⁽¹⁾ Renseignements de M. le géologue Garde, membre de la Mission.

3° DE ZINDER AU LAC TCHAD.

Dungass. — 5 septembre 1907.

P. A 600^m environ dans l'Ouest de la face Ouest de l'enceinte du village; mare d'hivernage à 250^m environ dans le S. E. Terrain constitué par du sable fin.A = 33^m.S. 10 pointés, de 7^h 21 à 7^h 43; beau; $b = 727^{mm}$; $\theta = 36^{\circ},0$.D. Une observation, de 5^h 45 à 6^h 30 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	138° 10',3
Méridien magnétique.....	127° 40',6
D =	<u>10° 29',7</u>

H. Une observation, de 7^h à 8^h 15 du matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 15^{\circ} 23' 52''$	$\theta = 26^{\circ},5$
$t = 2^{\circ},25056$	$\theta = 26^{\circ},7$
$H = 0,33074$	

Kômi. — 25 septembre 1907.

P. A l'angle S. W. du village; dans le Nord, à 20^{km} environ, apparaissent les premiers massifs granitiques du Mounio.A = 313^m.S. 10 pointés, de 7^h 07 à 7^h 39 matin.D. Une observation, de 6^h 15 à 6^h 45 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	31° 44',9
Méridien magnétique.....	21° 41',9
D =	<u>10° 03',0</u>

H. Une observation, de 7^h à 8^h matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 15^{\circ} 22' 07''$	$\theta = 28^{\circ},6$
$t = 2^{\circ},25607$	$\theta = 28^{\circ},2$
$H = 0,33025$	

Gouré. — 11 septembre 1908.

- P. Près des écuries du poste militaire, à l'intérieur d'une case indigène en pisé dont le toit a été enlevé. Le poste est bâti sur un pointement de roches granitiques qu'entourent des sables assez purs ⁽¹⁾.

A = 360^m.

S. 10 pointés, de 7^h 16 à 7^h 42.

D. Une observation, de 6^h 40 à 7^h 10 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	97° 56',7
Méridien magnétique.....	88° 06',0
D =	<u>9° 50',7</u>

H. Une observation, de 8^h à 8^h 55 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 14^{\circ} 42' 45''$	$\theta = 30^{\circ},6$
$t = 2^{\circ},3142$	$\theta = 30^{\circ},7$
$H = 0,32889$	

12 septembre 1908.

- I. Observations dans deux plans rectangulaires, de 7^h à 9^h 30 matin.

	1 ^{re} AIMANTATION.	2 ^e AIMANTATION.	MOTENNE.
1 ^{er} azimut.....	73° 11',4	73° 28',0	73° 19',7
2 ^e azimut.....	73° 41',4	73° 45',4	73° 43',4

I = 9° 55'

Zoumba. — 7 octobre 1907.

- P. Au centre du village (qui ne comprend que trois feux), sur le bord d'une cuvette dont le fond renferme deux mares salées; sable fin; végétation arborescente peu développée.

A = 328^m.

S. 10 pointés, de 7^h 13 à 7^h 48; ciel nuageux, soleil peu visible; $b = 728^{\text{mm}}$; $\theta = 27^{\circ},0$.

D. Une observation, de 6^h 15 à 7^h matin.

⁽¹⁾ Renseignements de M. le géologue Garde.

Barreau n° 3.

Méridien géographique..... 276° 20',5

Méridien magnétique..... 266° 40',0

$$D = \frac{9^{\circ} 40',5}{\text{---}}$$

H. Une observation, de 2^h 10 à 3^h soir.*Barreau n° 3.*

$$\alpha = 15^{\circ} 14' 15'' \quad \theta = 39^{\circ},9$$

$$t = 2^{\circ},2623 \quad \theta = 39^{\circ},7$$

$$H = 0,33072$$

Adebour. — 13 octobre 1907.

P. Vers le centre du village, sur une dune de sable blanc dénudée.

$$A = 310^{\circ}.$$

S. 10 pointés, de 7^h 21 à 7^h 45; beau; $b = 730^{\text{mm}}$; $\theta = 25^{\circ},0$.D. Une observation, de 6^h 30 à 7^h matin.*Barreau n° 3.*

Méridien géographique..... 170° 04',3

Méridien magnétique..... 160° 27',7

$$D = \frac{9^{\circ} 36',6}{\text{---}}$$

H. Une observation, de 4^h 15 à 5^h soir.*Barreau n° 3.*

$$\alpha = 15^{\circ} 08' 15'' \quad \theta = 35^{\circ},3$$

$$t = 2^{\circ},2625 \quad \theta = 35^{\circ},3$$

$$H = 0,33173$$

Kabi. — 20 octobre 1907.

P. A l'entrée Ouest du village de Kabi; vaste plaine dénudée; sable silico-argileux.

$$A = 275^{\circ}.$$

S. 10 pointés, de 7^h 11 à 7^h 41; beau, calme; $b = 733^{\text{mm}}$; $\theta = 27^{\circ},0$.D. Une observation, de 6^h 25 à 7^h matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	96° 53',0
Méridien magnétique.....	87° 27',7
D =	<u>9° 25',3</u>

H. Une observation, de 4^h 15 à 5^h 10 soir.

Barreau n° 3.

$\alpha = 15^{\circ} 17' 30''$	$\theta = 36^{\circ},0$
$t = 2^{\circ},2652$	$\theta = 36^{\circ},7$
$H = 0,32973$	

4° LAC TCHAD ET PAYS À L'EST DU TCHAD.

N'Guigmi. — 31 juillet 1908.

P. Dans le Nord et à 300^m environ de la dune sur laquelle est construit le poste militaire, à 1000^m environ au N. E. du poste, sous des mimosas épineux; le sol est de sable siliceux; dans l'Ouest du point d'observation, terrain dénudé, argileux, jadis occupé par les eaux.

A = 245^m.

S. 10 pointés, de 6^h 49 à 7^h 16; beau, calme; $b = 733^{\text{mm}}$; $\theta = 30^{\circ},0$.

D. Une observation, de 6^h 30 à 6^h 45 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	234° 41',2
Méridien magnétique.....	225° 43',4
D =	<u>8° 57',8</u>

H. Une observation, de 7^h 45 à 8^h 45 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 14^{\circ} 36' 30''$	$\theta = 35^{\circ},1$
$t = 2^{\circ},29978$	$\theta = 35^{\circ},7$
$H = 0,33211$	

4 août 1908.

I. Observations dans deux plans rectangulaires, de 6^h 50 à 9^h 30 matin.

	1 ^{re} AIMANTATION.	2 ^e AIMANTATION.	MOYENNE.
1 ^{re} azimut.....	74° 17',8	72° 38',3	73° 28',1
2 ^e azimut.....	74° 12',7	73° 44',3	73° 58',5
	I = 9° 50'		

Bosso. — 4 novembre 1907.

P. A l'angle S. W. de l'enceinte du village, sur le bord du marécage; sable argileux gris.
A = 246^m.

S. 10 pointés, de 6^h 48 à 7^h 17; beau, petite brise soufflant par rafales; $b = 734^{\text{mm}}$;
 $\theta = 20^{\circ},0$.

D. Une observation, de 6^h 30 à 7^h matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	223° 59',7
Méridien magnétique.....	214° 59',4
D =	9° 00',3

H. Une observation, de 8^h à 8^h 45 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 15^{\circ} 17' 45''$	$\theta = 27^{\circ},2$
$t = 2^{\circ},2626$	$\theta = 26^{\circ},9$
H = 0,33006	

Kouloa. — 18 janvier 1908.

P. A 250^m environ dans l'Ouest du poste militaire, sur le bord d'un bahr asséché du lac Tchad; sable fin siliceux, recouvert d'herbe par touffes espacées; dans le bahr, le terrain est de sable gris légèrement argileux.

A = 245^m.

S. 10 pointés, de 9^h 19 à 9^h 51; vent frais de N. E. soufflant par rafales, brouillard sec (poussières dans l'atmosphère); $b = 739^{\text{mm}}$; $\theta = 18^{\circ},0$.

D. Une observation, de 7^h 15 à 7^h 35 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	155° 55',7
Méridien magnétique.....	147° 07',5
D =	<u>8° 48',2</u>

H. Une observation, de 7^h 45 à 9^h 05 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 15^{\circ} 15' 15''$	$\theta = 14^{\circ},0$
$t = 2^{\circ},2564$	$\theta = 14^{\circ},1$
$H = 0,33141$	

24 juillet 1908.

