

bles. Il y a lieu à ce propos de tenir compte du fait que l'American Gum Importers Association a toujours fait ses recherches sur des types de copal standardisés par ses soins et dont l'importation aux États-Unis est seule admise par ses membres. Les résultats qu'elle cite peuvent donc, dans certaines limites, être plus aisément répétés.

Les principales données recueillies sont relatives à la densité, l'indice de réfraction, la fluorescence, l'examen en lumière ultra-violette, les indices d'acide direct et indirect, l'indice de saponification, l'indice d'iode, l'indice d'ester.

On a constaté que la plupart de ces données ne permettent pas de caractériser les variétés de copal du Congo. Toutefois, les points de fusion, les indices d'acide et de saponification fournissent des éléments indispensables à l'industriel.

Signalons également l'examen micrographique de la structure des résines et gommés après attaque de la surface polie par une solution alcoolique 1/2 N de KOH ⁽¹⁾. Il permet dans une certaine mesure l'identification des gommés d'origine différente, mais non des copals-Congo entre eux.

Des observations faites au laboratoire de Chimie Industrielle de l'Université de Liège, par MM. Delaude et Joret, sous la direction de M. le Prof^r Gillet, en utilisant un microfour électrique Endell-Berl, ont permis de décrire les transformations que subit le copal par suite de l'élévation de la température ⁽²⁾. Les modifications pyrogénées apparentes se produiraient à des températures suffisamment constantes pour constituer un caractère spécifique permettant d'identifier une espèce convenablement caractérisée de copal.

⁽¹⁾ Stock.

⁽²⁾ NICOLARDOT et COFFIGNIER, Communication à la Soc. Chim. Ind., 26 février 1919.

Les phénomènes suivants ont été décrits :

1. Premiers mouvements	71°C (cristal).	110°C (rouge).
2. Contraction	142	175
3. Coloration	164	246
4. Fumées denses	192	256
5. Fusion commençante	294	371
6. Fusion complète	309	384
7. Carbonisation commençante.	395	440

Plusieurs hypothèses ont été émises concernant la cause déterminant le phénomène des premiers mouvements. Il s'agirait soit d'une élimination d'essences légères ou de bulles de vapeur d'eau, soit d'une simple liberté moléculaire plus grande pouvant être comparée à celle qui se manifeste pour les métaux au cours d'un recuit d'homogénéisation. La résine se décolore quelque peu après cette phase.

Entre la température relativement basse à laquelle les premiers mouvements se manifestent et la température de fusion commençante, il existe une corrélation étroite que les auteurs ont nettement caractérisée.

On fit simultanément des constatations intéressantes concernant une transformation du copal, à laquelle on a donné le nom de vieillissement. On avait, en effet, observé à plusieurs reprises que le point de fusion d'un copal broyé en petits grains et abandonné à lui-même pendant un certain temps était nettement inférieur à celui du même copal conservé en morceaux. L'examen au micro-four montra que cette diminution du point de fusion s'accompagne d'un relèvement plus ou moins marqué, mais toujours notable, de la température à laquelle s'observent les premiers mouvements.

On rechercha les causes de ce phénomène et après avoir essayé l'effet de plusieurs fluides sous différentes températures, on fut amené à conclure à l'influence prépondérante de l'air humide et chaud.

Il y a lieu de remarquer que dans la pratique indus-

trielle on avait constaté fréquemment que des morceaux de copal blanc jaunissaient, mais cette coloration n'affecte que la couche extérieure du morceau. On vérifia également l'effet colorant de l'oxygène et, plus généralement, de tout oxydant.

L'ensemble des observations faites au cours de ces travaux nous a paru intéressant, non seulement au point de vue des indications d'ordre pratique que l'on peut en tirer, mais surtout au point de vue des explications que l'on pourra peut-être y puiser en vue d'une interprétation raisonnée de l'évolution de la résine entre le moment de sa sécrétion et celui de sa récolte et de sa vente.

Notons, en conclusion de ce chapitre consacré aux déterminations physiques et chimiques, que les classifications empiriques établies par le commerce d'après l'aspect extérieur et notamment la coloration des morceaux de copal, correspondent en fait à des variations de certaines propriétés de la matière pouvant influencer ultérieurement sur son traitement industriel. On est donc justifié à prendre ces qualités triées comme point de départ d'études en vue de l'utilisation industrielle du copal.

Constitution chimique.

Les études de M. Hellinckx ⁽¹⁾ présentées au concours de l'Institut ont traité ce sujet de façon fort satisfaisante.

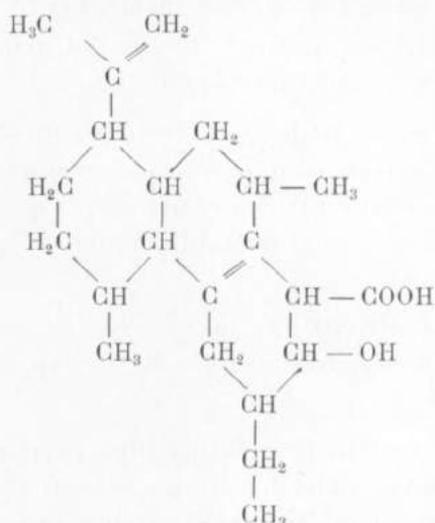
Il a nettement confirmé, entre autres, l'hypothèse de Bauer et Gonser ⁽²⁾ relative à l'existence dans la molécule de l'acide congocopalique de deux groupements carboxyliques de stabilité différente. La formule de cet acide a donc pu être écrite sous la forme $C_{36}H_{58}(COOH)_2$. La concordance entre les chiffres théoriques et les données expérimentales est convaincante.

D'autre part, la présence d'oxyacides dénommés acides

⁽¹⁾ *Mém. Inst. Royal Col. Belge*, I, 1935.

⁽²⁾ *Chem. Umschau*, 33, 21, 250 (1926).

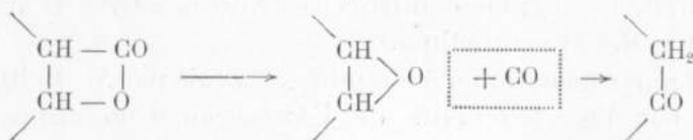
congocopaloliques a été démontrée de façon formelle, d'une part, par l'acétylation et, d'autre part, par un dégagement de CO au cours de la pyrogénéation. M. Hellinckx a proposé pour formule de ces composés :



La transformation de ces acides congocopaloliques aurait lieu en deux phases : dans la première il y aurait perte d'une molécule d'eau et formation d'anhydrides



Dans la seconde il y aurait perte de CO



On retrouve dans la formule proposée le noyau du limonène décelé dans les distillats de la pyrogénéation.

Il est intéressant de noter que les études relatives à la

pyrogénéation, orientées vers un but pratique, ont apporté à la science pure de précieux éléments d'information.

Les fumées de la pyrogénéation se condensent en un liquide qui se sépare en deux couches superposées, l'une aqueuse contenant plus de 99 % d'eau, l'autre huileuse.

La partie huileuse permet de déceler par distillation fractionnée deux constituants principaux :

a) Dans les fractions légères, le limonène lévogyre qui se trouve assez rarement dans d'autres résines et préexiste dans le copal comme un des constituants principaux des huiles essentielles — et vraisemblablement d'autres sesquiterpènes;

b) Dans les fractions lourdes, des huiles distillant entre 100 et 130° sous 16 mm., soit à 200° environ à pression ordinaire.

Le fait d'avoir trouvé en quantités prépondérantes le limonène lévogyre dans les huiles essentielles du copal-Congo permettra peut-être, en sa qualité de sesquiterpène, de jeter un pont entre les résines des conifères et celles des légumineuses dont fait partie le copal : une relation existerait donc entre ces résines et peut-être plus étroite qu'on ne l'admettait généralement.

II. — RÉSULTATS PRATIQUES.

Deux sujets d'études ont dominé dans les recherches collectives d'ordre pratique, à savoir l'étude de la pyrogénéation et l'étude comparée des vernis à base de résines naturelles et synthétiques.

La pyrogénéation a été étudiée à la fois par M. Hellinckx et par les chercheurs de l'American Gum Importers Association. Mais tandis que M. Hellinckx a poussé son étude à fond, les auteurs américains n'ont réuni que quelques données de caractère pratique dont ils n'ont guère tiré de conclusions d'ordre général.

Je ne reviendrai pas ici sur les conclusions de M. Helinckx, contenues en grande partie dans son mémoire de 1935 et complétées ultérieurement par l'examen des produits du traitement, notamment des gaz. L'ensemble de ce travail sera prochainement publié par les soins de la Commission du Copal.

D'autre part, l'étude comparée des vernis à base de résines naturelles et synthétiques fut faite avec beaucoup de talent par les chercheurs de l'American Gum Importers Association : G. Mantell, C. Allen et K. Sprinkel (1).

Elle consiste essentiellement en des expositions aux intempéries et agents de corrosion de panneaux recouverts des vernis étudiés.

Afin de rendre les essais aussi strictement comparables que possible, les auteurs utilisèrent l'huile de Bois de Chine pour la fabrication de tous les vernis, alors que généralement c'est l'huile de lin qui est employée pour la fabrication des vernis à base de copal.

L'examen systématique des panneaux permet de faire notamment les observations suivantes :

1. Préparés à l'huile de Bois de Chine, les vernis aux résines naturelles sèchent plus vite, ou tout au moins aussi vite, que les vernis aux résines synthétiques préparés dans des conditions identiques. Il semble donc que la cause du séchage rapide de certains vernis ne doive pas être attribuée à la résine synthétique, ainsi qu'on le fit couramment, mais à l'emploi d'huile de Bois de Chine. La démonstration de ce fait est de toute première importance pour le copal, car elle fait disparaître une des raisons majeures invoquées pour tenter d'éliminer son emploi de l'industrie des vernis.

2. Lorsqu'on emploie les qualités de copal appro-

(1) Physical and Chemical changes occurring during the Running of Congo Resin. (Communication à l'Amer. Chem. Soc., Paint and Varnish Division, avril 1936.)

priées, l'éclat des enduits, déterminé par l'examen de la netteté d'une image réfléchie sur la surface vernie, est sensiblement plus grand pour les vernis au copal que pour les vernis aux résines phénoliques.

3. Tous les vernis au copal ont subi sans altération une immersion d'une heure dans l'eau bouillante.

4. Par contre, les vernis aux résines phénoliques ont mieux résisté que les vernis au copal à des essais d'immersion dans une solution savonneuse à 5 %.

Quant à la résistance des enduits aux intempéries atmosphériques, celle-ci est nettement plus grande pour les vernis au copal que pour les vernis aux résines phénoliques. Les essais ont été poussés jusqu'à des durées de treize mois et dans des climats différents. Dans tous les cas, les vernis au copal résistaient mieux et les surfaces altérées auraient pu être aisément revernies, alors que dans le cas de vernis aux résines synthétiques, les surfaces accusaient des craquelures et altérations profondes impliquant un travail préparatoire très important avant de pouvoir les enduire à nouveau.

Des essais similaires furent effectués avec des vernis mixtes à base de résines synthétiques phénoliques et de copal. Les auteurs constatèrent que la présence de résine naturelle améliore la résistance des vernis aux intempéries.

Le D^r Krumbhaar, qui est une autorité en matière de vernis, n'hésita pas à affirmer devant une assemblée de spécialistes « qu'il est utile d'améliorer les résines phénoliques par l'adjonction de gommés naturelles ».

Nous devons être particulièrement heureux de la contribution apportée par les chimistes des États-Unis à l'étude des utilisations du copal, parce qu'elle tend à faire disparaître l'antagonisme qui existait encore récemment entre résines naturelles et résines synthétiques.

Enfin, en dehors de ces travaux, il y a lieu de mention-

ner des recherches privées d'industriels, notamment celles qui ont conduit le D^r Krumbhaar à un procédé breveté qui semble avoir résisté à l'épreuve de la pratique.

Le copal finement divisé en poudre est « mastiqué » à chaud par des cylindres. Le copal devient tendre et plastique vers 95°. Il peut alors être laminé en feuilles, qui à leur tour peuvent être réunies et soumises à un nouveau laminage ayant pour résultat une trituration intime.

La mastication accomplie entre 120 et 150° et sous forte pression provoquerait une certaine décomposition de la structure interne ayant pour effet d'améliorer la solubilité du copal. Il serait non seulement soluble dans l'acétate solvant, mais encore dans l'alcool propylique, le butanol et les alcools plus élevés et enfin dans l'huile de pin. En outre, la fusion du copal serait plus aisée.

Bien que l'hypothèse de la destruction partielle de la structure interne du copal par mastication ne soit étayée d'aucune preuve, nous pouvons peut-être en tenter une explication en rapprochant ce traitement des observations au microfour faites au Laboratoire de Chimie Industrielle de l'Université de Liège.

Ainsi que nous l'avons exposé, le copal montre un « premier mouvement » à température relativement basse concordant bien avec celle indiquée par le D^r Krumbhaar: la mastication qu'il préconise faciliterait les réactions déterminant les « premiers mouvements » que décèle le copal sous l'action d'une élévation de température. Or, si ce phénomène des premiers mouvements n'est pas réversible, ce qui est vraisemblable et s'il s'agit d'un phénomène analogue au recuit d'homogénéisation, il n'est pas exclu que lors d'une nouvelle chauffe, les « premiers mouvements » ne se décèleront qu'à température plus élevée. Nous avons vu que, dans ce cas, la température de la fusion commençante est abaissée, ce qui concorde avec l'un des avantages décrits par l'inventeur de la mastication du copal.

En Grande-Bretagne, des recherches privées ont fait faire de grands progrès à la fabrication d'esters de copal. Ces esters sont produits par l'action de la glycérine sur du copal pyrogéné au préalable. Afin de faciliter la réaction, on avait traité, dans les débuts, le copal en présence d'une certaine quantité de colophane, mais on est parvenu dans la suite à éliminer cet adjuvant et à estérifier, en une seule cuvée, des masses allant jusqu'à plusieurs tonnes.

Les esters de copal présentent le grand avantage de n'avoir plus qu'une très faible acidité. Ils sont en outre aisément solubles à froid et à chaud dans les huiles et les diluants, notamment dans l'huile de Bois de Chine. Ils sont miscibles avec les résines synthétiques et les esters de colophane. Leur couleur est malheureusement assez foncée, mais, lorsque le vernis est étendu, le film est assez clair, ne jaunit pas et sèche rapidement.