I. Observations dans deux plans rectangulaires, de 7^h à 9^h 30 matin.

	1 ^{re} AIMANTATION.	2 ^e AIMANTATION.	MOYENNE.
1 ^{re} azimut.....	74° 07',7	73° 46',1	73° 57',0
2 ^e azimut.....	74° 04',4	73° 15',0	73° 39',7
	<u>I = 9° 35'</u>		

Bol. — 30 janvier 1908.

P. Sur le sommet de l'île, entre le poste militaire et le campement des passagers; sable gris blanc siliceux; végétation peu développée.

A = 254^m.

S. 10 pointés, de 7^h 49 à 8^h 19; beau, petite brise soufflant par rafales; $b = 728^{\text{mm}}$; $\theta = 14^{\circ},0$.

D. Une observation, de 7^h à 7^h 30 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	267° 52',7
Méridien magnétique.....	259° 13',0
D =	<u>8° 39',7</u>

29 janvier 1908.

H. Une observation, de 3^h 30 à 4^h 15 soir.

Barreau n° 3.

$\alpha = 15^{\circ} 02' 45''$	$\theta = 30^{\circ},1$
$t = 2^{\circ},26195$	$\theta = 30^{\circ},2$
$H = 0,33283$	

Fort-Lamy. — 12 avril 1908.

P. Dans la cour du bâtiment affecté au commandant du Territoire, sous un grand ficus; sable dur argileux.

A = 300^m.

S. 10 pointés, de 7^h 12 à 7^h 39; beau, calme; $b = 728^{\text{mm}}$; $\theta = 27^{\circ}, 0$.

D. Une observation, de 5^h 45 à 6^h 15 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	249° 15',9
Méridien magnétique.....	249° 31',1
D =	<u>8° 44',8</u>

11 avril 1908.

H. Une observation, de 4^h 30 à 5^h 35 soir.

Barreau n° 3.

$\alpha = 14^{\circ} 50' 45''$	$\theta = 41^{\circ}, 4$
$t = 2^{\circ}, 27112$	$\theta = 41^{\circ}, 3$
H = 0,33366	

Mao. — 11 juillet 1908.

P. Dans l'oued à l'Est du poste, à 600^m environ du mât de pavillon du poste, sous les dattiers; sable fin siliceux avec petits graviers; le fond de l'oued, en hivernage, est, en partie, envahi par l'eau.

A = 245^m.

S. 10 pointés, de 7^h 05 à 7^h 32; beau, calme; $b = 728^{\text{mm}}$; $\theta = 26^{\circ}, 0$.

D. Une observation, de 6^h 15 à 6^h 45 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	109° 18',5
Méridien magnétique.....	101° 03',0
D =	<u>8° 15',5</u>

H. Une observation, de 8^h 15 à 9^h 05 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 14^{\circ} 38' 15''$	$\theta = 29^{\circ}, 9$
$t = 2^{\circ}, 29231$	$\theta = 29^{\circ}, 5$
H = 0,33286	

12 juillet 1908.

I. Observations dans deux plans rectangulaires, de 7^h à 9^h 30 matin.

	1 ^{re} AIMANTATION.	2 ^e AIMANTATION.	MOYENNE.
1 ^{er} azimut.	74° 40',9	74° 11',1	74° 26',0
2 ^e azimut.	74° 45',0	74° 22',4	74° 33',7
	I = 8° 45'		

Hangara. — 5 juin 1908.

P. Au point d'eau, sur une dune à 150^m environ dans le Nord du banc de calcaire argileux qui surplombe le point d'eau; sables.A = 238^m.S. 10 pointés, de 6^h 05 à 6^h 30; beau, calme; $b = 738^{\text{mm}}$; $\theta = 40^{\circ},0$.D. Une observation, de 5^h 45 à 6^h 05 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.	143° 55',8
Méridien magnétique.	135° 52',6
D =	8° 03',2

H. Une observation, de 7^h à 7^h 56 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 14^{\circ} 47' 00''$	$\theta = 29^{\circ},8$
$t = 2^{\text{h}}, 2889$	$\theta = 29^{\circ},7$
$H = 0,33175$	

Ziguéi. — 11 mai 1908.

P. Sur la dune, à 150^m environ à l'Est du blockhaus; sable fin siliceux.A = 322^m.S. 10 pointés, de 8^h 03 à 8^h 37; brise fraîche d'E. N. E., soufflant par rafales; $b = 730^{\text{mm}},4$; $\theta = 33^{\circ},0$.D. Une observation, de 6^h 30 à 7^h 15 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.	203° 24',2
Méridien magnétique.	195° 20',6
D =	8° 03',6

H. Une observation, de 7^h 45 à 8^h 35 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{aligned}\alpha &= 14^{\circ} 57' 45'' & \theta &= 26^{\circ},4 \\ t &= 2^{\circ},27412 & \theta &= 26^{\circ},4 \\ H &= 0,33194\end{aligned}$$

Hacha. — 18 mai 1908.

P. A 100^m environ au S. 80° E. du point d'eau et à 500^m environ au N. 19° E. d'un talha remarquable situé sur l'une des dunes entourant la cuvette de Hacha; sable siliceux, petits graviers, particules de calcaire argileux, quelques silex; dunes de 10 à 20^m de hauteur, de part et d'autre du point d'observation.

A = 227^m.

S. 10 pointés, de 6^h 22 à 6^h 49; beau, faible brise; $b = 726^{\text{mm}}$; $\theta = 22^{\circ},0$.

D. Une observation, de 5^h 40 à 6^h matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{aligned}\text{Méridien géographique} & \dots\dots\dots 348^{\circ} 51',0 \\ \text{Méridien magnétique} & \dots\dots\dots 341^{\circ} 02',0 \\ D = & \underline{\underline{7^{\circ} 49',0}}\end{aligned}$$

H. Une observation, de 7^h 30 à 8^h 15 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{aligned}\alpha &= 14^{\circ} 43' 45'' & \theta &= 34^{\circ},5 \\ t &= 2^{\circ},2733 & \theta &= 34^{\circ},3 \\ H &= 0,33463\end{aligned}$$

Am Raya. — 21 juin 1908.

P. A l'extrémité Sud de la cuvette de ce nom, sur la dune, à 360^m dans le S. 46° W des puits; sable.

A = 256^m.

S. 10 pointés, de 6^h 25 à 6^h 49; beau, petite brise; $b = 737^{\text{mm}}$; $\theta = 26^{\circ},0$.

D. Une observation, de 5^h 45 à 6^h 15 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{aligned}\text{Méridien géographique} & \dots\dots\dots 158^{\circ} 00',2 \\ \text{Méridien magnétique} & \dots\dots\dots 149^{\circ} 59',6 \\ D = & \underline{\underline{8^{\circ} 00',6}}\end{aligned}$$

H. Une observation, de 7^h à 7^h 45 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{array}{ll} \alpha = 14^{\circ} 30' 07'' & \theta = 29^{\circ},5 \\ t = 2^{\circ},28487 & \theta = 28^{\circ},7 \\ H = 0,33547 \end{array}$$

Aourak. — 17 juin 1908.

P. Dans la cuvette, à 100^m à l'Est des puits; sable fin et petit gravier, particules de calcaire argileux recouvrant le sol; à 200^m au Sud, bancs de calcaire argileux; dunes de 8^m à 10^m de hauteur constituant les bords de la cuvette; quelques petits silex (ménolithes).

$\Lambda = 256^m$.

S. 10 pointés, de 7^h 57 à 8^h 26; soleil voilé, ciel couvert, brise fraîche, obligeant, pour les observations d'oscillation, à abriter l'appareil derrière une couverture tenue par deux hommes; $b = 736^{mm}$; $\theta = 31^{\circ},0$.

D. Une observation, de 5^h 45 à 6^h 15 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	202° 58',2
Méridien magnétique.....	195° 04',3
D =	<u>7° 53',9</u>

H. Une observation, de 6^h 45 à 7^h 45 matin.

Barreau n° 3.

$$\begin{array}{ll} \alpha = 14^{\circ} 46' 00'' & \theta = 29^{\circ},2 \\ t = 2^{\circ},28979 & \theta = 29^{\circ},3 \\ H = 0,33180 \end{array}$$

Toro doum. — 25 mai 1908.