Ajoutons encore que la résistance des vernis à base d'esters de copal à l'humidité, aux alcalis et aux acides dilués est très grande. Leur acidité pratiquement nulle permet de les employer dans les laques avec les pigments basiques. Enfin, leur non-toxicité permet de s'en servir pour enduire l'intérieur des récipients contenant des aliments, tels des tonneaux ou des boîtes de conserves.

En Allemagne, patrie des spécialistes de la chimie organique, aucune institution scientifique officielle ne semble avoir participé aux recherches. Dans son système économique, ce pays ne tend évidemment pas à favoriser l'emploi de produits étrangers au détriment de produits synthétiques que ses usines peuvent produire. Toutefois, certains industriels ont été parmi les promoteurs de l'estérification du copal et de l'utilisation du copal dans la fabrication de résines semi-synthétiques.

Les divers essais qui suivent, effectués avec plus ou moins de succès, n'ont pas encore dépassé le cadre des travaux de laboratoire.

Les études entreprises pour démontrer l'existence d'oxyacides dans le copal, ont amené M. Hellinckx à déterminer les conditions optima de la formation d'un composé nouveau, appelé par lui acétocopal. Ses propriétés ont été décrites dans le mémoire publié par l'Institut Royal Colonial Belge. Des tentatives de réalisation semi-industrielle ont été faites, qui confirment la possibilité technique de la fabrication de l'acétocopal, mais dans des conditions encore inacceptables pour l'industrie. Il est intéressant de signaler que M. Hellinckx a pu établir, au cours de travaux récents, que le résidu de l'acétylation, qui représentait en poids environ 60 % de la matière mise en œuvre, est intégralement utilisable. Le traitement du résidu, par pyrogénéation, permet de récupérer l'acide acétique dont il est resté imbibé et la matière pyrogénée peut entrer intégralement dans la fabrication des vernis. Il est possible que ces nouvelles données permettront à l'industrie de surmonter les difficultés rencontrées.

Au laboratoire de Chimie Industrielle de l'Université de Liège, MM. Delaude, Joret et Lequarré, travaillant sous la direction de M. le Prof^r Gillet, ont tenté de supprimer la pyrogénéation — ou plus exactement la décarboxylation — en dissolvant le copal dans les acides gras de l'huile de lin.

Cette dissolution s'opère le mieux dans un mélange d'acides gras et d'huile de lin. La dissolution — ou la dispersion — du copal dans le mélange a lieu entre 220 et 270°, soit bien au-dessous de la température à laquelle commence la décarboxylation du copal. En opérant en atmosphère d'azote, on évite l'effet de l'air, qui brunit le copal à la température à laquelle on opère.

Les auteurs expliquent l'opération, soit par l'action dissolvante propre à l'acide linoléique libéré, soit par la fixation des acides congocopaliques (ou similaires) sur les groupes OH libres des di- et monoglycérides ou de la glycérine formée.

Ils signalent avoir estérifié la solution par une quantité

convenable de glycérine et obtenu un produit absolument neutre. Enfin ils ont ajouté les diluants nécessaires pour obtenir un vernis de bel aspect, très clair et qui sèche bien. Les qualités intrinsèques, telles que résistance à l'eau, aux intempéries, aux alcalis et aux acides devraient encore faire l'objet d'essais.

La voie que ces études indique mérite d'être approfondie, car la succession d'opérations qu'elle implique paraît plus aisée à conduire que celle suivie jusqu'ici.

D'autre part, au cours des recherches sur le vieillissement du copal, il fut constaté par M. Lequarré que le copal pouvait être fluidifié aux environs de 120 à 180° par la vapeur d'eau surchauffée. Il donna au produit nouveau le nom d'hydrocopal, bien qu'il ne s'agisse pas d'un phénomène d'hydrogénation. La température de la réaction ne peut dépasser un certain chiffre optimum : à température trop élevée, la vapeur d'eau n'agit plus.

En poussant l'étude de ce phénomène plus à fond, M. Joret établit que les copals ne subissaient pas uniformément l'action de la vapeur d'eau. Les espèces cristal et ivoire sont fluidifiables. Les copals crayeux, jaune, rouge et noir paraissent, par contre, plus réfractaires au traitement. Broyés et exposés pendant un certain temps à l'air, soit donc après vieillissement, les copals crayeux et noir ont pu être fluidifiés.

L'hydrocopal contient très peu d'eau, ce qui a incité M. Joret à essayer l'action d'autres fluides à diverses températures et notamment l'azote. Il obtint un produit analogue à celui résultant de l'action de la vapeur d'eau. Avec le CO_2 le produit est beaucoup plus foncé, par suite de l'action acide du gaz.

L'hydrocopal est une résine acide ($i_n = 96$) et n'est pas un dissolvant pour les copals réfractaires à l'action de la vapeur surchauffée. Malheureusement, il possède tous les caractères d'insolubilité du copal. Pour l'utiliser dans l'industrie des vernis, il faut le soumettre à la pyrogéna-

tion, mais il présente l'avantage de fondre uniformément, ce qui permettrait peut-être de conduire plus facilement cette opération. Tout comme le copal, l'hydrocopal est soluble dans les acides gras de l'huile de lin et ce à des températures inférieures à celle du copal fraîchement broyé. Il semble se comporter de façon analogue au copal vieilli, c'est-à-dire broyé et exposé pendant un certain temps à l'air.

Mentionnons encore que M. Hellinckx fit une série d'essais très intéressants sur le cracking hydrogénant du copal ⁽¹⁾. Sous des pressions de 100 kgs/cm² d'hydrogène, à des températures allant de 350 à 400°, en présence de nickel comme catalyseur, on obtient des huiles très fluides, fluorescentes, qui, à la distillation, fournissent jusqu'à 70 % de produits légers passant entre 40 et 200°, d'acidité presque nulle et contenant très peu de corps non saturés. Ce domaine nouveau n'a pas encore révélé toutes ses possibilités et les travaux y relatifs se poursuivent.

Enfin M. Hellinckx a montré au cours des recherches que le copal pourrait trouver emploi dans l'imperméabilisation de certains matériaux poreux.

Si des progrès très sensibles ont pu être enregistrés tant en ce qui concerne l'étude théorique du copal tel qu'il est traité sur le marché commercial, qu'en ce qui concerne son utilisation industrielle, il reste à élucider un point dont l'importance a été signalée par notre éminent collègue M. De Wildeman ⁽²⁾.

Dans une communication faite en 1933, à la Section des Sciences Naturelles et Médicales de l'Institut, il attirait l'attention des chercheurs sur la nécessité d'approfondir la question des origines du copal du Congo. Il indiquait notamment qu'il conviendrait d'étudier les produits de formation récente pouvant être rattachés sans le moindre doute à un arbre nettement identifié.

⁽¹⁾ *Bul. Soc. Chim. Belge*, 45, 1936, p. 632.

⁽²⁾ *Bull. Inst. R. Col. Belge*, IV, 1933, 2, p. 478.

Une préoccupation analogue nous avait incité, dès 1932, à demander que l'on nous fasse parvenir d'Afrique quelques échantillons de copal récoltés *in situ*. Nous avons pensé que l'étude de ce copal « vert » permettrait de trouver des indications quant au sens dans lequel l'évolution des copals se fait et peut-être de trouver la possibilité de la diriger.

Quatre échantillons, recueillis en septembre-octobre 1932 et dont ci-dessous la description, furent examinés par M. Hellinckx en juin 1933.

Ech. n° 1. — Écoulement naturel récolté le 12 octobre 1932, à l'endroit d'une branche cassée.

Les morceaux se présentent sous l'aspect d'une masse difforme. Ils sont recouverts d'une couche vitreuse s'enlevant aisément au couteau et tombant en poussière. Sur certaines faces on constate la présence de gangue constituée par une pellicule d'écorce. Les morceaux présentent des inclusions d'origine végétale.

Après grattage, la résine est incolore, transparente.

La résine est plus tendre que le copal l'est habituellement. Elle se laisse aisément couper au couteau. En certains endroits elle est plastique.

Ech. n° 2. — Écoulement recueilli le 12 octobre 1932, à la base du tronc, sur une blessure ancienne faite par les indigènes.

Le morceau est recouvert d'une couche mate, vitreuse.

Le copal est très sale et contient de nombreuses inclusions de matières végétales. Sa teinte générale est le jaune brunâtre. Après grattage et clivage, les éclats sont transparents, faiblement teintés de jaune.

Ech. n° 3. — Écoulement naturel récolté le 17 septembre 1932, sur le tronc de l'arbre.

Divers morceaux sont recouverts de la même couche friable, déjà décrite. Sur certaines faces, on observe des morceaux d'écorce englobés partiellement dans le copal. Celui-ci est tendre, certaines parties sont plastiques.

La teinte varie du blanc sale au blanc rosé.

Ech. n° 4. — Écoulement récolté le 17 septembre 1932, à la base du tronc, sur blessure ancienne faite à la machette.

Une face du morceau de copal a emporté des débris de l'écorce sur laquelle il s'est formé. Les autres faces sont recouvertes d'une couche friable, comme les précédentes.

Ce copal est dur et cassant. Sa teinte générale est le blanc teinté de rose.

Bien que les échantillons 3 et 4 proviennent du même arbre, cette description sommaire incite déjà à grouper les échantillons 1 et 3, d'une part, 2 et 4, d'autre part. Les premiers sont plus ou moins tendres, plastiques, alors que les seconds ont nettement une plus grande dureté.

Les seconds ont été tous deux recueillis sur des blessures déjà anciennes. Les premiers paraissent, d'autre part, de formation plus récente. Malheureusement, on ne put donner aucune indication, ni sur la variété exacte de copalier sur laquelle les échantillons furent recueillis, ni sur l'aspect du traumatisme, ni sur le moment approximatif où l'exsudation de résine aurait commencé.

Les déterminations entreprises en 1933 furent répétées en 1935 sur les mêmes échantillons, pour constater leurs variations éventuelles. Le tableau suivant donne les résultats obtenus :

Echantillon n°	1		2		3		4		Copal blanc fossile
Date de la détermination	1933	1935	1933	1935	1933	1935	1933	1935	
Point de fusion méthode Nagel	83-84	91-92	>200	>200	89	90	>200	>200	>200
Indice d'acide	130	133	109	119	139	154	118	110	114
Indice de saponification	155	180	154	178	161	176	144	146	147
Indice d'ester	21	51	44	58½	22	22	25	36	
Dureté	tendre	assez tendre	dur	dur	tendre	assez tendre	dur	dur	dur

L'analogie, déjà perceptible à l'aspect des échantillons, se retrouve accusée notamment par l'indice d'acide et le point de fusion. Manifestement, les échantillons 2 et 4 s'apparentent à des types de copal, dit fossile, rencontrés couramment dans le commerce, alors que les échantillons 1 et 3 paraissent nettement moins évolués.

Une nouvelle série d'échantillons fut recueillie récemment.

Les troncs de deux arbres avaient été entaillés plus ou moins profondément le 13 avril 1936, à environ 1 m. 50 de hauteur.

Les premières observations furent fort peu encourageantes. On constata en effet une production de gomme, mais en quantité vraiment insignifiante; au bout de plusieurs semaines, on ne pouvait récolter aux endroits entaillés que quelques grammes d'un copal clair parfaitement durci. Tout paraissait se passer comme si l'incision pratiquée se cicatrisait et que le copal coagulé empêchait la continuation de la sécrétion.

Mais à aucun des endroits entaillés on ne constata la formation d'un bloc de copal quelque peu important.

L'échantillon IS fut récolté le 12 mai, les échantillons IN et II le 25 mai. Ils furent analysés vers le 15 juillet. L'aspect de ces échantillons était identique : copal blanc transparent, dur, contenant quelques impuretés.

Nous avons réuni ci-dessous les déterminations faites par M. Hellinckx.

A remarquer que la faible quantité de matière constituant ces échantillons n'a pas permis de faire une analyse détaillée. Certains indices n'ont pu être observés pour la même raison et, d'autre part, la présence de nombreuses impuretés, en particulier dans l'échantillon IN, entache certains chiffres de sources d'erreurs, peut-être importantes, ces indices étant déjà malaisés à obtenir avec précision dans les conditions normales; or il a fallu se contenter de prises d'essai dix fois moins pondéreuses.

	IS	IN	II	Copal blanc
Indice d'acidité.	94	83,5	91,5	114
Indice de saponification . .	486 (?)	438,6	496,5	447
Indice d'iode	403,3	74,3	102,5	134
Point de fusion (au capillaire):				
Inférieur.	121-122	non obs.	123-127	120
Supérieur	139-144	non obs.	non obs.	178
Point de ramollissement Nagel	143-144	< 200	141-147	119

Comparés à la série de déterminations rapportée ci-dessus, il est étonnant de constater qu'aucun des derniers échantillons n'a l'aspect ni les caractéristiques des n^{os} 1 et 3, qui, cependant, paraissaient de formation récente. Au contraire, on serait plutôt tenté de les rapprocher des n^{os} 2 et 4. Les divergences des résultats des deux échantillons IS et IN, provenant du même arbre, sont aussi surprenantes.

Nous constatons donc que les résultats obtenus ne fournissent pas un ensemble suffisant pour permettre d'en tirer des conclusions. Ils indiquent la prudence avec laquelle il convient de poursuivre les études.

M. le Prof^r De Wildeman avait fait remarquer qu'il considérait que les copals provenant des arbres de la famille des légumineuses sont des exsudations consécutives à un traumatisme : blessure accidentelle, blessure voulue par l'homme, blessures provoquées par les insectes.

En observant les exsudations des entailles faites en avril dernier, nous avons été surpris de voir le peu de gomme produite. Nous en avons conféré avec M. Ghesquière, phytopathologiste de l'Inéac. Il nous montra un groupe de copaliers plantés au jardin botanique d'Eala et qui avaient grandi dans un milieu identique. Certains arbres portaient de beaux blocs de copal, d'autres pas; certaines

entailles faites par les indigènes étaient cicatrisées sans exsudation importante de résine. Sans nous prononcer de façon formelle, nous sommes donc enclin à penser que le traumatisme seul ne suffit pas à provoquer une production quelque peu abondante de copal. Aux endroits où des blocs importants de copal étaient visibles, les arbres paraissaient malades. L'intervention d'agents extérieurs, tels les insectes, indiquée par M. le Prof^r De Wildeman, doit donc être retenue.