P. Près d'un banc de calcaire argileux et d'une touffe de doums; sable siliceux; vertèbres de poissons; lignes de dunes mobiles à 1500^m environ au N. E. et au S. W.

$\Lambda = 189^m$.

S. 10 pointés, de 6^h 20 à 6^h 49; beau, petite brise; $b = 740^{mm},5$; $\theta = 24^{\circ},0$.

D. Une observation, de 5^h 45 à 6^h 15 matin.

Barreau n° 3.

Méridien géographique.....	193° 38',1
Méridien magnétique.....	185° 54',7
D =	<u>7° 43',4</u>

24 mai 1908.

H. Une observation, de 3^h 30 à 4^h 45 soir (même point que le 25 mai); calme.*Barreau n° 3.*

$\alpha = 14^{\circ} 39' 00''$	$\theta = 45^{\circ},6$
$t = 2^{\circ},29128$	$\theta = 45^{\circ},6$
$H = 0,33287$	

Korou (Koro Kidinga). — 27 mai 1908.P. Dans un cirque formé par des dunes mobiles atteignant 23^m de hauteur, à 150^m environ dans l'Ouest du puits; sables, calcaire argileux, petits silex.A = 160^m.S. 10 pointés, de 4^h 46 à 5^h 11 soir; beau, calme; $b = 739^{\text{mm}},5$; $\theta = 41^{\circ},0$.D. Une observation, de 4^h à 4^h 30 soir.*Barreau n° 3.*

Méridien géographique.....	308° 14',4
Méridien magnétique.....	300° 35',3
D =	<u>7° 39',1</u>

28 mai 1908.

P. Même point que la veille.

H. Une observation, de 5^h 30 à 6^h 25 matin.*Barreau n° 3.*

$\alpha = 14^{\circ} 46' 00''$	$\theta = 21^{\circ},2$
$t = 2^{\circ},27133$	$\theta = 21^{\circ},6$
$H = 0,33450$	

Gouradi. — 21 mai 1908.

P. A 500^m au Nord du talha remarquable de ce point d'eau; sable, petits graviers.
A = 180^m.

S. 10 pointés, de 4^h 05 à 4^h 33 soir; beau, calme; $b = 739^{\text{mm}}$; $\theta = 41^{\circ}, 0$.

D. Une observation, de 5^h 15 à 5^h 45 soir.

Barreau n° 3.

Méridien géographique..... 223° 21',4

Méridien magnétique..... 215° 43',0

D = 7° 38',4

22 mai 1908.

P. Même point que la veille.

H. Une observation, de 5^h 45 à 6^h 45 matin.

Barreau n° 3.

$\alpha = 14^{\circ} 46' 15''$ $\theta = 23^{\circ}, 8$

$t = 2^{\circ}, 27526$ $\theta = 23^{\circ}, 8$

H = 0,33387

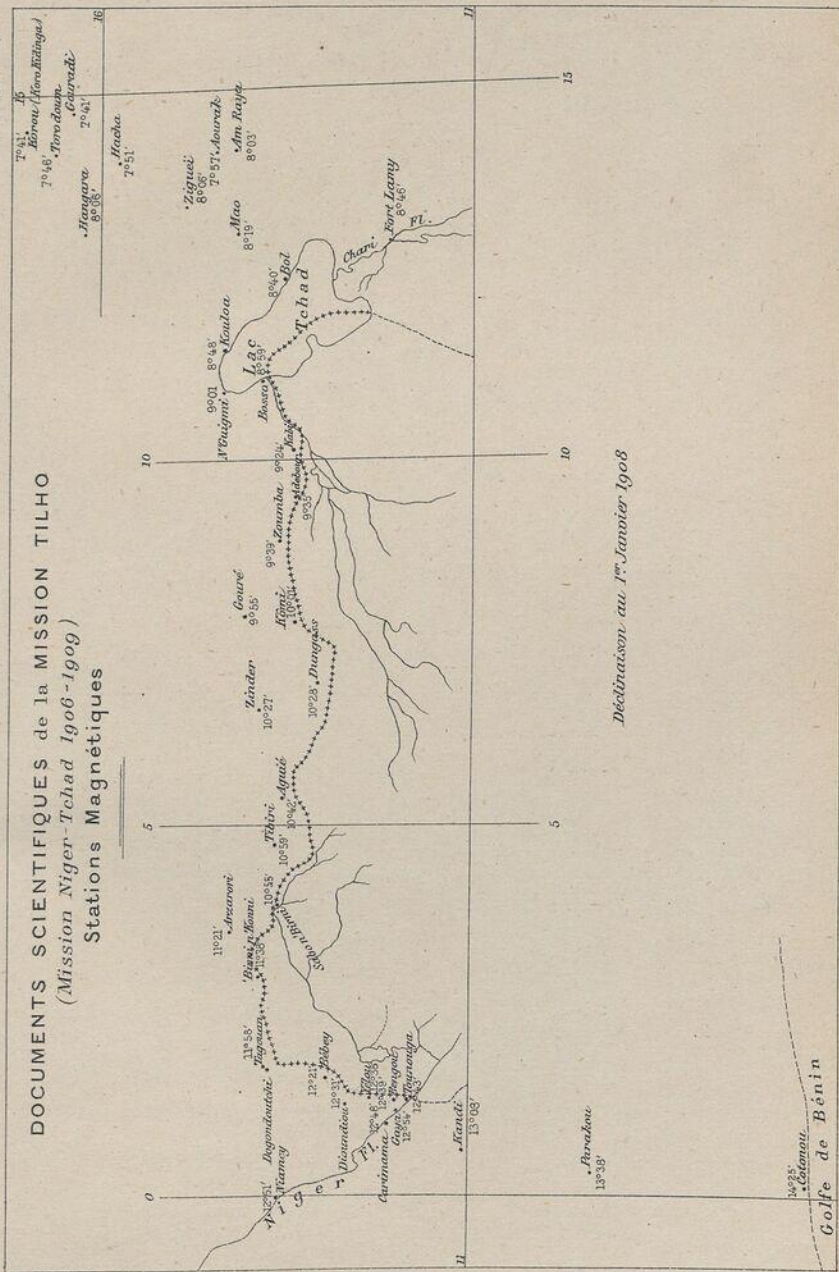
MAGNÉTISME TERRESTRE.

RÉSULTATS DES OBSERVATIONS.

TABLEAU I. — DÉCLINAISON.