On serait tenté d'émettre l'hypothèse que les copaliers peuvent donner deux copals différents : l'un, peu abondant, cicatrisant les blessures saines de l'arbre, l'autre, très abondant au contraire, étant favorisé par l'intervention d'insectes ou de parasites. Encore y aurait-il lieu d'établir la liaison entre ces deux produits, puisque la comparaison des échantillons 3 et 4 semble prouver qu'ils ont la même origine botanique.

Enfin il resterait à déterminer l'influence du milieu sur une même variété botanique et celle du temps et du milieu sur les exsudations, après que celles-ci ont quitté leur support végétal.

Nous souhaitons vivement que des observations soient poursuivies pour élucider cette question de la production du copal, car il n'est pas certain, d'une part, que les gisements dits fossiles soient inépuisables ou, d'autre part, que l'on ne puisse songer à « domestiquer » la production du copal. Sans être absorbantes au point de nécessiter un personnel spécial, les observations devront s'étendre sur un temps relativement long et être faites par des observateurs compétents et attentifs suivant un programme préétabli avec grand soin.

La conclusion que nous tirerons de cet exposé est que le but des recherches a incontestablement été atteint. Au point de vue scientifique, il est tout particulièrement

réjouissant de constater l'émulation que les travaux effectués en divers pays ont pu créer.

Au point de vue pratique, on a pu enregistrer une augmentation très nette de la consommation du copal. En effet, les importations à Anvers de copal du Congo belge, qui a le monopole de ce produit, ont été de

10,552 tonnes en	1932
11,252 » 	1933
16,579 » 	1934
15,695 » 	1935
22,440 » 	1936

Certes, il faut reporter sur l'amélioration des conditions économiques une partie de cette augmentation. Mais le fait que celle-ci a commencé à se manifester dès 1934, donc avant la dévaluation de notre monnaie, même dans des pays tels que la Grande-Bretagne, les Etats-Unis et l'Allemagne, qui sont de grands fabricants de résines synthétiques, mérite d'être signalé.

Il importe donc que les recherches soient poursuivies sans désespérer, pour le plus grand profit de l'économie belge et coloniale.

Séance du 26 février 1937.

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

Sont présents : MM. Gevaert, le baron Liebrechts, Maury, Moulaert, van de Putte, membres titulaires; MM. De Backer, Lancsweert, membres associés et De Jonghe, Secrétaire général.

Excusés : MM. Anthoine, Bollengier, De Roover, Gillet, Marchal, Olsen et Roger.

Communication de M. G. Gillon.

M. le *Président* expose les progrès réalisés dans la protection des lignes électriques contre la foudre. Il étudie en premier lieu l'action de la foudre sur les lignes électriques : décharges directes ou induites, ondes mobiles.

Jusqu'ici, les moyens mis en œuvre pour la protection contre la foudre étaient insuffisants.

L'oscillographe à rayon cathodique et les générateurs d'ondes de choc ont permis l'étude systématique des parafoudres et établi la valeur de divers systèmes nouveaux à résistances en corps semi-conducteurs. Le parafoudre serait toutefois à lui seul insuffisant.

C'est l'action des conducteurs de terre, jointe à l'amélioration des prises de terre, qui a permis de réduire sensiblement l'action de la foudre sur les conducteurs actifs d'une ligne de transport.

L'action des conducteurs et des contrepoids a été étudiée grâce aux barettes à remanence utilisées en Amérique et en Europe pour la détermination des intensités

provoquées par la foudre dans les poteaux, conducteurs de terre, câbles de contrepoids. Ces barrettes ont permis non seulement la détermination du sens des courants, mais également leur valeur de crête. L'emploi plus abondant des fils de terre et l'amélioration de la prise de terre permettent aujourd'hui d'assurer, concurremment avec l'emploi de parafoudres sur les lignes actives, une protection suffisante des lignes de transport de l'électricité. (Voir p. 226.)

M. le Président répond à un certain nombre de questions qui lui sont posées par divers membres.

La séance est levée à 15 h. 30.

**M. G. Gillon. — Progrès réalisés dans la protection
des lignes électriques contre la foudre.**

Depuis très longtemps la foudre et les électriciens sont en guerre et ces derniers n'ont pas eu le dessus jusqu'ici. Quand l'orage gronde, on se trouve souvent dans l'obligation d'attendre les événements et de réparer ensuite, le plus vite possible, les dégâts. On ne comprenait guère ce phénomène, brutalement destructeur et l'on employait pour le combattre des moyens tout à fait insuffisants.

ACTION DE LA FOUDRE.

Qu'est la foudre ? Quelle est son action sur une ligne électrique ?

Considérons un conducteur isolé sur cloches en porcelaine (fig. 1). Un nuage électrisé s'en approche. La charge négative qu'il porte appelle une charge de signe contraire,

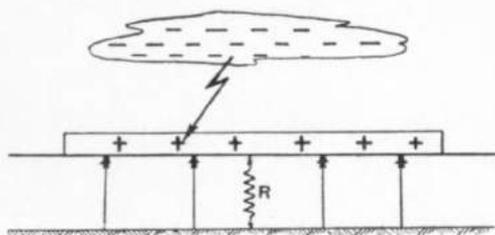


FIG. 1.

donc positive, sur la ligne. Celle-ci peut y venir, fournie par le sol, à travers la résistance d'isolation R (fig. 1). L'isolement de la ligne n'est, en effet, pas parfait; une ligne montée sur isolateurs est néanmoins reliée au sol par une résistance, sans doute très élevée, mais non infinie. Il y a donc deux charges négative et positive en présence, sépa-

rées par un champ électrostatique intense; bientôt une étincelle éclatera à travers un chemin ionisé, assez étroit, où de fortes charges se précipitent l'une sur l'autre avec fracas. C'est le coup de foudre direct. Il en résulte généralement que le nuage charge fortement la ligne. Les isolateurs sont contournés et les machines subissent des dégâts. La décharge est parfois oscillante.

Les choses peuvent se passer autrement. Le nuage se déplaçant entraîne avec lui la charge positive qui peut ainsi voyager : c'est l'onde mobile.

Un nuage de signe contraire s'approche du premier (fig. 2); une étincelle éclate entre eux, neutralisant les

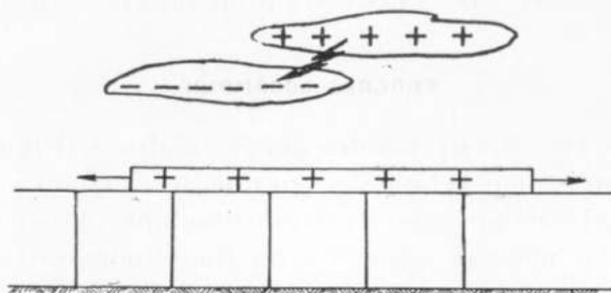


FIG. 2.

deux nuages. En conséquence la charge positive sur la ligne est libre. Que fait-elle ? Elle se divise en deux et parcourt la ligne isolée à droite et à gauche, cherchant le moyen de retourner au sol. C'est une nouvelle onde mobile qui profite des sections moins bien isolées pour y contourner les cloches ou percer l'isolation des transformateurs ou autres appareils. Si au lieu d'un conducteur isolé, il s'agit d'un conducteur relié à la terre (fig. 2), en cas de décharge de nuage, la charge sur le conducteur s'écoule aussitôt vers le sol et il y a de grandes chances qu'aucun dégât ne se produise; de même, en cas de neutralisation de deux nuages, l'électricité libérée est immédiatement évacuée vers le sol.

Les anciens appareils de protection raccordés aux lignes

sur isolateurs étaient des parafoudres à cornes, ou à cônes de zinc, d'autres à étincelles excitatrices et à effluve. Pour tous, on s'aperçut que leur faculté d'absorption de l'onde était généralement insuffisante et qu'une onde mobile qui avait glissé sur un de ces dispositifs de protection, restait très dangereuse après son passage.

Un progrès avait cependant été réalisé par le parafoudre à résistance variable qui, en temps normal, c'est-à-dire sous la tension de service, présentait une résistance élevée tombant à une moindre valeur quand un courant la traversait. Les parafoudres électrolytiques d'abord, ceux à oxyde de plomb ensuite et puis ceux à corps semi-conducteurs, ont fait faire à la question un pas en avant.

PROGRÈS ACCOMPLIS.

Deux choses importantes ont été réalisées depuis; c'est en premier lieu l'étude des parafoudres qu'on a pu faire, grâce à l'oscillographe à rayon cathodique et aux générateurs d'ondes de choc. Ce fut une étude systématique réalisée au laboratoire. En second lieu, on put établir l'action des conducteurs de protection réunis à la terre.

La plupart des effets destructifs dus à la foudre sont provoqués par les ondes mobiles créées par les actions atmosphériques directes ou indirectes.

Ces ondes ont une forme déterminée que l'on peut reproduire assez exactement aujourd'hui. Elle comporte (fig. 3) un front $O-Em$ et un dos qui lui fait suite. La valeur maximum E_m est la tension de crête. Une onde de tension s'accompagne d'une onde de courant pour charger la capacité de la ligne et l'ensemble représente une quantité d'énergie parfois grande, mais toujours limitée. C'est le rôle des parafoudres d'absorber une partie des courants ou de cette énergie, en l'écoulant à la terre ou en la dissipant dans leur résistance. On réduit ainsi la valeur de l'énergie représentée par l'onde de surtension subsistante.

Sa tension par rapport à la terre, peut de cette façon être ramenée à une valeur assez basse pour que l'isolation de l'installation ne soit plus mise en danger.

Pour être efficace, un parafoudre doit en outre fonctionner immédiatement lors de l'apparition d'une surtension. Le temps que dure le passage de l'onde est, en effet, extrê-

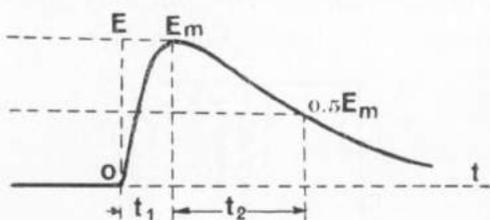


FIG. 3.

mement court (25 microsecondes). S'il n'intervient pas tout de suite, le parafoudre n'aura que peu d'effet sur l'onde mobile. Pour vérifier ces conditions de fonctionnement, on soumet le parafoudre à des essais de laboratoire.

OSCILLOGRAPHE.

L'onde d'essai normale d'un parafoudre aura une durée de front t_1 de 0.5 à 1 microseconde et une durée de mi-amplitude, $t_2 + \frac{t_1}{2}$, de 25 à 30 microsecondes. Aussi, s'est-on trouvé pendant longtemps dans l'impossibilité d'enregistrer pareil phénomène. C'est l'oscillographe à rayon cathodique qui a permis de réaliser cette inscription. Grâce à la tension très élevée qu'on y utilise, la vitesse du point lumineux est extrêmement forte et permet donc l'enregistrement de phénomènes très rapides. On va aujourd'hui jusqu'à la vitesse de 250 kilomètres par seconde pour le déplacement du point lumineux.

Cependant, il fallait encore disposer pour le laboratoire d'un autre appareil : le générateur d'ondes de choc, car l'essai sur coup de foudre ne permet pas une étude systé-

matique. Les occasions d'essai seraient du reste trop rares. Cependant, des laboratoires de cette espèce ont été installés notamment à Upsala (Norinder) et en Amérique.

GÉNÉRATEUR D'ONDE DE CHOC.

L'onde de choc est en principe une décharge de capacité dans un circuit apériodique. Erwin Marx a indiqué une

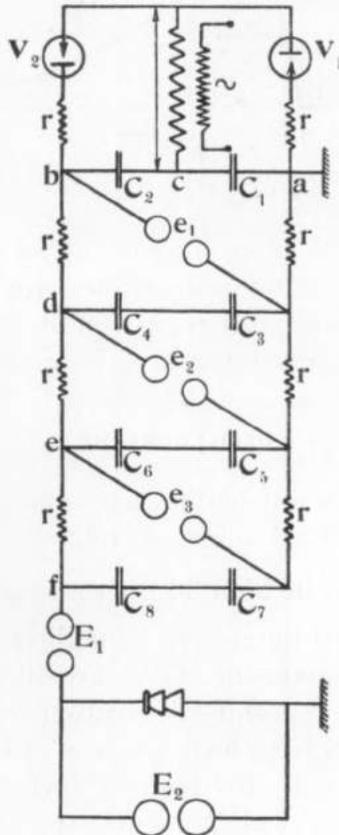


FIG. 4.

connexion de capacités qui permet d'obtenir facilement les très hautes tensions nécessaires pour les essais avec ondes de choc.

La figure 4 indique la connexion d'un ensemble de capacités C_1 à C_8 , de résistances r et d'éclateurs e .

Le courant alternatif d'un redresseur charge, par l'intermédiaire de deux soupapes V_1 et V_2 , les capacités C_1 et C_2 . Toutes les paires de capacités sont mises en quantité, tant qu'il n'y a pas d'étincelles aux éclateurs e_1 , e_2 et e_3 . La tension obtenue entre a et b monte graduellement jusqu'à atteindre, par exemple, une valeur $2E$. A ce moment, une étincelle jaillit simultanément entre les trois éclateurs e_1 , e_2 et e_3 , qui sont tous soumis à la même différence de potentiel et dont les intervalles ont été réglés à cet effet pour donner simultanément l'étincelle. Celle-ci met le point d au potentiel $4E$, celui de e au potentiel $6E$ et f au potentiel $8E$.

Sous l'effet des différences de potentiel existant aux bornes des résistances r , un courant de décharge se produit à travers ces résistances, mais la valeur ohmique des résistances est assez forte pour que la tension $8E$ ne soit pas considérablement réduite pendant le premier instant qui suit la production des étincelles aux éclateurs. Le choc se produit ainsi en E_1 réellement sous une tension voisine de $8E$.

Voici quelques indications concernant une installation de cette espèce, établie au laboratoire Ampère à Paris.

Nombre total des condensateurs : 100.

Capacité par condensateur : 0,5 microfarad.

Tension maximum par condensateur : 30,000 volts.