STATIONS.	LONGITUDE.	LATITUDE.	DATES.	HEURES (TEMPS MOYEN LOCAL).	DÉCLINAISON OCCIDENTALE.	RÉDUCTION au 1 ^{er} JANVIER 1908.
A. DAHOMEY.						
Cotonou.....	0° 06' 13" E.	6° 21' 30" N.	1906. 23 nov.	2 ^h 36 ^m à 3 ^h 00 ^m soir.	14° 28',4	14° 23',0
Idem.....	0° 05' 59" E.	6° 21' 30" N.	1906. 24 nov.	6 ^h 54 ^m à 7 ^h 23 ^m matin.	14° 31',4	14° 26',0
Parakou.....	0° 17' 00" E.	9° 21' 00" N.	1906. 12 déc.	6 ^h 30 ^m à 7 ^h 00 ^m matin.	13° 43',4	13° 38',2
Kandi.....	0° 33' 36" E.	11° 07' 30" N.	1906. 23 déc.	6 ^h 15 ^m à 7 ^h 15 ^m matin.	13° 12',5	13° 07',6
Carimama.....	0° 48' 30" E.	12° 04' 05" N.	1907. 3 janv.	6 ^h 30 ^m à 7 ^h 00 ^m matin.	12° 51',9	12° 47',7
Idem.....	0° 48' 30" E.	12° 04' 05" N.	1907. 2 janv.	7 ^h 00 ^m à 7 ^h 30 ^m matin.	12° 52',9	12° 48',7
B. DU NIGER À ZINDER.						
Niamey.....	0° 13' 45" O.	13° 30' 15" N.	1908. 22 nov.	6 ^h 45 ^m à 7 ^h 15 ^m matin.	12° 46',3	12° 51',5
Gaya.....	1° 02' 00" E.	11° 52' 49" N.	1907. 15 janv.	7 ^h 30 ^m à 7 ^h 45 ^m matin.	13° 00',1	12° 54',4
Dionndiou.....	1° 09' 26" E.	12° 37' 21" N.	1907. 15 fév.	6 ^h 45 ^m à 7 ^h 15 ^m matin.	12° 36',7	12° 31',5
Yélou.....	1° 12' 00" E.	12° 15' 35" N.	1907. 13 fév.	7 ^h 00 ^m à 7 ^h 30 ^m matin.	12° 43',0	12° 37',8
Bengou.....	1° 12' 15" E.	11° 59' 45" N.	1907. 7 fév.	6 ^h 45 ^m à 7 ^h 15 ^m matin.	12° 43',9	12° 38',6
Tounouga.....	1° 13' 00" E.	11° 48' 03" N.	1907. 1 fév.	6 ^h 30 ^m à 7 ^h 00 ^m matin.	12° 48',2	12° 42',8
Bébeye.....	1° 32' 00" E.	12° 53' 19" N.	1907. 1 mars	6 ^h 30 ^m à 7 ^h 15 ^m matin.	12° 26',3	12° 21',4
Tagouan.....	1° 36' 00" E.	13° 42' 00" N.	1907. 10 avril	6 ^h 30 ^m à 7 ^h 00 ^m matin.	12° 02',1	11° 57',8
Birni n'konni.....	2° 55' 26" E.	13° 47' 08" N.	1907. 21 mai	5 ^h 45 ^m à 6 ^h 15 ^m matin.	11° 41',6	11° 38',0
Arzarori.....	3° 32' 15" E.	14° 08' 15" N.	1908. 25 oct.	6 ^h 15 ^m à 6 ^h 45 ^m matin.	11° 15',9	11° 20',7
Sabo n'Birni.....	3° 58' 16" E.	13° 34' 18" N.	1907. 7 juin	6 ^h 00 ^m à 6 ^h 30 ^m matin.	10° 58',6	10° 55',2
Tibiri.....	4° 40' 27" F.	13° 34' 12" N.	1908. 15 oct.	6 ^h 15 ^m à 6 ^h 45 ^m matin.	10° 54',1	10° 58',8
Aguicé.....	5° 25' 35" E.	13° 30' 45" N.	1908. 11 oct.	6 ^h 00 ^m à 6 ^h 30 ^m matin.	10° 37',7	10° 42',3
Zinder.....	6° 37' 45" E.	13° 48' 00" N.	1908. 23 sept.	6 ^h 20 ^m à 7 ^h 00 ^m matin.	10° 22',4	10° 26',7

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES de la MISSION TILHO
(Mission Niger-Tchad 1908-1909)
Stations Magnétiques



STATIONS.	LONGITUDE.	LATITUDE.	DATES.	HEURES (TEMPS MOYEN LOCAL).	DÉCLINAISON OCCIDENTALE.	RÉDUCTION AU 1 ^{er} JANVIER 1908.
Dungass.....	6° 58' 12" E.	13° 03' 57" N.	1907. 5 sept.	5 ^h 45 ^m à 6 ^h 30 ^m matin.	10° 29',7	10° 27',8
Kômi.....	7° 45' 59" E.	13° 21' 12" N.	1907. 25 sept.	6 ^h 15 ^m à 6 ^h 45 ^m matin.	10° 03',0	10° 01',4
Gouré.....	7° 54' 47" E.	13° 59' 13" N.	1908. 11 sept.	6 ^h 40 ^m à 7 ^h 10 ^m matin.	9° 50',7	9° 54',8
Zoumba.....	8° 52' 52" E.	13° 25' 30" N.	1907. 7 oct.	6 ^h 15 ^m à 7 ^h 00 ^m matin.	9° 40',5	9° 39',1
Adebour.....	9° 29' 43" E.	13° 18' 29" N.	1907. 13 oct.	6 ^h 30 ^m à 7 ^h 00 ^m matin.	9° 36',6	9° 35',3
Kabi.....	10° 04' 25" E.	13° 17' 23" N.	1907. 20 oct.	6 ^h 25 ^m à 7 ^h 00 ^m matin.	9° 25',3	9° 24',1

C. DE ZINDER AU LAC TCHAD.

D. LAC TCHAD ET PAYS À L'EST DU TCHAD.

N'Guigmi.....	10° 44' 22" E.	14° 15' 31" N.	1908. 31 juil.	6 ^h 30 ^m à 6 ^h 45 ^m matin.	8° 57',8	9° 01',2
Bosso.....	10° 56' 10" E.	13° 41' 49" N.	1907. 4 nov.	6 ^h 30 ^m à 7 ^h 00 ^m matin.	9° 00',3	8° 59',4
Kouloa.....	11° 31' 00" E.	14° 14' 35" N.	1908. 18 janv.	7 ^h 15 ^m à 7 ^h 35 ^m matin.	8° 48',2	8° 48',5
Bol.....	12° 17' 21" E.	13° 27' 24" N.	1908. 30 janv.	7 ^h 00 ^m à 7 ^h 30 ^m matin.	8° 39',7	8° 40',2
Fort-Lamy.....	12° 42' 00" E.	12° 06' 36" N.	1908. 12 avril	5 ^h 45 ^m à 6 ^h 15 ^m matin.	8° 44',8	8° 46',4
Mao.....	12° 56' 24" E.	14° 07' 39" N.	1908. 11 juil.	6 ^h 15 ^m à 6 ^h 45 ^m matin.	8° 15',5	8° 18',6
Haangara.....	13° 04' 23" E.	16° 08' 13" N.	1908. 5 juin	5 ^h 45 ^m à 6 ^h 05 ^m matin.	8° 03',2	8° 05',7
Ziguéi.....	13° 22' 44" E.	14° 43' 07" N.	1908. 11 mai	6 ^h 30 ^m à 7 ^h 15 ^m matin.	8° 03',6	8° 05',7
Hacha.....	14° 01' 17" E.	15° 41' 00" N.	1908. 18 mai	5 ^h 40 ^m à 6 ^h 00 ^m matin.	7° 49',0	7° 51',2
Am Raya.....	14° 06' 26" E.	14° 08' 05" N.	1908. 21 juin	5 ^h 45 ^m à 6 ^h 15 ^m matin.	8° 00',6	8° 03',4
Aourak.....	14° 09' 36" E.	14° 52' 45" N.	1908. 17 juin	5 ^h 45 ^m à 6 ^h 15 ^m matin.	7° 53',9	7° 56',6
Toro doum.....	14° 10' 43" E.	16° 30' 28" N.	1908. 25 mai	5 ^h 45 ^m à 6 ^h 15 ^m matin.	7° 43',4	7° 45',7
Korou (Koro Kidinga).....	14° 31' 47" E.	16° 58' 25" N.	1908. 27 mai	4 ^h 00 ^m à 4 ^h 30 ^m soir.	7° 39',1	7° 41',5
Gouradi.....	14° 45' 19" E.	16° 23' 49" N.	1908. 21 mai	5 ^h 15 ^m à 5 ^h 45 ^m soir.	7° 38',4	7° 40',7

NOTA. Le voyageur allemand Vogel avait trouvé à Koukaoua (Bornou) en janvier 1854, déclinaison occidentale : 14° 03' 02" (In «Mittheilungen» von A. Petermann, Gotha : Justus Perthes, 1855, p. 258).

TABLEAU II.

COMPOSANTE HORIZONTALE.

STATIONS.	DATES.	NUMÉRO. DU BUREAU.	HEURES.	COMPOSANTE HORIZONTALE.	RÉDUCTION au 1 ^{er} JANVIER 1908.
A. DAHOMEY.					
Cotonou	1906. 24 nov.	3	7 ^h 36 ^m à 8 ^h 35 ^m matin.	0,31549	0,31532
Parakou	1906. 11 déc.	3	3 ^h 15 ^m à 4 ^h 30 ^m soir.	0,32295	0,32280
Idem.	1906. 12 déc.	3	7 ^h 00 ^m à 8 ^h 10 ^m matin.	0,32377	0,32362
Kandi	1906. 23 déc.	3	7 ^h 45 ^m à 8 ^h 55 ^m matin.	0,32899	0,32884
Carimama	1907. 2 janv.	2	7 ^h 10 ^m à 8 ^h 45 ^m matin.	0,32571	0,32556
Idem.	1907. 2 janv.	3	9 ^h 00 ^m à 10 ^h 48 ^m matin.	0,32605	0,32590
B. DU NIGER À ZINDER.					
Niamey	1908. 23 nov.	3	6 ^h 15 ^m à 7 ^h 10 ^m matin.	0,32767	0,32780
Gaya	1907. 15 janv.	3	8 ^h 10 ^m à 9 ^h 40 ^m matin.	0,32605	0,32591
Dioundiou	1907. 15 fév.	3	8 ^h 30 ^m à 9 ^h 15 ^m matin.	0,32531	0,32518
Yélou	1907. 12 fév.	3	4 ^h 45 ^m à 6 ^h 00 ^m soir.	0,32636	0,32623
Bengou	1907. 7 fév.	3	8 ^h 05 ^m à 8 ^h 30 ^m matin.	0,32469	0,32456
Tounouga	1907. 1 fév.	3	7 ^h 45 ^m à 8 ^h 53 ^m matin.	0,32591	0,32577
Bébeye	1907. 1 mars	3	7 ^h 40 ^m à 8 ^h 30 ^m matin.	0,32593	0,32580
Tagouan	1907. 10 avril	3	7 ^h 10 ^m à 7 ^h 50 ^m matin.	0,32636	0,32625
Birni n'Konni	1907. 21 mai	3	6 ^h 30 ^m à 7 ^h 50 ^m matin.	0,32780	0,32771
Arzarori	1908. 25 oct.	3	7 ^h 55 ^m à 8 ^h 55 ^m matin.	0,32755	0,32767
Sabo n'Biroi	1907. 7 juin	3	7 ^h 00 ^m à 8 ^h 00 ^m matin.	0,32379	0,32370
Tibiri	1908. 15 oct.	3	8 ^h 00 ^m à 9 ^h 00 ^m matin.	0,32767	0,32779
Agué	1908. 12 oct.	3	6 ^h 45 ^m à 7 ^h 45 ^m matin.	0,32838	0,32850
Zinder	1908. 23 sept.	3	7 ^h 15 ^m à 8 ^h 10 ^m matin.	0,33133	0,33144
C. DE ZINDER AU LAC TCHAD.					
Dungass	1907. 5 sept.	3	7 ^h 00 ^m à 8 ^h 05 ^m matin.	0,33074	0,33069
Kômi	1907. 24 sept.	3	7 ^h 00 ^m à 7 ^h 30 ^m matin.	0,33025	0,33021
Gouré	1908. 11 sept.	3	8 ^h 00 ^m à 8 ^h 55 ^m matin.	0,32889	0,32899
Zoumba	1907. 7 oct.	3	2 ^h 10 ^m à 3 ^h 00 ^m soir.	0,33072	0,33069
Adebour	1907. 13 oct.	3	4 ^h 15 ^m à 5 ^h 00 ^m soir.	0,33173	0,33170
Kabi	1907. 20 oct.	3	4 ^h 15 ^m à 5 ^h 15 ^m soir.	0,32973	0,32970
D. LAC TCHAD ET PAYS À L'EST DU TCHAD.					
N'Guigmi	1908. 31 juil.	3	7 ^h 45 ^m à 8 ^h 45 ^m matin.	0,33211	0,33220
Besso	1907. 4 nov.	3	8 ^h 00 ^m à 8 ^h 51 ^m matin.	0,33006	0,33004
Kouloua	1908. 18 janv.	3	7 ^h 45 ^m à 9 ^h 05 ^m matin.	0,33141	0,33142
Bol	1908. 29 janv.	3	3 ^h 30 ^m à 4 ^h 15 ^m soir.	0,33283	0,33284
Fort-Lamy	1908. 11 avril	3	4 ^h 30 ^m à 5 ^h 35 ^m soir.	0,33366	0,33370

S. K. C.

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES de la MISSION TILHO
(Mission Niger-Tchad 1906-1909)
Stations Magnétiques