Tension maximum des 100 condensateurs en série : 3,000,000 de volts.

Énergie totale de la décharge : 22,500 Joules.

Intensité maximum instantanée : 3,000 ampères.

Puissance maximum instantanée : 9,000,000 de kW.

La General Electric a établi un générateur d'ondes pour 150,000 volts et 260,000 ampères. Pareille décharge fait sauter en éclats un arbre de 20 centimètres de diamètre.

La figure 5 représente une vue de l'appareil du laboratoire Ampère. Ce générateur d'ondes mesure 13 mètres de hauteur. On voit à la figure les dix étages de 2×5 con-

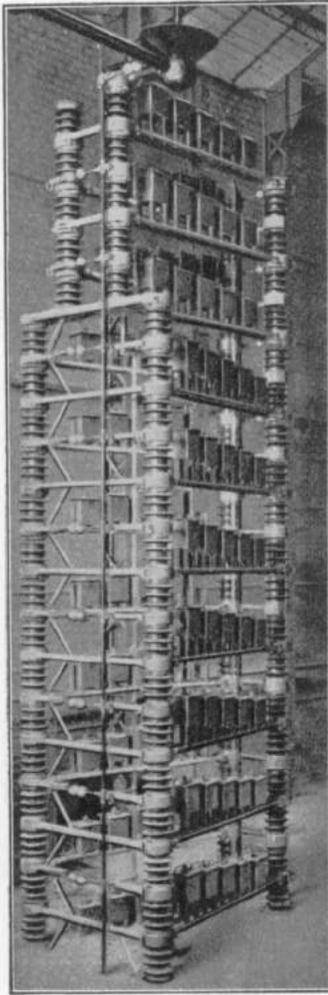


FIG. 5.

densateurs chacun. L'isolement est obtenu par des colonnes formées d'isolateurs en porcelaine superposés. On y voit également, pour chaque série de cinq capacités, l'isolement supplémentaire successif des cinq éléments.

Le réglage de tous les intervalles explosifs intermédiaires e_1, e_2 , etc. s'obtient par un mouvement unique à vis sans fin, déplaçant une des deux sphères de chaque éclateur, ce après un blocage à frottement doux.

A gauche de la figure on aperçoit les éclateurs et leur tige unique de commande des intervalles explosifs.

Les condensateurs sont chargés par groupes de 5 en série, au moyen d'un transformateur de 150,000 volts dont la tension réglable est redressée par un kénotron de 300,000 volts. La tension produite par ce générateur d'ondes de choc est mesurée à l'aide d'un éclateur à sphères de 2 mètres de diamètre, dont l'écartement est réglé à distance par un piston hydraulique.

Ces générateurs sont des appareils gigantesques, mais on ne peut les utiliser qu'au laboratoire. Bientôt le besoin s'est fait sentir de faire des essais à ondes de choc sur les lignes en ordre de service normal. Aussi a-t-on réalisé des installations transportables montées sur remorque d'automobile et présentant déjà de très hautes tensions et de grandes puissances.

L'outil étant à disposition (générateur et enregistreur d'ondes), à quel résultat est-on arrivé?

PARAFOUDRES.

Les essais et recherches ont conduit à la construction d'une classe de parafoudres dont le fonctionnement repose sur le passage du courant à travers des disques en matière semi-conductrice, empilés les uns sur les autres et séparés par de faibles intervalles explosifs.

Le parafoudre comporte un premier intervalle explosif e (fig. 6), une zone d'extinction d , une colonne active de rondelles semi-conductrices c et une pièce a , à rupture évitant une mise à la terre persistante. La décharge due à une onde mobile passe en étincelle sur e et d , puis traverse c en se divisant en un grand nombre de dérivations

mises en parallèle, de sorte qu'il suffit d'une très faible augmentation de la tension aux bornes de l'appareil pour que le courant devienne très fort. La résistance des disques décroît rapidement quand l'intensité qui les traverse augmente.

La matière semi-conductrice dont sont constitués les

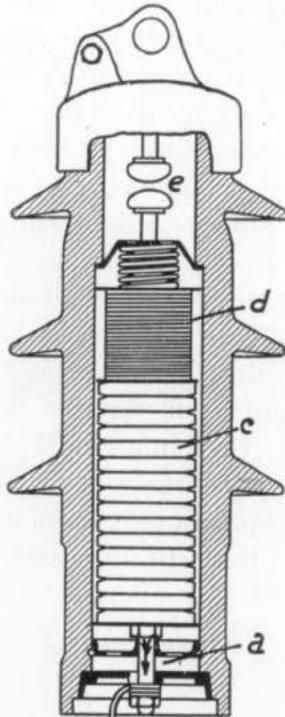


FIG. 6.

disques est formée principalement de cristaux de carbure de silicium. Entre les pointes des cristaux, se produisent des intensités de champ très élevées (jusqu'à 10^6 volts/cm.); d'où arrachement d'électrons aux cristaux.

La figure 6 montre une coupe sur l'appareil. Dans une pièce isolante en porcelaine se trouvent enfermés l'éclateur à boules, les intervalles d'extinction *d* et la colonne active des disques en matière semi-conductrice, à laquelle

fait suite assez souvent une pièce de sûreté *a* contre l'éclatement de l'appareil. En cas de forte intensité du courant, cette pièce est projetée à distance. La figure 7 montre l'aspect extérieur de l'appareil (*p*), qui est généralement monté directement sur les lignes au dehors.

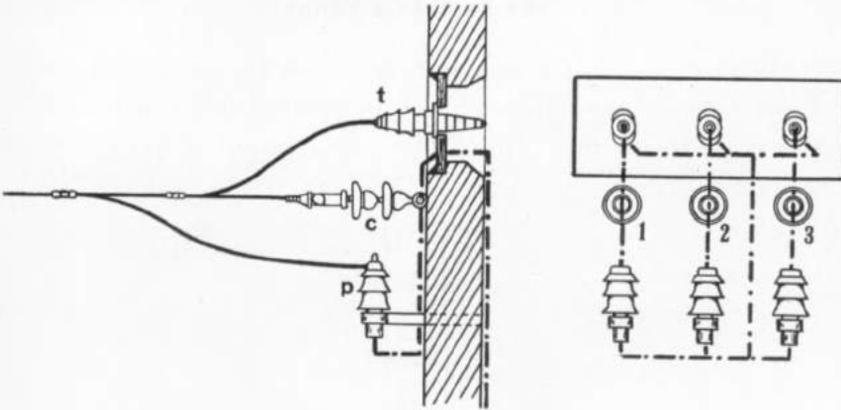


FIG. 7.

Les résultats obtenus sont établis par de nombreux essais. La figure 8 en montre un, par exemple. Une onde incidente d'une hauteur de 293 kV y est réduite à 32 kV par un parafoudre de tension normale de 10 kV. La courbe supérieure de cette figure est l'onde de choc quand le parafoudre n'est pas connecté; celle inférieure est l'onde obtenue quand le parafoudre est en service.

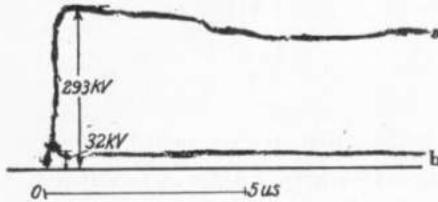


FIG. 8.

Cependant, quelque efficace que soit leur action, les parafoudres modernes ne suffiraient pas à nous protéger. Ils sont trop distants, trop peu nombreux. On n'en place,

en effet, qu'aux sous-stations ou aux points de sectionnement faciles à surveiller. Aussi l'autre progrès conserve-t-il toute son importance.

**ROLE DES CONDUCTEURS DE PROTECTION MIS A LA TERRE
ET DES PRISES DE TERRE.**

On sait que depuis bon nombre d'années on munit les lignes électriques triphasées d'un quatrième conducteur placé au-dessus des conducteurs du courant et relié à la

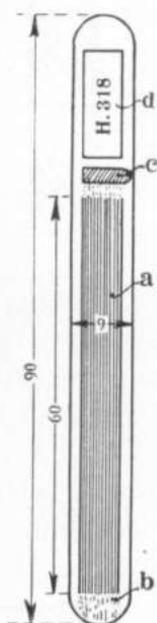


FIG. 9.

terre en un certain nombre de points. Ce conducteur était censé capter les décharges atmosphériques. Son rôle était ainsi vaguement défini. Là où il avait été installé, on semblait arriver à un meilleur résultat; cependant, des court-circuits d'isolateurs se produisaient encore. Il y a quelques années on s'est aperçu que sur un poteau touché par la foudre, un arc avait jailli de la descente vers la

terre au conducteur actif voisin. Ce phénomène a vivement intéressé les chercheurs; ils en ont poursuivi l'étude.

Dans ce but, on a utilisé des bâtonnets en acier ou des barrettes à remanence. Ces barrettes sont constituées (fig. 9) d'un faisceau *a* de fils d'acier au chrome trempé (3 % environ de teneur de chrome), de 0,2 mm. d'épaisseur; elles sont noyées dans de la paraffine et logées dans des tubulures de verre.

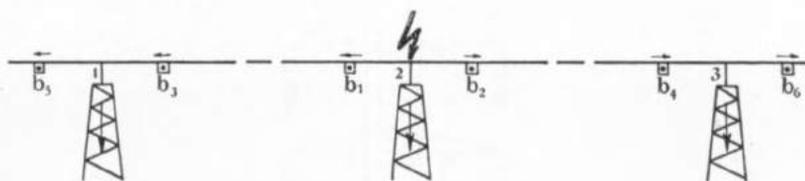


FIG. 10.

Une barrette disposée près d'un conducteur de terre et orientée de façon à être traversée par les lignes de force est aimantée sous l'effet du champ électromagnétique au passage d'une décharge de la foudre et son magnétisme résiduel est proportionnel à la valeur de crête du courant.

La polarité de la barrette indique, lorsqu'on connaît sa position, la polarité de la charge de nuage écoulée par le coup.

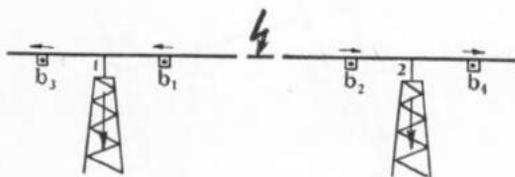


FIG. 11.

Des barrettes étant placées sur le conducteur de terre des deux côtés de chaque tête de pylône, on peut déduire de leur aimantation le sens et la valeur du courant dans ce conducteur et par suite l'endroit frappé.

La figure 10, par exemple, permet d'établir par la polarité des barrettes que le pylône du milieu a été frappé. Si

c'est le câble de terre qui a été touché, on aura les flèches de la figure 11.

La figure 12 montre un poteau moderne tel qu'on en utilise parfois en Amérique. Le pied de ce pylône est

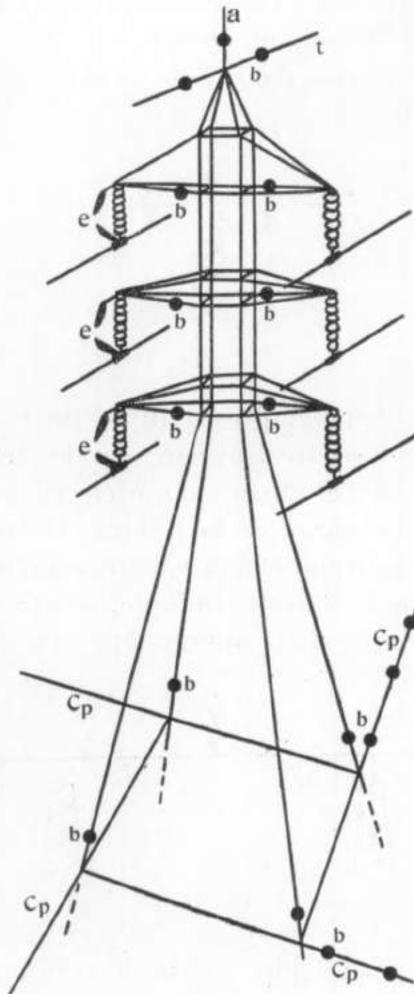


FIG. 12.

pourvu de quatre contrepoids C_p ; au sommet il porte un câble de terre t et une aigrette de décharge a . Trois des chaînes à gauche sont pourvues d'intervalles explosifs

(expulsion gap). Nous voyons en b un bon nombre de barrettes disposées le long des diverses parties du poteau, afin d'étudier la répartition des courants provoqués par un coup de foudre.

Vingt mille barrettes ont ainsi été placées sur des lignes en Allemagne. Elles ont permis à la *Studiën Gesellschaft für Hochspannungsanlagen* d'établir de nombreuses conclusions. « Sur cent coups de foudre qui atteignent une ligne, cinquante environ frappent le câble de terre, trente-cinq atteignent les poteaux. Avec deux câbles de terre, 75 % des coups de foudre sont captés par ceux-ci. » On a construit quelques lignes avec trois fils de terre.

La distance entre le câble de terre et les conducteurs de courant doit être convenablement choisie, ni trop grande ni trop faible. Mais on a établi également que l'efficacité des fils de terre dépend en grande partie de la perfection plus ou moins grande avec laquelle les prises de terre sont réalisées.

Au moment où la charge provenant d'un coup de foudre s'écoule vers le sol, la connexion à la terre prend un potentiel RI dépendant de deux facteurs : I le courant et R la résistance de la prise de terre. Les observations faites permettent de croire que la plupart des coups de foudre qui frappent les lignes à 100,000 volts ont des intensités atteignant au plus de 40 à 60 kiloampères.

Dans une prise de terre on distinguera deux éléments : la résistance ohmique R et la résistance d'onde $\sqrt{\frac{L}{C}}$; R provoque au sommet de la prise de terre une chute de tension RI ; pour 15 ohms et 50,000 ampères, on atteint ainsi 750,000 volts et il n'est pas étonnant, dès lors, que des étincelles puissent jaillir de la prise de terre vers les conducteurs voisins, surtout par dérivation superficielle à la surface des isolateurs ou dans l'air.

La résistance d'onde joue également un rôle. Quand une onde de choc se produit sur une ligne de terre en a

au support (fig. 13), la prise de terre 1 lui oppose son impédance d'onde; les terres voisines interviennent seulement après que l'onde, qui se dirige à droite et à gauche, sera revenue au point de départ.