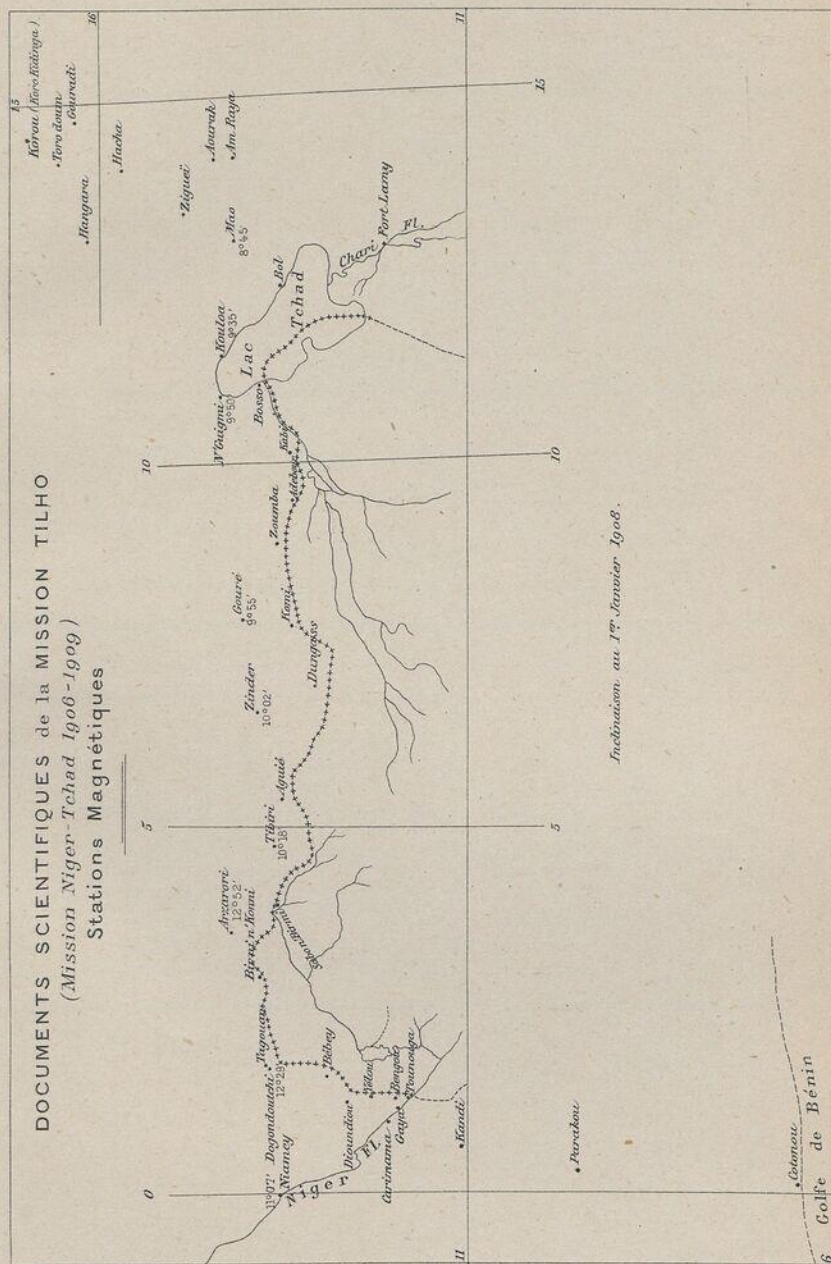
0 5 10 15

0 325 0 335 0 345 0 355 0 365 0 375 0 385 0 395 0 405 0 415 0 425 0 435 0 445 0 455 0 465 0 475 0 485 0 495 0 505 0 515 0 525 0 535 0 545 0 555 0 565 0 575 0 585 0 595 0 605 0 615 0 625 0 635 0 645 0 655 0 665 0 675 0 685 0 695 0 705 0 715 0 725 0 735 0 745 0 755 0 765 0 775 0 785 0 795 0 805 0 815 0 825 0 835 0 845 0 855 0 865 0 875 0 885 0 895 0 905 0 915 0 925 0 935 0 945 0 955 0 965 0 975 0 985 0 995 1 005 1 015 1 025 1 035 1 045 1 055 1 065 1 075 1 085 1 095 1 105 1 115 1 125 1 135 1 145 1 155 1 165 1 175 1 185 1 195 1 205 1 215 1 225 1 235 1 245 1 255 1 265 1 275 1 285 1 295 1 305 1 315 1 325 1 335 1 345 1 355 1 365 1 375 1 385 1 395 1 405 1 415 1 425 1 435 1 445 1 455 1 465 1 475 1 485 1 495 1 505 1 515 1 525 1 535 1 545 1 555 1 565 1 575 1 585 1 595 1 605 1 615 1 625 1 635 1 645 1 655 1 665 1 675 1 685 1 695 1 705 1 715 1 725 1 735 1 745 1 755 1 765 1 775 1 785 1 795 1 805 1 815 1 825 1 835 1 845 1 855 1 865 1 875 1 885 1 895 1 905 1 915 1 925 1 935 1 945 1 955 1 965 1 975 1 985 1 995 2 005 2 015 2 025 2 035 2 045 2 055 2 065 2 075 2 085 2 095 2 105 2 115 2 125 2 135 2 145 2 155 2 165 2 175 2 185 2 195 2 205 2 215 2 225 2 235 2 245 2 255 2 265 2 275 2 285 2 295 2 305 2 315 2 325 2 335 2 345 2 355 2 365 2 375 2 385 2 395 2 405 2 415 2 425 2 435 2 445 2 455 2 465 2 475 2 485 2 495 2 505 2 515 2 525 2 535 2 545 2 555 2 565 2 575 2 585 2 595 2 605 2 615 2 625 2 635 2 645 2 655 2 665 2 675 2 685 2 695 2 705 2 715 2 725 2 735 2 745 2 755 2 765 2 775 2 785 2 795 2 805 2 815 2 825 2 835 2 845 2 855 2 865 2 875 2 885 2 895 2 905 2 915 2 925 2 935 2 945 2 955 2 965 2 975 2 985 2 995 3 005 3 015 3 025 3 035 3 045 3 055 3 065 3 075 3 085 3 095 3 105 3 115 3 125 3 135 3 145 3 155 3 165 3 175 3 185 3 195 3 205 3 215 3 225 3 235 3 245 3 255 3 265 3 275 3 285 3 295 3 305 3 315 3 325 3 335 3 345 3 355 3 365 3 375 3 385 3 395 3 405 3 415 3 425 3 435 3 445 3 455 3 465 3 475 3 485 3 495 3 505 3 515 3 525 3 535 3 545 3 555 3 565 3 575 3 585 3 595 3 605 3 615 3 625 3 635 3 645 3 655 3 665 3 675 3 685 3 695 3 705 3 715 3 725 3 735 3 745 3 755 3 765 3 775 3 785 3 795 3 805 3 815 3 825 3 835 3 845 3 855 3 865 3 875 3 885 3 895 3 905 3 915 3 925 3 935 3 945 3 955 3 965 3 975 3 985 3 995 4 005 4 015 4 025 4 035 4 045 4 055 4 065 4 075 4 085 4 095 4 105 4 115 4 125 4 135 4 145 4 155 4 165 4 175 4 185 4 195 4 205 4 215 4 225 4 235 4 245 4 255 4 265 4 275 4 285 4 295 4 305 4 315 4 325 4 335 4 345 4 355 4 365 4 375 4 385 4 395 4 405 4 415 4 425 4 435 4 445 4 455 4 465 4 475 4 485 4 495 4 505 4 515 4 525 4 535 4 545 4 555 4 565 4 575 4 585 4 595 4 605 4 615 4 625 4 635 4 645 4 655 4 665 4 675 4 685 4 695 4 705 4 715 4 725 4 735 4 745 4 755 4 765 4 775 4 785 4 795 4 805 4 815 4 825 4 835 4 845 4 855 4 865 4 875 4 885 4 895 4 905 4 915 4 925 4 935 4 945 4 955 4 965 4 975 4 985 4 995 5 005 5 015 5 025 5 035 5 045 5 055 5 065 5 075 5 085 5 095 5 105 5 115 5 125 5 135 5 145 5 155 5 165 5 175 5 185 5 195 5 205 5 215 5 225 5 235 5 245 5 255 5 265 5 275 5 285 5 295 5 305 5 315 5 325 5 335 5 345 5 355 5 365 5 375 5 385 5 395 5 405 5 415 5 425 5 435 5 445 5 455 5 465 5 475 5 485 5 495 5 505 5 515 5 525 5 535 5 545 5 555 5 565 5 575 5 585 5 595 5 605 5 615 5 625 5 635 5 645 5 655 5 665 5 675 5 685 5 695 5 705 5 715 5 725 5 735 5 745 5 755 5 765 5 775 5 785 5 795 5 805 5 815 5 825 5 835 5 845 5 855 5 865 5 875 5 885 5 895 5 905 5 915 5 925 5 935 5 945 5 955 5 965 5 975 5 985 5 995 6 005 6 015 6 025 6 035 6 045 6 055 6 065 6 075 6 085 6 095 6 105 6 115 6 125 6 135 6 145 6 155 6 165 6 175 6 185 6 195 6 205 6 215 6 225 6 235 6 245 6 255 6 265 6 275 6 285 6 295 6 305 6 315 6 325 6 335 6 345 6 355 6 365 6 375 6 385 6 395 6 405 6 415 6 425 6 435 6 445 6 455 6 465 6 475 6 485 6 495 6 505 6 515 6 525 6 535 6 545 6 555 6 565 6 575 6 585 6 595 6 605 6 615 6 625 6 635 6 645 6 655 6 665 6 675 6 685 6 695 6 705 6 715 6 725 6 735 6 745 6 755 6 765 6 775 6 785 6 795 6 805 6 815 6 825 6 835 6 845 6 855 6 865 6 875 6 885 6 895 6 905 6 915 6 925 6 9

Composante horizontale au 1^{er} Janvier 1908

0315
Cotonou
Golfe de Bénin

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES de la MISSION TILHO
(Mission Niger-Tchad 1906-1909)
Stations Magnétiques



STATIONS.	DATES.	NUMÉRO DU BARREAU.	HEURES.	COMPOSANTE HORIZONTALE.	RÉDUCTION AU 1 ^{er} JANVIER 1908.
D. LAC TCHAD ET PAYS À L'EST DU TCHAD. (Suite.)					
Mao	1908. 11 juil.	3	8 ^h 15 ^m à 9 ^h 15 ^m matin.	0,33286	0,33294
Hangara	1908. 5 juin	3	7 ^h 00 ^m à 7 ^h 56 ^m matin.	0,33175	0,33181
Ziguéi	1908. 11 mai	3	7 ^h 45 ^m à 8 ^h 35 ^m matin.	0,33194	0,33199
Hacha	1908. 18 mai	3	7 ^h 30 ^m à 8 ^h 15 ^m matin.	0,33463	0,33469
Am Raya	1908. 21 juin	3	7 ^h 06 ^m à 7 ^h 45 ^m matin.	0,33547	0,33554
Aourak	1908. 17 juin	3	6 ^h 45 ^m à 7 ^h 45 ^m matin.	0,33180	0,33187
Toro doum	1908. 24 mai	3	3 ^h 30 ^m à 4 ^h 45 ^m soir.	0,33287	0,33293
Korou (Koro Kidinga)	1908. 28 mai	3	5 ^h 30 ^m à 6 ^h 25 ^m matin.	0,33450	0,33456
Gouradi	1908. 22 mai	3	5 ^h 45 ^m à 6 ^h 45 ^m matin.	0,33387	0,33393

TABLEAU III.

INCLINAISON.

(Voir les réserves formulées pages 370 et 371 à ce sujet et note page 404.)

STATIONS.	DATES.	HEURES.	INCLINAISON.
Niamey	1908. 23 nov.	3 ^h 00 ^m à 5 ^h 30 ^m soir.	11° 07'
Dogondoutchi	1908. 13 nov.	6 ^h 45 ^m à 9 ^h 00 ^m matin.	12° 29'
Arzarori	1908. 26 oct.	6 ^h 30 ^m à 8 ^h 30 ^m matin.	13° 52'
Tibiri	1908. 15 oct.	2 ^h 30 ^m à 5 ^h 00 ^m soir.	10° 18'
Zinder	1908. 24 sept.	6 ^h 45 ^m à 9 ^h 00 ^m matin.	10° 03'
Gouré	1908. 12 sept.	6 ^h 30 ^m à 9 ^h 00 ^m matin.	9° 55'
N'Guigmi	1908. 4 août	6 ^h 50 ^m à 9 ^h 30 ^m matin.	9° 50'
Kouloa	1908. 24 juil.	7 ^h 00 ^m à 9 ^h 30 ^m matin.	9° 35'
Mao	1908. 12 juil.	7 ^h 00 ^m à 10 ^h 00 ^m matin.	8° 45'
NOTA. Le voyageur allemand Vogel avait trouvé à Koukaoua (Bornou) en janvier 1854, inclinaison : 13° 06' 08".			

NOTE

RELATIVE AUX CONSTANTES DES BARREAUX AIMANTÉS
EMPLOYÉS AU COURS DE LA MISSION.

Au moment de la publication du présent travail, le théodolite magnétique que nous avons utilisé au cours de notre mission ayant été remis en état, M. Dufour, directeur de l'Observatoire météorologique et magnétique du Parc-Saint-Maur, voulut bien nous faire connaître que cette remise en état n'avait entraîné aucune modification de nature à modifier les éléments entrant dans la formule destinée à fournir la composante horizontale. L'appareil se trouvant, dès lors, dans les mêmes conditions qu'à notre départ de France, M. Dufour détermina les constantes des divers barreaux aimantés; les valeurs anciennes et actuelles sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

	CONSTANTES	
	ANCIENNES.	ACTUELLES.
Barreau n° 1	1.579,5954	1.579,4332
Barreau n° 2	1.581,1514	1.581,3730
Barreau n° 3	1.583,8449	1.583,8934

« Les constantes actuelles, dit M. Dufour, sont presque identiques aux anciennes, et les différences sont dans la limite des erreurs d'observation. Dans ces conditions, vous pouvez affirmer que les appareils comparés au retour sont restés identiques à eux-mêmes, ce qui donne un poids énorme à vos observations. » (*Lettre du 13 février 1910.*)

TABLES

DES MATIÈRES ET DES PLANCHES.

	Pages.
PRÉFACE.....	V
INTRODUCTION.....	IX

PREMIÈRE PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE GÉOGRAPHIQUE.

TABLE DES MATIÈRES.

AVERTISSEMENT.....	1
--------------------	---

CHAPITRE PREMIER.

Les explorateurs du Tchad.....	2
--------------------------------	---

CHAPITRE II.

L'OEUVRE DE LA MISSION AU TCHAD.

SECTION I.

Le lac Tchad à la fin de l'année 1907. Reconnaissance à travers la cuvette lacustre (9 novembre-6 décembre 1907).....	23
---	----

SECTION II.

I. Exposé sommaire de la méthode de travail.....	34
II. Reconnaissance de la route Bosso-Kouloa (10-13 janvier 1908).....	35
III. Reconnaissance de la route Bosso-N'gollom (17-23 janvier 1908).....	36
IV. Reconnaissance de la région voisine du parallèle frontière (7-28 janvier 1908).....	36
V. De N'gollom à l'île X et à Samia par Farguimi et Kindin.....	39
VI. Reconnaissance suivant le parallèle frontière.....	39
VII. Reconnaissance Samia, Forrom, Nguilem, Kirimirom et Kindin.....	42
Reconnaissances par eau de la zone frontière :	
A. De Samia à Baga par l'ilot de Seyorom (10-13 février 1908).....	43
B. La «poche d'eau» devant Baga (13 février-2 mars 1908).....	43

C. Le lac dans le Sud de la route Baga-Seyorom.....	44
D. Le lac dans le Nord de la route Baga-Seyorom-Ngoréa (28 février 1908).. Aperçu d'ensemble sur la zone frontière dans le lac.....	45

SECTION III.

Étude méthodique du lac au point de vue hydrographique :

A. Limites de la nappe lacustre au commencement de l'année 1908.....	46
B. Conditions de navigabilité du Tchad en dehors de la zone frontière au commencement de l'année 1908.....	47
C. Étude des variations du niveau du Tchad.....	51
D. Étendue souterraine de la nappe liquide du Tchad.....	52
E. Les tributaires du lac Tchad; leur débit.....	53
I. Chari et affluents.....	53
II. Les tributaires du S. W. du Tchad.....	56
III. La Komadougou Yoobé.....	60
Débîts annuels approximatifs du Chari et de la Komadougou Yoobé.....	62
Apports d'eau du Chari et de la Komadougou Yoobé dans le lac Tchad.....	68
Évaluation approximative des apports dans le Tchad des tributaires du S. W. du lac.....	68
Volume moyen annuel des apports au lac Tchad de l'ensemble des tributaires superficiels.....	69
Apports dus aux chutes de pluie sur le lac.....	69
Volume total d'eau fourni au lac dans les années moyennes.....	70
Pertes diverses éprouvées par le lac.....	70

CHAPITRE III.

QUELQUES CONCLUSIONS RÉSULTANT DES TRAVAUX DE LA MISSION.

Caractères généraux de la topographie du Tchad.....	73
Nature du sol.....	76
Courants.....	77
Seiches.....	77
Température des eaux du lac Tchad.....	77
Couleur, transparence des eaux du Tchad, matières dissoutes.....	79
Variation annuelle du volume liquide du Tchad.....	79
Valeurs approchées : 1° de la superficie de la cuvette; 2° des îles; 3° des îlots-bancs; 4° des presqu'îles.....	82
I. Salinité des eaux.....	84
II. Variations et oscillations du niveau liquide du Tchad.....	86
III. Modifications de l'aspect physique du lac.....	93
IV. Variations du niveau des puits du Chitati et du Kânem.....	96
Exemple numérique.....	97
Les variations de niveau et de superficie du Tchad sont-elles soumises à une loi périodique?.....	100
Le Tchad n'est-il pas en voie de disparition?.....	104
ANNEXES (tableaux).....	107

TABLE DES PLANCHES.

Planches.

I.	Le continent africain, d'après Guillaume Blauew (1632).....	3
II.	L'Afrique septentrionale, d'après Jackson (1820).....	5
III.	Le lac Tchad, d'après Denham (1824).....	9
IV.	Positions relatives du lac Tchad et d'Hadjer el Hamis, d'après Denham (1824).....	9
V.	Le lac Tchad, d'après Barth (1851).....	10
VI.	Le lac Tchad, d'après Nachtigal (1870-1873).....	15
VII.	Le lac Tchad (rives ouest et nord), d'après M. Foureau (1900).....	17
VIII.	Le lac Tchad (rive est), d'après M. Foureau (1900).....	17
IX.	Îles du Tchad et côte du Kânem (lieutenant-colonel Destenave).....	18
X.	Les itinéraires dans le lac Tchad de l'enseigne de vaisseau Delevoye (1903).....	20
XI.	La première carte d'ensemble du lac Tchad et de son archipel, par le capitaine J. Tilho (1904).....	20
XII.	Les itinéraires dans le lac Tchad du lieutenant Boyd Alexander (1904).....	22
XIII.	Courbes des variations du niveau du lac Tchad à Bol (janvier à décembre 1908), des puits de Mao (du 18 mai au 15 juillet 1908) et de N'Guigmi (du 1 ^{er} au 30 septembre 1908).....	51
XIV.	Profil en travers du Chari en aval du confluent du Logone, au droit du tata du Chérif.....	53
XV.	Courbe des variations du niveau du Chari à Fort-Lamy, en aval du confluent du Logone (mai-novembre 1906 et juin 1908-juin 1909) et courbe des vitesses, en mètres par seconde, du courant du Chari au même point (avril 1908-juin 1909).....	53
XVI.	Profil en travers du Logone à l'échelle hydrométrique de Laï.....	56
XVII.	Courbe des variations du niveau du Logone à Laï (mai-décembre 1906).....	56
XVIII.	Courbe des variations du niveau du Logone à Laï (1 ^{er} janvier-15 octobre 1907).....	56
XIX.	Courbe des variations du niveau de la Komadougou Yoobé à Bosso (27 août 1907-9 janvier 1908) et courbe des vitesses, en mètres par seconde, du courant au même point (7 novembre-24 décembre 1907).....	62
XX.	Courbe des variations du niveau de la Komadougou Yoobé à Gaedam (23 juin-31 décembre 1906 et 26 juillet-10 septembre 1908).....	62
XXI.	Courbe des variations du niveau, de la Komadougou Yoobé à Gaedam (janvier-septembre 1907).....	62
XXII.	Profil en travers du lac Tchad suivant le parallèle d'Irnougou.....	73
XXIII.	Profil en travers du lac Tchad suivant le parallèle de Baroa.....	73
XXIV.	Profil en travers du lac Tchad suivant le parallèle frontière. Reconnaissance du 5 au 8 février 1906.....	73
XXV.	Profil en travers du lac Tchad suivant la partie orientale de la frontière franco-anglaise dans le lac.....	73

DEUXIÈME PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE ASTRONOMIQUE.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE PREMIER.