Si la distance entre deux terres est 200 mètres, le temps correspondant est 1,5 microseconde. Pendant ce temps, la terre 1 fait seule sentir son action et conserve à son sommet un potentiel élevé.

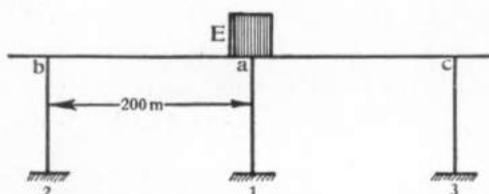


FIG. 13.

Il ne faut pas que le produit $I \times \sqrt{\frac{L}{C}}$ de la résistance d'onde de cette terre par le courant maximum auquel il faut s'attendre, soit tel qu'un arc jaillisse de la prise de terre vers le conducteur de courant le plus proche. On peut mesurer la résistance d'onde d'une prise de terre en y faisant passer une onde de choc et en mesurant à la fois le courant et la tension à l'aide d'oscillographes à rayons cathodiques, mais ces moyens d'essai font généralement défaut.

Quoi qu'il en soit, les prises de terre doivent être spécialement soignées pour qu'on atteigne des valeurs de 10 ohms, par exemple. Pour arriver à des valeurs aussi faibles, il faut observer certaines dispositions. En outre, on adoptera pour la tension de contournement au choc des isolateurs, une valeur assez élevée qui doit être déterminée au laboratoire.

PRISES DE TERRE.

Une prise de terre est une résistance tout à fait spéciale. La chute de tension est forte près de la prise et dépend des

dimensions de celle-ci. A une certaine distance, la section est fortement accrue (fig. 14), la chute devient faible. La résistance des terres dépend, en outre, de la conductibilité du sol. Les formulaires renseignent des modes de calcul de ces résistances, ce pour diverses formes de prises.

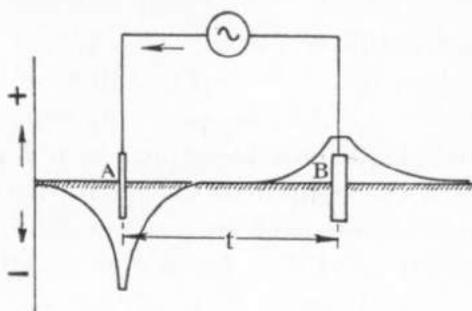


FIG. 14.

Pour atteindre de faibles valeurs, il faut généralement mettre plusieurs terres en quantité. Mais deux terres en parallèle s'influencent réciproquement si elles sont trop voisines, car elles utilisent alors les mêmes chemins conducteurs du courant. On prendra pour la distance t d'écartement des tubes, par exemple, au moins leur longueur.

RÉALISATION.

Une prise de terre comporte la descente et les dispositifs de mise en contact avec la terre humide (prise de terre proprement dite).

La descente se fait de préférence par un câble isolé, porté, par exemple, par des roulettes et terminé à une certaine distance par un soulier à câble pouvant être détaché du poteau. Cette disposition a pour but de permettre d'isoler une prise de terre du câble de terre même, afin d'en mesurer la valeur. Cette opération se fait au moyen de ponts de mesure spéciaux pour ce genre d'essai. Comme résistance de choc ou résistance d'onde on pren-

dra souvent 1,2 à 1,5 fois celle obtenue par l'essai précédent, ce pour les prises de terre d'assez faible surface (plaques ou tubes).

CONTACT AVEC LE SOL.

Un poteau métallique ou en béton est par lui-même une prise de terre généralement de faible résistance. On peut cependant y ajouter une prise supplémentaire sous la forme d'une plaque en tôle galvanisée de 5 millimètres d'épaisseur et de 0,5 à 1m² de surface, par exemple, placée verticalement à travers diverses couches de terre et poussée assez profondément dans le sol pour qu'elle se trouve dans la terre humide ou la nappe d'eau.

Souvent il est fait usage de tubes pour améliorer les terres. Deux ou trois tubes de 3 à 5 mètres de longueur, placés à 2 ou 4 mètres l'un de l'autre, seront enfoncés également jusque dans le sol humide. Leur diamètre atteint de 15 à 20 centimètres. Ils seront placés à une certaine distance du pied du poteau. Parfois on verse dans un des tubes et de temps à autre, de l'eau saline, si, sans ce moyen, on n'obtient pas une bonne terre. On utilise encore une autre classe de mises à la terre appelées parfois « contrepoids ». On les réalise sous la forme d'une extension de la prise de terre du poteau par des bandes métalliques disposées en rayons, à 60 ou 80 centimètres de profondeur dans le sol et totalisant une longueur de 300 mètres, par exemple, pour chaque poteau.

On place parfois encore dans le sol des bandes métalliques ou bien un ou deux câbles en cuivre qui relient entre eux les pieds des supports successifs de la ligne.

Ces dispositions seront surtout à conseiller quand les terres isolées sont résistantes par suite de la nature du sol. La résistance à admettre pour l'onde de choc est ici beaucoup plus grande que celle de R. Elle diminue toutefois quand le nombre des rayons augmente.

LIGNES DU BOULDER DAM.

Les perfectionnements apportés aux lignes aériennes ont permis de progresser dans la voie des lignes à très haute tension, en passant de 220,000 volts à la tension de 287,000 volts, utilisée sur les lignes du Boulder Dam, en Amérique et dont voici les données constructives principales :

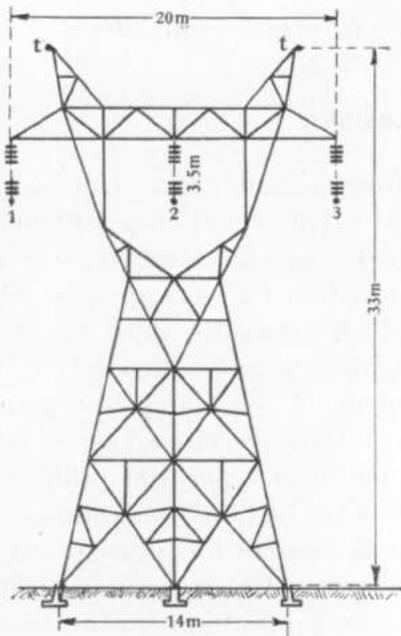


FIG. 15.

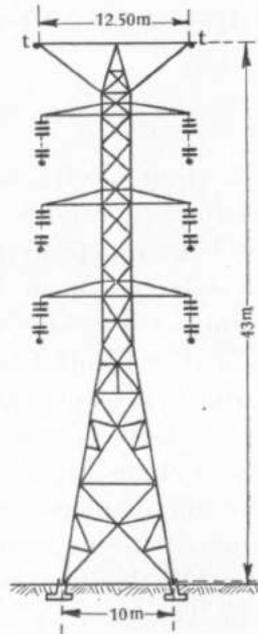


FIG. 16.

Pour les lignes à un seul circuit, les conducteurs sont disposés en une nappe horizontale. La figure 15 montre le pylône de cette ligne. Les points d'attache des chaînes sont à 10 mètres l'un de l'autre. Les sommets du pylône sont à 33 mètres au-dessus du sol. Les fils de terre y sont fixés (*t*). (Poids du pylône : 8,5 tonnes.) La portée moyenne est de 300 mètres. La figure 16 montre le pylône à deux circuits : écartement horizontal entre conduc-

teurs : 12^m20. Ecartement vertical : 7^m50. Hauteur totale : 43 mètres. Poids : 10,500 kilogrammes.

Le conducteur est du type creux, semblable à celui employé en Allemagne : 400 mm² de section.

L'isolateur est du type cape et tige, la chaîne normale comporte vingt-quatre éléments, sa longueur totale est 3^m50; elle est pourvue d'un dispositif protecteur (anneaux de garde) à chaque bout.

La ligne est munie de deux fils de terre en câble d'acier galvanisé (couvert de cuivre en certains endroits).

CONCLUSIONS.

La ligne de transport de force se complique. Une ligne triphasée comporte trois conducteurs actifs et quatre conducteurs morts de protection. Les poteaux sont très hauts. C'est la rançon de la sécurité. Il en est souvent ainsi : la complication intervient après les déboires de l'exploitation. Les résultats sont toutefois très encourageants.

Sur le réseau de la Wallenpaupeck, on a un grand nombre de lignes munies de fils de terre; certaines ont eu des déclenchements à concurrence de 0,4 par 100 milles et par an, d'autres jusque 2,8. Une section non munie de conducteurs de terre en a eu 47, soit 18 fois plus (Lewis). Sur 112 défauts (contournements), 108 se sont produits dans la section sans fils de terre. En sept années, une section avec contrepoids n'a eu aucun contournement d'isolateurs, alors que pendant les trois années qui ont précédé le montage des contrepoids, il y en avait eu 29.

En Allemagne, on écrit couramment que l'on peut aujourd'hui construire des lignes résistant à la foudre. C'est sans doute être un peu trop optimiste. Il y a encore beaucoup à étudier en cette matière et les essais ne sont pas près de finir.

Séance du 24 mars 1937.

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

Sont présents : MM. Fontainas, Gevaert, le baron Liebrechts, Maury, Moulaert, van de Putte, membres titulaires; MM. Beelaerts, Bette, De Backer, De Roover, Lancsweert, membres associés et M. De Jonghe, Secrétaire général.

Excusés : MM. Anthoine, Marchal, Olsen et Roger.

Communication de M. M. De Roover.

M. Deroover fait l'historique des industries chimiques au Congo. Il constate que l'industrie chimique n'est encore qu'une branche minime parmi les activités de la Colonie.

Dans le domaine des industries connexes à l'industrie chimique, il cite les fabriques de ciment de la Société des Ciments du Congo et de la Société des Ciments du Katanga; l'usine de briques réfractaires de l'Union Minière du Haut-Katanga, à Kakontwe; les brasseries de Léopoldville et d'Élisabethville; la sucrerie de la Compagnie Sucrière Congolaise; les savonneries et les installations de fours à chaux et de distillation de bois. Il mentionne spécialement l'usine de cracking et de raffinage de la Société des Pétroles du Congo, à Léopoldville, qui est le premier exemple d'une usine de transformation travaillant au Congo des matières importées.

Dans le domaine de l'industrie chimique proprement dite, il cite les fabrications chimiques suivantes, faites accessoirement par diverses sociétés : production d'oxygène, par l'Union Minière et par la Chanic; d'acétylène

dissous, par la Chanic; de cheddite, par l'Union Minière; de carbure de calcium, par la Simkat; d'essences de fleurs, par les colons de l'Ituri.

Il cite enfin la Société Générale Industrielle et Chimique du Katanga (*Sogechim*), qui est la seule société établie au Congo dans le but exclusif d'y faire l'industrie chimique.

Il donne des renseignements sur ses diverses fabrications : acide sulfurique, acide chlorhydrique, soude caustique, chlorate de soude, produits chlorés, acides gras et glycérine.

Il montre ensuite l'impossibilité d'établir actuellement au Congo l'industrie des engrais ou celle des carburants de remplacement, mais il pense que la situation peut évoluer aux points de vue technique et économique dans des conditions qui rendent ces industries possibles dans un avenir indéterminé. (Voir p. 249.)

M. Deroover répond à quelques questions posées par MM. le *Président*, *Fontainas*, *Moulaert* et *Bette*.

Communication de M. E. De Backer.

M. *De Backer* lit une note de M. Devroey, ingénieur en chef de la Colonie, sur les études hydrographiques effectuées dans le chenal, de 1933 à 1935. Après avoir fait l'historique des études hydrographiques dans cette section du fleuve Congo, M. Devroey examine successivement, pour le tronçon Maluku-Kwamouth, les travaux de triangulation et de topographie, de nivellement, de sondages. Il étudie ensuite le régime du fleuve dans le chenal, la recherche des roches et le balisage. Il termine son exposé par les résultats obtenus. Le résultat pratique de ces travaux se traduit par un appréciable gain de temps sur la durée du voyage à la montée et par un accroissement de la sécurité de la navigation. M. Devroey évalue à 600,000 francs le coût de ces études et il montre que cette dépense

extraordinaire, que la Colonie a consentie en période de crise, est récupérée en un an par les économies qui en résultent. (Voir p. 261.)

M. Maury exprime sa satisfaction d'avoir pris connaissance d'un travail aussi complet et espère que d'autres du même genre suivront. Il tient cependant à faire quelques remarques au sujet de la partie traitant du levé topographique et du nivellement :

Au point de vue de la précision du travail planimétrique, il serait nécessaire, à l'avenir, de ne pas s'en tenir à constater simplement les concordances obtenues sur bases et azimuts, qui peuvent être le résultat d'un hasard heureux; la moyenne des fermetures des triangles et quadrilatères fourniraient des indications plus positives sur la valeur des mesures.

Pour ce qui concerne le choix du système des coordonnées rectangulaires, il recommande l'emploi du système de projection cylindrique conforme de Gauss, utilisé au Service cartographique de la Colonie et au Cadastre minier du Katanga et dont il prévoit l'application au Cadastre de la Colonie. Les tables de cette projection, établies pour des fuseaux de 3 degrés de longitude, figurent dans les *Mémoires* de l'Institut Royal Colonial : tome I^{er}, fascicule 1, « Triangulation du Katanga » et tome I^{er}, fascicule 3, « Triangulation du Congo oriental ».

Il y a grand intérêt à uniformiser le système des coordonnées rectangulaires, le travail effectué par un service pouvant profiter directement à d'autres services.

Pour ce qui concerne le nivellement, il y a lieu de remarquer qu'il est préférable pour le calcul des différences de cotes de recourir à la formule des distances zénithales réciproques, même quand ces distances ne sont pas simultanées; la formule suppose simplement égalité d'influence de réfraction aux extrémités du côté, tandis que la formule des distances zénithales simples, suppose un coefficient de réfraction constant à toutes les stations.

D'autre part, on ne peut calculer l'erreur kilométrique en divisant l'écart constaté à la fin du parcours par le nombre de kilomètres; cet écart a le caractère d'une cumulation d'erreurs accidentelles et c'est par la racine carrée du nombre de kilomètres qu'il faudrait la diviser.

Ce sont là de simples remarques de détail qui ne nuisent en rien à l'importance des résultats acquis.

Concours annuel de 1939.

La Section échange quelques vues au sujet du choix des deux questions à poser au concours annuel de 1939.

La séance est levée à 16 heures.

M. M. De Roover. — Les industries chimiques au Congo belge.

Les industries chimiques ne sont encore qu'une branche mineure parmi les activités de la Colonie : leur production n'est, en valeur, que d'environ un pour cent de la production totale de l'économie coloniale.

Si l'on s'en réfère aux classifications des précis de chimie industrielle, on doit comprendre dans notre sujet, les cimenteries, brasseries, sucreries, savonneries, etc.

Dans ce domaine, les réalisations principales sont les suivantes :

Deux fabriques de ciment Portland artificiel fonctionnent au Congo : l'une dans le Bas-Congo (la Société des Ciments du Congo), depuis 1923; l'autre au Katanga (la Société des Ciments du Katanga), depuis 1924.

Toutes deux trouvent sur place le calcaire et le schiste qui leur servent de matières premières. Quant au combustible, les Ciments du Congo utilisent du charbon importé de Belgique, tandis que les Ciments du Katanga emploient les lignites locaux de la Luena.

La capacité totale de production de ces deux usines serait, nous dit-on, de quelque 120.000 tonnes de ciment par an, tandis que leur production aurait été, d'après les statistiques de la Colonie, de 46.000 tonnes en 1931 et de 4.100 tonnes en 1935.

Une belle usine de briques réfractaires établie par l'Union Minière du Haut-Katanga, à Kakontwe, depuis 1925.

Deux sociétés de Brasseries ont trois usines au Congo : la Société des Brasseries de Léopoldville, dont l'usine fonc-

tionne à Léopoldville depuis 1926, et la Société des Brasseries du Katanga, qui possède une usine à Elisabethville (en marche depuis 1924) et une usine à Jadotville, qui n'a travaillé qu'un an et demi de 1930 à 1931.

Les brasseries trouvent sur place la majeure partie des matières fermentescibles et doivent seulement importer le malt et le houblon.

La production d'ensemble des diverses brasseries du Congo fut, d'après les statistiques officielles, de 3.520.000 bouteilles en 1931 et de 1.077.000 bouteilles en 1935.

Elles préparent, en outre, de la glace et de l'eau gazeuse.

La Compagnie Sucrière Congolaise possède, dans le Bas-Congo, à Moerbeke-Kwilu, une concession de 40.000 Ha. pour la culture méthodique de la canne à sucre et y a mis en marche, en 1929, une usine d'une capacité de production de 12.000 tonnes par an de sucre cristallisé. Sa production s'est élevée en 1935 à 8.474 tonnes, dont, d'après les statistiques officielles, 94 % ont été exportés pour une valeur d'environ 12.000.000 de francs.

Les mélasses sont utilisées par la Société comme engrais potassiques.

Les savonneries sont nombreuses sur toute l'étendue du territoire congolais. Il serait fastidieux de vouloir les citer et difficile de dire leur capacité de production. Notons seulement que, d'après les statistiques officielles, leur production, entièrement destinée à l'usage local, aurait été de 1.765 tonnes de savon en 1931 et de 2.860 tonnes en 1935.

Nous ne mentionnerons que pour mémoire la fabrication de chaux et la fabrication de charbon de bois, qui se font en de nombreux points de la Colonie, sans récupération des sous-produits et qui constituent des industries trop élémentaires pour que nous nous étendions à leur sujet.

Par contre, nous ferons une mention spéciale d'un

effort intéressant fait par la Société des Pétroles du Congo, qui a construit, à Léopoldville, une usine pour le cracking du gaz-oil et du fuel-oil, capable de traiter 20 tonnes de produits par jour et de rectifier et raffiner l'essence produite. Alors que toutes les autres industries installées dans la Colonie sont destinées à traiter principalement des matières premières locales, la présente usine est une usine de *transformation* qui importe ses matières premières ainsi que les produits chimiques nécessaires au raffinage. La raison d'être de cette industrie se trouve dans le fait qu'une pipe-line lui permet d'importer sa matière première principale (mazout et gaz-oil) moyennant des frais de transport très inférieurs à ceux dont est grevée l'essence. Cette économie de frais de transport doit, en principe, compenser l'excédent de prix de revient de l'essence produite à Léopoldville. Je ne sais si l'on peut affirmer que l'installation au Congo de cette première industrie de transformation soit jusqu'à présent un succès économique, mais il est intéressant qu'elle existe, car elle pourra peut-être un jour être adaptée au traitement de matières premières congolaises, d'origine végétale ou autre.

Les industries dont nous avons parlé ci-dessus, quoique relevant de la compétence des chimistes, ne sont pas considérées dans le langage courant comme des « industries chimiques ».

Nous arrivons enfin aux quelques industries que le public nomme vraiment « chimiques ».

Une seule société au Congo s'en occupe exclusivement : la SOGECHIM, « Société Générale Industrielle et Chimique du Katanga ».

Avant de parler plus longuement de celle-ci, disons un mot de quelques industries chimiques faites accessoirement par d'autres sociétés.

Nous citerons :

La production d'oxygène par l'Union Minière du Haut-Katanga, d'abord à Elisabethville en 1924, par électrolyse de l'eau; puis à Jadotville, depuis 1927, par compression de l'oxygène atmosphérique; cette installation est également capable de produire l'oxygène liquide.

La production d'oxygène et celle d'acétylène dissous (au départ de carbure importé) par la CHANIC, à Léopoldville, depuis 1930.

La production de cheddite par l'Union Minière, à Kakontwe, depuis 1926, installée pour produire 100 tonnes par mois, et dont nous parlerons plus loin.

La production de carbure de calcium par la SIMKAT, à Lubudi, laquelle est installée pour produire 3.000 kg. de carbure par jour.

La production d'essences brutes de fleurs dans l'Ituri, qui aurait permis d'exporter 750 kg. d'essences en 1935.

Nous arrivons enfin aux productions de la SOGECHIM, dont nous parlerons plus longuement.

La *Société Générale Industrielle et Chimique du Katanga* (SOGECHIM) est, comme nous l'avons dit, la seule société établie au Congo dans le but d'y pratiquer l'industrie chimique.

C'est en 1926 qu'elle a été constituée (d'abord sous forme de syndicat). A ce moment, la prochaine mise en marche de l'usine de lixiviation et de l'usine de flottation de l'Union Minière allait faire naître de grands besoins en acide sulfurique et acide oléique.

LA SOGECHIM fut constituée pour produire ces acides et avec l'espoir que ce premier noyau d'industries chimiques pourrait ensuite donner naissance à de nouvelles fabrications chimiques utiles à l'économie coloniale.

A l'heure présente, SOGECHIM fabrique, à Jadotville, des acides sulfurique et chlorhydrique, des acides gras, de

la glycérine, du chlorate de soude, de la soude caustique, des désinfectants et divers produits chlorés.

Nous dirons quelques mots de chacune de ces fabrications :

L'*Usine d'acide sulfurique* de la SOGECHIM, mise en marche en 1929, utilise le procédé de catalyse par le platine et a une capacité de production de 30.000 tonnes d'acide monohydrate par an.

La matière première utilisée jusqu'à ce jour est du soufre natif, importé du Texas ou de Sicile.

Pour comprendre l'utilité qu'il y a à fabriquer l'acide sulfurique sur place au moyen d'une matière première importée de si loin, au lieu d'importer l'acide sulfurique de Belgique, il suffit de remarquer qu'une tonne de soufre permet de fabriquer près de trois tonnes d'acide et que, d'autre part, les tarifs de transport pour le soufre sont très inférieurs aux tarifs appliqués aux acides; ainsi, tandis que le prix de transport d'une tonne d'acide sulfurique de Belgique au Katanga est de 2.250 francs, le prix de transport d'Amérique au Katanga de la quantité de soufre nécessaire à produire cette tonne d'acide n'est que de 260 francs. Ceci explique qu'il ait pu être utile de transporter d'Amérique jusqu'au Katanga quelque 25.000 tonnes de soufre depuis 1929 jusqu'à ce jour.

Ce mouvement d'importation prendra vraisemblablement fin dans le courant de l'année 1937, parce que le sous-sol katangais va enfin procurer un approvisionnement économique en soufre local.

Ce soufre sera fourni sous forme de blendes que l'Union Minière va obtenir comme résidu d'une flottation différentielle d'un minerai mixte de cuivre et de zinc. L'installation nécessaire au grillage de ces blendes est actuellement en montage à la SOGECHIM.

Grâce à cette nouvelle matière première, le Katanga disposera bientôt d'acide sulfurique à bon marché, ce qui

peut ouvrir la porte à de nouveaux développements industriels.

L'acide sulfurique produit par la SOGECHIM peut être livré sous forme d'acide industriel, d'acide pur pour laboratoire et accumulateurs, et d'oléum.

L'*Usine d'hydrolyse* de la SOGECHIM, mise en marche en 1928, est outillée pour hydrolyser les huiles végétales (palme, arachides, maïs, etc.) et ainsi opérer la séparation entre les constituants de ces huiles, à savoir les acides gras et la glycérine.

Son but initial était d'obtenir l'ensemble des acides gras de l'huile de palme, sans opérer de séparation entre ceux-ci et sans récupérer la glycérine.

En 1931, a été ajoutée une installation permettant d'opérer une séparation entre les acides gras fluides (acide oléique) et les acides gras concrets (acides palmitique et stéarique).

Enfin, en 1936, a été montée une installation de concentration des eaux glycérineuses permettant de récupérer et d'exporter la glycérine. Il est intéressant d'indiquer que cette exportation, qui était impossible il y a quelques années, par suite de coûts de transport prohibitifs, est devenue possible par l'établissement des tarifs de transport à échelle mobile, fonction du prix du produit exporté.

L'*Usine à chlorate de soude* de la SOGECHIM fut mise en marche en 1937. Elle produit le chlorate par électrolyse du chlorure de sodium, dans des cellules qui ont été conçues et mises au point par les services de la Société.

Le but principal de cette fabrication nouvelle est d'abaisser le prix des explosifs de mine au Katanga.

En effet, l'explosif qui y est le plus employé est la cheddite. Celle-ci est un mélange qui contient essentiellement du chlorate de soude et accessoirement un peu de binitrotoluène, d'huile de ricin ou paraffine, etc.

Or, une première mesure adoptée pour abaisser le prix des explosifs au Katanga fut, en 1926, la construction par l'Union Minière, à Kakontwe, d'une fabrique de cheddite, organisée pour effectuer le mélange et l'encartouchage des matières constituantes importées d'Europe; l'économie ainsi réalisée résulte de la différence des tarifs de transport appliqués, d'une part, aux explosifs et, d'autre part, à leurs constituants non détonnants.

Depuis lors, en 1934, fut réalisée la production sur place de l'huile de ricin.

Enfin, depuis 1936, voici que le chlorate est également produit localement, dans la nouvelle usine de la SOGE-CHIM, au moyen d'énergie électrique provenant des Chutes Cornet, et de chlorure de sodium, dont une partie au moins est fournie par les salines katangaises.

Il est intéressant de signaler que l'éventualité de fabriquer du chlorate au Katanga avait déjà été étudiée par la SOGECHIM vers 1929. Les circonstances économiques, qui avaient alors empêché la réalisation de ce projet, ont évolué depuis lors dans un sens favorable à cette nouvelle industrie : une partie des immeubles et du matériel a pu être trouvée à bon compte au Katanga, le coût des matières premières et de la main-d'œuvre indigène est descendu de moitié; enfin, l'énergie électrique nécessaire à cette fabrication est maintenant obtenue à un prix très inférieur à ce qu'elle aurait coûté en 1929.

Une *installation d'électrolyse*, de chlorure de sodium pour la production d'*acide chlorhydrique synthétique* et de *soude caustique* est annexée à l'usine à chlorate.

Cette installation produit, en outre, des hypochlorites, du chlorure de chaux, du chlorosulfate ferrique, etc.

Nous venons de faire sommairement le tour des industries chimiques qui existent déjà au Congo.

Disons quelques mots d'industries chimiques que l'on

aimerait y voir naître, mais qui sont restées impossibles jusqu'à ce jour, et principalement l'industrie des engrais et celle des carburants de remplacement.

Les *engrais chimiques* permettraient d'augmenter largement le rendement des cultures congolaises s'ils pouvaient être mis à bon compte à la disposition de l'agriculture.

Le Gouvernement favorise leur importation en les exemptant de tout droit d'entrée et en leur assurant des tarifs de transport de faveur (ils ne paient que 700 francs à la tonne, d'Anvers à Jadotville). Mais ces conditions sont encore trop onéreuses, puisque, de 1930 à 1935, en six années, l'importation d'engrais de toute notre vaste Colonie n'a pas même atteint 1.000 tonnes. (Sur ce total, environ 1/5 a été importé par la SOGECHIM, agissant comme distributeur parmi les agriculteurs du Katanga).

Devant les besoins d'engrais de l'agriculture congolaise et le prix excessif des engrais importés, on pense naturellement à la fabrication sur place. Hélas! parmi les trois principaux éléments fertilisants : Phosphore, Potasse et Azote, les deux premiers n'existent pas au Congo en quantités exploitables. L'azote y existe à discrétion dans l'atmosphère; mais il est le moins important des trois éléments, car il peut y être suppléé par des engrais verts (les engrais azotés ne représentent que 13 % des importations d'engrais de la SOGECHIM). De plus, la fixation de l'azote atmosphérique demande des usines qui sont actuellement hors de proportion avec le marché local congolais.

En attendant la découverte éventuelle de phosphore et de potasse au Congo, les efforts tentés pour la fabrication locale d'engrais semble devoir se cantonner dans l'utilisation de déchets, par exemple les déchets d'abattoirs, ou encore le phosphore contenu dans des résidus de métallurgie locale, ou la potasse de cendres de bois, etc. Le fait que le Katanga va enfin disposer d'acides à bon marché (sulfurique et chlorhydrique) permettra peut-être l'éta-

blissement de petites fabrications de ce genre; mais on voit qu'il n'est pas question actuellement d'une industrie des engrais chimiques vraiment digne de ce nom.