NOS TRANSPORTS DU TEMPS DANS LA RÉGION DU TCHAD.

§ I.	Généralités.....	115
§ II.	Marches des montres.....	121
§ III.	Poids à attribuer aux diverses montres.....	128
§ IV.	Méthode «des états».....	134
§ V.	Application numérique.....	154
§ VI.	Esprit général des deux méthodes (marches et états). — Conclusion pratique.....	165
§ VII.	Exposé général de la méthode employée pour la détermination des positions astronomiques dans la région du Tchad.....	173
§ VIII.	Compte rendu résumé de l'exécution des travaux astronomiques dans la région du Tchad.....	176
§ IX.	De la détermination des longitudes par la télégraphie sans fil.....	222

CHAPITRE II.

OCCULTATIONS.

Généralités.....	224
Influence de la réfraction et de l'altitude à laquelle est faite l'observation.....	227
Influence produite sur la longitude par les erreurs affectant les éléments du calcul..	229
Détermination de la longitude de Bosso. Poids à donner aux occultations.....	254
Précision relative des longitudes déterminées par occultations. Conclusions.....	257

TABLE DES PLANCHES.

Planches.

I.	Graphique des marches diurnes moyennes (Groupe Lauzanne).....	130
II.	Graphique des marches diurnes moyennes (Groupe Vignon).....	131
III.	Courbe des montres.....	162
IV.	Courbe moyenne.....	163
V.	Croquis schématique du réseau astronomique de la région du Tchad.....	176
VI, VII, VIII, IX.	Graphiques d'observations à l'astrolabe, dans le circuit chronométrique Bosso-Embouchure Komadougou-Bosso.....	210

X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV.	
Graphiques d'observations à l'astrolabe dans le circuit chronométrique	
Bosso-Argué-Allairou-Kaoua-Koukaoua-Kaoua-Baga-Kaoua-Allairou-	
Argué-Bosso.....	214
XXV. Graphique des marches de montres.....	216
XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX, XXXI, XXXII. Graphiques d'observations à	
l'astrolabe dans le réseau chronométrique N'Goréa-Île Seyorom-Baga-Île	
Seyorom.....	218
XXXIII. Corrections à appliquer aux ascensions droites de la Lune.....	240
XXXIV. Corrections à appliquer aux déclinaisons de la Lune.....	241

TROISIÈME PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE MÉTÉOROLOGIQUE.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE PREMIER.

Observations faites par la Mission (novembre 1907-juillet 1908).....	259
Résultats généraux :	
Températures extrêmes.....	265
Valeurs moyennes de la température.....	269
Amplitude de la variation diurne de la température au lac Tchad.....	270
Variation annuelle de la température.....	273
Température du sol.....	274
État hygrométrique.....	274
Variation diurne de l'humidité relative.....	275
Variation annuelle.....	275
Température de l'eau (Komadougou Yoobé; lac Tchad; puits).....	275
Pression barométrique.....	277
Variation diurne de la pression barométrique.....	278
Vents.....	279
Rotation diurne de la brise.....	282
Relations entre l'intensité des vents et la pression barométrique.....	282
Tourbillons de chaleur.....	283
Pluie.....	283
Brouillard. — Brume.....	284
Nébulosité.....	285
Nuages.....	286
Remarques diverses et phénomènes accidentels.....	286

CHAPITRE II.

Observations faites après le départ de la Mission (18 juillet-décembre 1908).....	290
Températures extrêmes.....	290
Valeurs moyennes de la température.....	292
Amplitude de la variation diurne de la température au Tchad en 1908.....	292
Variation annuelle de la température au Tchad en 1908.....	293
Température du sol.....	294
État hygrométrique (juillet-décembre 1908).....	294
Variation de l'état hygrométrique en 1908.....	295
Température de l'eau (lac Tchad).....	295
Pression barométrique.....	296
Variation annuelle de la pression barométrique.....	296
Vents.....	297
Pluie.....	299
Brouillard. — Brume.....	299
Nébulosité.....	300
Nuages.....	300
Remarques diverses et phénomènes accidentels.....	301

CHAPITRE III.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA CLIMATOLOGIE DE LA RÉGION DU LAC TCHAD.

I. Saisons. — Caractères généraux.....	302
II. Nébulosité.....	305
III. Pression atmosphérique.....	305
Phénomènes divers.....	308

CHAPITRE IV.

ANNEXES.

Instructions pour le directeur de la Station météorologique du Tchad à Bol.....	312
Température de l'eau et niveau (Komadougou Yoobé; lac Tchad). — Tableaux....	319
Bulletin d'observations météorologiques (modèle).....	329

TABLE DES PLANCHES.

Planches.

I. La station météorologique du Tchad à Bol.....	262
II. Courbes barométriques.....	278
III. Courbes des variations de température du lac Tchad et de l'air à la station météorologique du Tchad (Bol).....	294

QUATRIÈME PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE ALTIMÉTRIQUE.

TABLE DES MATIÈRES.

Transports d'altitudes. — Note A.....	335
Tableau des corrections des instruments météorologiques.....	336
Tableau A. Transport d'altitudes effectué de la mer (Cotonou) au lac Tchad....	342
Tableau B. Transport d'altitudes du lac Tchad à la côte du Dahomey (Cotonou)..	346
Tableau C. Transport d'altitudes. Stations communes aux deux réseaux hypso- métriques.....	347
Tableau D. Altitudes résultant des transports d'altitudes.....	348
Note B (Altitudes des régions à l'Est du Tchad).....	349
Tableau E. Altitudes des régions à l'Est du Tchad.....	350

TABLE DES PLANCHES.

Planches.

I. Courbes des corrections des anéroïdes et corrections des hypsomètres.....	338
--	-----

CINQUIÈME PARTIE.

LAC TCHAD. — NOTICE MAGNÉTIQUE.

TABLE DES MATIÈRES.

Note de M. Th. Moureaux, directeur de l'Observatoire météorologique et magnétique du Parc-Saint-Maur.....	355
Magnétisme terrestre :	
I. Champ des observations magnétiques.....	356
II. Aperçu géologique sur les régions parcourues.....	356
III. Instruments d'observation.....	359
IV. Transport des instruments d'observation.....	361
V. Points d'observation.....	361
VI. Des conditions d'observation.....	361
VII. Au sujet des barreaux aimantés.....	369

412 MISSION TILHO. — TABLES DES MATIÈRES ET DES PLANCHES.

VIII. Éléments employés dans les calculs.....	370
IX. Variation diurne de la déclinaison.....	372
X. Stations magnétiques antérieures au passage de la Mission.....	373
XI. Variation séculaire de la déclinaison.....	374
XII. Variation séculaire de la composante horizontale.....	374
XIII. Réduction des observations au 1 ^{er} janvier 1908.....	375
Détail des observations.....	376
Résultats des observations :	
Tableau I. Déclinaison.....	400
Tableau II. Composante horizontale.....	402
Tableau III. Inclinaison.....	403
Note relative aux constantes des barreaux aimantés employés au cours de la Mission.....	404

TABLE DES PLANCHES.

Planches.

I. Déclinaison magnétique (Variation diurne à Cotonou et à Tibiri).....	372
II. Déclinaison magnétique (Variation diurne à Dungass et à Bosso).....	373
III. Positions relatives des points d'observation de M. Foureau et du lieutenant de vaisseau Audoin.....	375
IV. Stations magnétiques. Déclinaison au 1 ^{er} janvier 1908.....	400
V. Stations magnétiques. Composante horizontale au 1 ^{er} janvier 1908.....	402
VI. Stations magnétiques. Inclinaison au 1 ^{er} janvier 1908.....	403