La fabrication des *carburants synthétiques* sollicite les esprits à la Colonie comme dans tous les pays. Les statistiques montrent que le Congo a importé en 1935 plus de 15.000 tonnes de produits du pétrole, pour près de 30 millions de francs. Quand on constate ce gros tonnage et qu'on pense au prix de vente local de l'essence qui varie, suivant les endroits et le moment, de quelque 2 fr./litre à quelque 5 fr./litre, il semble qu'il y ait place pour une industrie de carburants synthétiques. Quant aux matières premières, elles semblent abonder : charbons de Luena et de Greinerville, schistes bitumineux de Stanleyville, graines de coton, oléagineux et amylicés de toute espèce.

Mais, quand on regarde la question de plus près, le tableau est moins enchanteur : la vaste consommation mentionnée est répartie sur un immense territoire et les prix élevés de l'essence résultent uniquement des frais de transport. Or, quel que soit l'endroit où une usine de carburants s'établirait, la zone géographique dans laquelle elle pourrait vendre sa production (pour ne pas subir elle-même de gros frais de transport) n'est qu'une faible partie du Congo et la consommation est trop petite pour une unité de production économique.

Personnellement, nous avons étudié déjà toute une série de projets en vue de la production de carburants de remplacement au Katanga et dans les Uellés, notamment la production d'alcool absolu (à mélanger à l'essence), la production de « natalite » (carburant éther-alcool), la distillation à basse température des charbons de Luena, celle des graines de coton, etc. Nous nous sommes chaque fois heurté à des impossibilités économiques. Cela ne nous empêchera pas de continuer périodiquement à réexaminer ce problème avec l'espoir qu'il deviendra un jour soluble,

par le double effet du perfectionnement constant des procédés et du développement des marchés.

Pour terminer cette courte note, je ne crois pas inutile de reproduire ici quelques lignes d'une note que j'avais écrite en 1930, au retour de mon dernier voyage au Congo, pour m'orienter dans la classification des industries que l'on peut espérer implanter au Katanga :

« Le Katanga, tout en ayant une superficie égale à quinze fois celle de la Belgique, n'a qu'une population de dix mille Blancs et un million de Noirs. La base de sa vie économique est la production du cuivre et quelques autres minerais ou métaux. Les autres activités qui s'y développent ne sont justifiées, en dernière analyse, que par les besoins industriels et alimentaires des mines, de la métallurgie, du cuivre et du personnel qui le dessert. La clientèle intérieure du Katanga est donc très restreinte.

» Quant aux provinces et pays limitrophes du Katanga, ils sont également vastes et peu peuplés. Leurs centres de consommation sont à plusieurs centaines de kilomètres des usines katangaises. Les produits de celles-ci y arrivent grevés de frais de transport déjà élevés; or, à mesure que ces produits s'éloignent des usines et qu'ils subissent des frais de transport de plus en plus onéreux, ils approchent de l'océan et rencontrent les produits d'outre-mer grevés de frais de transport de moins en moins lourds. Aussi, les produits fabriqués au Katanga, qui y battent sur place les produits importés, ne peuvent-ils espérer trouver une clientèle importante à l'exportation vers les pays limitrophes, que dans des cas exceptionnels.

» Toute industrie faite au Katanga est grevée de frais de fabrication beaucoup plus élevés que la même industrie établie en Europe. Le premier établissement d'une usine coûte au Katanga environ deux fois et demie plus cher qu'en Belgique. La main-d'œuvre qualifiée (ouvriers blancs) y coûte environ quatre fois plus cher qu'en Belgique. Un manœuvre noir coûte au Katanga une moitié ou deux tiers de ce que coûte un manœuvre blanc en Belgique; mais il faut couramment deux à trois noirs pour faire le même travail qu'un manœuvre blanc en Belgique. La proportion de Blancs et de Noirs employés dans les industries du Katanga variant entre 1 à 5 et 1 à 10, nous serons

dans une juste mesure en disant que la main-d'œuvre industrielle coûte, dans les centres industriels du Katanga, environ deux à trois fois plus cher qu'en Belgique. Les frais généraux, pour une société industrielle katangaise, sont doubles ou triples de ce qu'ils sont pour une industrie métropolitaine. Enfin, ayant affaire à un marché limité, une industrie katangaise ne peut pas adopter les méthodes de fabrication massive qui abaissent les prix de revient des grosses industries métropolitaines. Au total, toute industrie katangaise est grevée de charges financières et de frais de main-d'œuvre et d'administration deux à trois fois plus élevés que ceux supportés par la même industrie établie en Belgique.

» Les seules industries qui peuvent supporter ce handicap sont :

» Pour l'exportation outre-mer, les industries qui font subir à des minerais ou matières premières locales un traitement qui diminue dans de *grandes proportions* le poids mort à transporter (exemple : fabrication locale du cuivre et de l'huile de palme; exportation sans traitement de la cassitérite, la noix palmiste, etc.).

» Pour la consommation locale, les industries produisant des articles de faible valeur intrinsèque, pour lesquels les frais de transport d'outre-mer représentent *plusieurs fois* le prix d'achat en Europe (bière, ciment, savons ordinaires, acide sulfurique, etc.).

» Encore faut-il se garder de juger une industrie katangaise viable si la marge de protection que lui assurent les tarifs à l'importation n'est pas grande, car cette marge serait susceptible de disparaître à la suite d'une réduction de frets et de tarifs ferroviaires. »

Les chiffres cités ci-dessus étaient exacts en 1930; ils ont dû varier depuis lors, mais la méthode de raisonnement reste vraie et applicable, c'est-à-dire qu'il faut beaucoup de prudence en envisageant des industries nouvelles à la Colonie.

Cependant, la situation évolue : les tarifs de transport ont déjà beaucoup diminué; la différence entre le coût de la vie et de la production au Congo et en Europe est allée en s'atténuant; le développement minier et agricole aug-

mente les besoins. Des matières premières nouvelles sont mises à jour ou mises en exploitation.

Ainsi, dans notre petit domaine, bien des modifications sont survenues depuis 1930; des industries, qui étaient économiquement impossibles, sont devenues rentables, telles le chlorate, l'acide chlorhydrique, la glycérine; la mise en exploitation des minerais sulfureux rend bon marché le produit coûteux qu'était l'acide sulfurique, etc.

Cette évolution continuera et, petit à petit, les industries chimiques se développeront au Congo pour satisfaire les besoins croissants de notre Colonie; mais il ne semble pas que, actuellement, doive être envisagé l'établissement au Congo d'industries chimiques pour l'exportation.

**Note sur les études hydrographiques effectuées de 1933 à 1935
dans le Chenal (Couloir).**

(Note de M. E. DEVROEY, présentée par M. E. DE BACKER.)

CHAPITRE I.

HISTORIQUE. — GÉNÉRALITÉS.

Le 9 mars 1877, le premier Européen passait devant le confluent du Kasai, appelé alors Ibari-Nkutu. C'était Stanley, presque au terme de sa traversée du Continent mystérieux et qui venait de Bagamoyo, sur l'océan Indien, qu'il avait quitté le 17 novembre 1874.

Trois ans plus tard, l'enseigne de vaisseau Pierre Savorgnan de Brazza descendait à son tour le fleuve qu'il avait atteint en suivant le cours de la Léfini, pour aller prendre possession, au nom de la France, le 3 octobre 1880, du village de Mfa, sur la rive droite du Stanley-Pool, à l'emplacement de la future Brazzaville.

Engagé par le Comité d'Études du Haut-Congo, Stanley rejoignit le Stanley-Pool en 1881 et y établit une station qu'il appela Léopoldville, « en l'honneur du Souverain qu'il admire et sur l'appui duquel il peut compter ».

Quant à la fondation du poste de Kwamouth, l'honneur en revient au capitaine belge Hanssens, à qui le commandement du Haut-Congo avait été confié pendant l'absence de Stanley, rentré malade en Europe.

Hanssens s'embarqua, le 12 octobre 1882, à bord d'une baleinière, baptisée l'« Éclaireur » ⁽¹⁾ et, avec l'aide de

⁽¹⁾ Le petit vapeur *En-Avant*, qui avait été lancé sur le Pool depuis le 3 décembre 1881, avait été mis hors de service — par malveillance... ou défiance.

Un robinet avait été jeté dans les Cataractes..., où Stanley le retrouva dès son retour (voir LIEBRECHTS, *Souvenirs d'Afrique*, p. 24).

quelques solides pagayeurs, il prit pied à Kwamouth sept jours plus tard et y fit flotter le drapeau étoilé de l'Association Internationale Africaine.

On appelle *Chenal* ou *Couloir* la partie du fleuve Congo, longue de 210 km. environ, comprise entre Tshumbiri, à la sortie du Pool de Sandy-Beach et Maluku, à l'entrée du Stanley-Pool (voir pl. 1).

En amont de Tshumbiri, les rives sont basses et uniformes et distantes souvent de 10 à 15 km. et même plus.

En bateau, on les aperçoit rarement toutes les deux à la fois, tant les îles sont nombreuses, atteignant jusqu'à 50 km. de longueur.

Mais dès qu'on est sorti du Pool de Sandy-Beach, à 63 km., au Sud de Bolobo, le paysage se modifie. Les îles et les bancs de sable se raréfient, le courant s'accélère, les rives deviennent mamelonnées et se resserrent à 3 km. et moins.

A cet endroit se rencontrent les premiers contreforts de la chaîne côtière des monts de Cristal et c'est par une véritable fissure dans ce massif rocheux que l'ancien lac du Centre-Africain — dont les lacs Tumba et Léopold II constituent des vestiges — s'est frayé une issue vers l'océan.

A Kwamouth, par une crevasse d'un demi-kilomètre de largeur, le Kasai vient jeter ses eaux limoneuses dans les flots brunâtres du fleuve et le mélange n'est accompli qu'après plusieurs kilomètres.

Le fleuve se resserre encore; sa largeur se réduit, par places, à 800 m., où la plus grande profondeur sondée a été de 56 m.

Il roule ses eaux impétueuses entre des parois rocheuses à pic sur 100 m. et plus, ou échancrées par de courtes vallées transversales.

Chaque jour, à partir de 9-10 heures du matin et surtout en saison sèche, la brise se lève, du secteur S.-S.-O. et

fait moutonner les lames de façon parfois inquiétante pour les petites unités à la descente.

La population est faible et groupée autour de quelques postes à bois.

La forêt alterne avec la savane herbeuse, où les panaches des borassus jettent une note plus sombre.

La rive française semble plus boisée, mais, en avion, on constate que les réserves sont plus fortes du côté belge, où elles s'étendent vers l'intérieur.

Les fonds sont stables et la position des écueils peut être déterminée de façon définitive.

A la sortie du Chenal, le fleuve s'épanouit dans le vaste Stanley-Pool.

La première reconnaissance sérieuse du Chenal fut effectuée en 1910-1911 par la Mission hydrographique Congo-Ubangi, sous la direction de M. Roussilhe, ingénieur-hydrographe de la marine française. Le rapport de mission fut édité en 1913 (Larose, Paris, 2 vol.).

Cependant, faute d'une triangulation, les obstacles rocheux ne pouvaient être repérés de façon précise et durable.

C'est en vue d'effectuer ce repérage et d'accroître ainsi la sécurité de la navigation, que le Service des Voies navigables a entrepris le levé de cette région. Le programme fut tracé en février 1933, par M. Vanderlinden, ingénieur-directeur du dit service.

Les études furent entamées en mars 1933; le levé terminé en avril 1934 jusqu'à Kwamouth, confluent du Kasai et, en juillet 1934, jusqu'à Tshumbiri, entrée du pool de Sandy-Beach. On procéda alors, jusqu'en mai 1935, au chalutage des roches et le balisage fut terminé pour août 1935.

La brigade d'études fonctionna sous l'autorité de M. E. Heris, hydrographe-adjoint, jusqu'au 24 avril 1934, de M. V. Ossossoff, hydrographe principal, ensuite.

La présente note a pour objet d'exposer les méthodes suivies au cours de ces travaux et d'en discuter les résultats.

Nous examinerons successivement pour le tronçon Maluku-Kwamouth : la triangulation et la topographie; le nivellement; les sondages; l'étude du régime du fleuve; la recherche des roches; le balisage; les résultats au point de vue de la navigation.

Une note-annexe montrera comment les résultats obtenus ont été étendus en amont de Kwamouth jusqu'à Tshumbiri.

CHAPITRE II.

TRIANGULATION ET TOPOGRAPHIE.

1^o Triangulation principale préexistante.

Une triangulation du Chenal avait été exécutée en 1932 par la Mission cartographique du Kasai (M.C.K.).

Cette chaîne principale est comprise entre les bases de Ndolo (à Léopoldville) et de Berghe-Sainte-Marie (au confluent du Kasai, sur la rive droite de cet affluent).

Les coordonnées rectangulaires ont été calculées en partant de la base de Berghe. Elles sont rapportées dans la partie Nord au terme Est de cette base, dans la partie centrale au point L' et dans la partie Sud, au signal R (Gafula).

La mission terminée, tous les points ont été recalculés en coordonnées géographiques en partant des valeurs de la base de Ndolo.

Les mesures avaient été effectuées avec 16 calages (8 cercles à droite, 8 cercles à gauche).

La fermeture sur la base de Berghe a donné les résultats suivants :

Longueur de la base :

par mesure directe	1100,2708 m.
par la triangulation	1100,1337 m.

Azimut de la base :

par observation astronomique . . . 249°08'08''7.
par la triangulation 249°07'58''9.

Il ne fut procédé à aucune compensation.

Le but poursuivi en établissant cette chaîne principale était de rattacher la triangulation du Kasai (Port-Francqui-Kwamouth) à celle effectuée par la Mission cartographique du Bas-Congo (M.C.B.C.) (Banana-Léopoldville). Les sommets étaient situés sur des collines, dominant le fleuve de quelque 200 m.

Afin de faciliter le rattachement des levés ultérieurs du Service hydrographique à ce réseau, des bases auxiliaires avaient été installées à proximité de la rive; la longueur et l'azimut de ces bases furent déduits des coordonnées de leurs termes.

La position de ces bases auxiliaires est figurée sur le plan d'ensemble du Chenal (pl. 1)

2° Triangulation effectuée par la brigade d'études.

La mesure des angles fut effectuée avec 4 calages (2 cercles à droite, 2 cercles à gauche) au théodolite Wild, petit modèle, donnant directement la lecture moyenne des deux verniers; la graduation de 10 en 10 secondes sexagésimales permet d'apprécier la seconde.

La fermeture des triangles s'effectua à 3'' près, en moyenne.

La jonction des chaînes partielles fit apparaître les écarts de fermeture suivants, par rapport aux coordonnées fournies par la M. C. K. :

Premier tronçons (17 km), base de départ $F'F'_1$, arrivée en A avec un écart de 0^m00 en x et 0^m03 en y ;

Deuxième tronçon (26 km.), bases de départ $F'F'_1$ et $J'J'_1$, jonction au point 18 avec un écart de 0^m82 en x et 0^m38 en y ;

Troisième tronçon (22 km.), bases de départ $J'_1J'_2$ et

$M'_1M'_2$, jonction au point 53 avec un écart de 1^m72 en x et 0^m16 en y ;

Quatrième tronçon (20 km.), bases de départ $M'_1M'_2$ et $P'_1P'_2$, jonction au point 66 avec un écart de 0^m81 en x et 1^m31 en y ;

Cinquième tronçon (15 km.), base de départ $P'_1P'_2$, arrivée en e_1 avec un écart de 0^m33 en x et 1^m15 en y ;

Sixième tronçon (19 km.), base de départ e_1e_2 , arrivée en b_1 avec un écart de 1^m83 en x et 0^m76 en y ;

Septième tronçon (25 km.), base de départ b_1b_2 , arrivée au sommet 2 (M. C. B. C.) avec un écart de 0^m53 en x et 0^m46 en y .

Bien que la plus grande erreur soit inférieure à 2 m. et représente donc moins de 0,2 mm. à l'échelle de la minute de travail ($1/10,000^e$), il fut procédé à un ajustement, par répartition de l'erreur, proportionnellement à la distance à l'origine.

Chaque sommet de la triangulation est matérialisé sur le terrain par une borne en béton de $0,25 \times 0,25$ m., dans laquelle est encastré un tube en acier.

L'annexe n° 2 donne les coordonnées rectangulaires des points, calculées dans deux systèmes d'axes rectangulaires:

a) Système amont.

Origine : terme Est Θ de la base de Berghe-Sainte-Marie.

Longitude : $16^\circ 12' 17'' 473$ Est.

Latitude : $3^\circ 09' 46'' 471$ Sud.

Log de la base $\Theta \Theta'$: 3.0414475.

Gisement de la base $\Theta \Theta'$, sur l'horizon de Θ , compté à partir du Nord : $249^\circ 07' 58'' 9$.

b) Système aval.

Origine : terme Est e_1 de la base auxiliaire de Black River.

Longitude : $15^\circ 51' 47'' 271$ Est.

Latitude : $3^\circ 58' 04'' 824$ Sud.

Log de la base $e_1 e_2$: 3.4729674.

Gisement de la base $e_1 e_2$, sur l'horizon de e_1 , compté à partir du Nord : $250^\circ 34' 20'' 0$.

Les formules de transformation sont les suivantes :

a) Passage du système amont au système aval :

$$X'' = 37.982,80 + X' + 0,000\ 373\ Y'$$

$$Y'' = 89.021,20 + Y' - 0,000\ 373\ X'$$

b) Passage du système aval au système amont :

$$X' = -37.949,60 + X'' - 0,000\ 373\ Y''$$

$$Y' = -89.035,20 + Y'' + 0,000\ 373\ X''$$

La valeur de la convergence des méridiens entre les deux origines Θ et e_1 est $1' 17''$.

3^o Topographie.

Les repères de sondage, installés à la rive et consistant généralement en une planchette fixée sur un arbre, furent déterminés au sextant et reportés graphiquement sur les minutes au $1/10.000^e$.

Pour la partie comprise entre Black River et Maluku, des photos aériennes prises à bord d'un avion Sabena par l'opérateur de cette Société furent utilisées pour le tracé des détails de rive.

Les rives (berge ou limite de la végétation) furent levées au sextant; la configuration des versants est schématisée par des courbes de forme.

Ces travaux donnèrent lieu à l'établissement de 12 feuilles de minute au $1/10.000^e$.

CHAPITRE III.

NIVELLEMENT.

1^o Données antérieures.

Les missions cartographiques du Kasai et du Bas-Congo effectuèrent leurs nivellements trigonométriques en partant de cotes arbitraires :

$z = 400,00$ pour les bornes A et B de Port-Francqui, de la chaîne du Kasai et du Chenal.

$z = 649,70$ pour le sommet R (Gafula), de la chaîne Banana-Stanley-Pool.

A l'arrivée de cette dernière chaîne à Banana, il apparut que le niveau moyen de l'océan (cote 0,85 de l'échelle de Banana, dont le zéro se trouvait à ce moment à 2^m38 sous la plaque de cuivre encastrée dans la borne-repère) correspondait à la cote 11,80 m.

En conséquence, toutes les cotes furent diminuées de cette quantité et l'on a donc comme cote définitive de R (Gafula) 637,90 m.

D'autre part, la jonction des deux chaînes sur le sommet « 2 » (rive française à la sortie du Chenal) fit apparaître une discordance de 19^m50. Cette correction s'ajoutant à la première, il faut retrancher 31^m30 de toutes les cotes du Kasai et du Chenal.

Ces corrections effectuées, on obtient un système cohérent s'étendant de l'océan à Port-Francqui.

Le rattachement à ce système de celui adopté pour les levés locaux de Léopoldville peut s'effectuer comme suit :

Le système local est défini par deux repères :

Face supérieure d'une pierre de parement encastrée dans l'ancien mur de quai de Léopoldville-Ouest et portant l'inscription gravée « Septembre 1904 — Mahieu fecit », cote 299,77;

Repère de la Douane à Léopoldville-Est (Kinshasa), cote 306,50.

Le point de triangulation R₁₁ de la Mission cartographique a été rattaché par nivellement géométrique au premier de ces repères. Il a dans ce système, la cote 377,20 et, dans celui de la Mission cartographique (corrigé pour ramener le zéro au niveau moyen de l'océan), la cote 359,10. Les cotes du système local doivent donc être diminuées de 18^m10.

M. Roussilhe a admis 289,00 pour le zéro de l'échelle de Brazzaville. Ce point avait dans le système local de Léopoldville la cote 295,69, soit une différence de 6^m69 (Mis-

sion hydrographique Congo-Ubangi-Sanga; rapport d'ensemble, t. II, p. 22).

Le passage des cotes Roussilhe aux cotes du système Bas-Congo-Kasai se fait donc en retranchant des premières $18^m10 - 6^m69 = 11^m41$.

2° Nivellement trigonométrique effectué par la brigade d'études du Chenal.

Les sommets de la triangulation de 3^e ordre effectuée par la brigade d'études du chenal furent reliés entre eux par nivellement trigonométrique, également au théodolite Wild (petit modèle).

Il fut effectué quatre pointés dans chaque position de l'instrument (zéro du cercle horizontal à droite et à gauche). La graduation du cercle vertical est telle que l'angle que la visée moyenne fait avec l'horizontale s'obtient par différence des deux moyennes; le cercle étant gradué en doubles unités, cette différence ne doit pas être divisée par 2 (voir modèle de cahier d'observation, fig. 1).

Les observations furent réciproques mais non simultanées. Les plus longs côtés de la chaîne ayant 3 à 4 km., l'erreur due à la variation de réfraction est négligeable.

On peut, en effet, admettre que le coefficient de réfraction n est, en tous cas, compris entre 0,05 et 0,09.

Le tableau n° 1 donne la correction, exprimée en mètres, à apporter aux différences de niveau, pour tenir compte de la courbure terrestre et de la réfraction, pour ces valeurs extrêmes de n et pour la valeur moyenne 0,07.

On voit que l'écart entre les valeurs de la correction à apporter pour les valeurs extrêmes de n et celle correspondant à la valeur moyenne n'excède pas 0^m06, ce qui correspond à un angle inférieur à 2'' pour une visée de 4,000 m. Les erreurs pouvant résulter de la variation de la réfraction sont donc du même ordre de grandeur que les erreurs d'observation.

La figure n° 2 donne la valeur de la correction à apporter, en fonction de la longueur du côté, pour $n=0,07$.

Points visés		5	6	4	
Station au sommet 3	Cg	89° 59' 44"	90° 02' 10"	89° 58' 10"	
		44	09	08	
		47	11	11	
		46	10	10	
$h_1 = .1, 42$		181	40	40	
$h_2 = .1, 84$	Cd	90° 01' 17"	89° 58' 58"	90° 02' 58"	
		15	58	59	
		17	57	58	
		15	58	03 00	
		64	231	235	
	Zd	90° 01' 16"	89° 58' 58"	90° 02' 59"	
	Zg	89° 59' 45	90° 02' 10	89° 58' 10	
	Z	+ 0° 01' 31"	- 0° 03' 12"	+ 0° 04' 49"	
	Points visés		2	1	
	Station au sommet 3 (suite)	Cg	89° 59' 11"	90° 02' 08"	0' 0"
12			08		
12			11		
15			11		
$h_1 = . . .$		48	38		
$h_2 = . . .$	Cd	90° 01' 55"	89° 58' 56"	0' 0"	
		52	59 00		
		52	58 57		
		52	56		
		209	229		
	Zd	90° 01' 52"	89° 58' 57"	0' 0"	
	Zg	89° 59' 12	90° 02' 09		
	Z	+ 0° 02' 40"	- 0° 03' 12"	0' 0"	

FIG. 1. — Observation des angles verticaux.

TABLEAU N° 1.

Correction à apporter aux différences de niveau.

Longueur du côté.		1,000	2,000	3,000	4,000	5,000
		mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Courbure seule.	$n : 0$	0,08	0,31	0,71	1,25	1,96
Courbure et réfraction.	$n : 0,05$	0,07	0,28	0,63	1,13	1,76
	$n : 0,07$	0,07	0,27	0,61	1,08	1,68
	$n : 0,09$	0,06	0,26	0,57	1,02	1,61

La différence entre les résultats obtenus par deux visées réciproques ($2 \delta h$) doit être sensiblement égale au double de la correction fournie par ce graphique ($2 \delta ht$); les modèles de calculs (fig. 3) font apparaître des écarts entre $2 \delta h$ et $2 \delta ht$ de 0^m14 et 0^m04 ; ces écarts sont parfaitement admissibles.

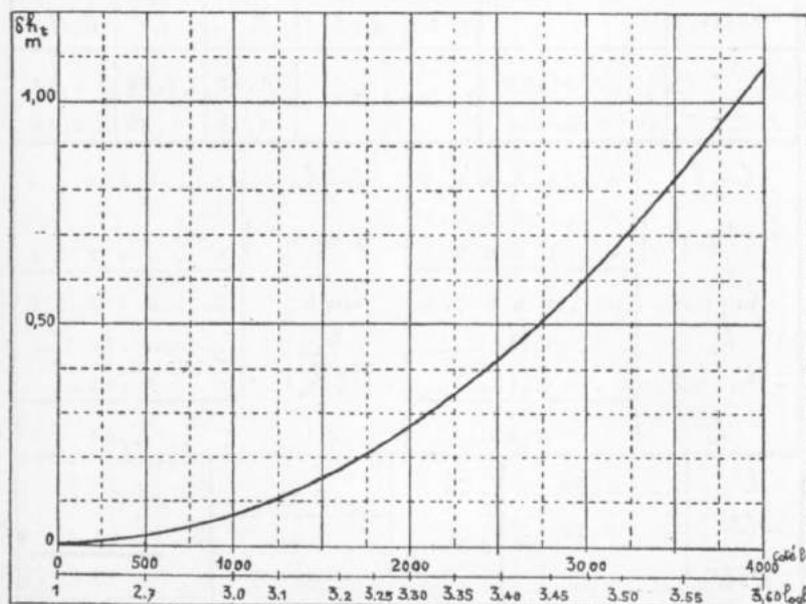


FIG. 2. — Correction δht à apporter aux différences de niveau pour tenir compte de la courbure terrestre et de la réfraction ($n=0,07$).

Visées	z	log côté l	h_1	h_2	$h_2 - h_1$
8 → 2	$z' = 0.06.45''$	3.28466	-1,41	1,88	0,47
2 → 8	$z'' = 0.05.15''$		-1,25	2,00	0,75
log l	3, 2, 8, 4, 6, 6	log l	3, 2, 8, 4, 6, 6		
log $\log z'$	2, 4, 0, 7, 4, 6	log $\log z''$	2, 4, 9, 8, 3, 1		
log h_1	4, 6, 8, 5, 0, 7	log h_2	4, 6, 8, 5, 5, 7		
h_0	0, 5, 7, 7, 6, 9	log h_0	0, 4, 6, 8, 5, 4		
$-(h_2 - h_1)$	3, 78	h_0''	-2, 99		
h_1	-0, 47	$-(h_2'' - h_1'')$	-0, 75		
	3, 31	h_1''	-3, 69		
h_1	3, 31	2 Sh	-0, 36	$h = 3,50$	
$-h_1''$	3, 69	2 Sh _v	-0, 50		
$h_1 - h_1''$	7, 00				
Visées	z	log côté l	h_1	h_2	$h_2 - h_1$
9 → 7	$z' = 0.01.53''$	3.42971	-1,36	1,88	0,52
7 → 9	$z'' = 0.01.36''$		-1,19	1,85	0,66
log l	3, 4, 2, 9, 7, 1	log l	3, 4, 2, 9, 7, 1		
log $\log z'$	2, 0, 5, 3, 0, 8	log $\log z''$	6, 6, 6, 7, 8, 5		
log h_1	4, 6, 8, 5, 5, 7	log h_2	0, 0, 5, 7, 2, 8		
h_0	0, 1, 6, 8, 3, 6	h_0''	-1, 25		
$-(h_2 - h_1)$	1, 47	$-(h_2'' - h_1'')$	-0, 66		
h_1	-0, 52	h_1''	-1, 91		
	0, 95				
h_1	0, 95	2 Sh	-0, 96	$h = 1,43$	
$-h_1''$	1, 91	2 Sh _v	1, 00		
$h_1 - h_1''$	2, 86				

FIG. 3. — Calcul des différences de niveau.

Chaque point a, en règle générale, été déterminé à partir de deux points connus; on a obtenu pour sa cote deux valeurs dont on a adopté la moyenne.

Le tableau n° 2, relatif au calcul du tronçon de chaîne compris entre les sommets A et F₁, montre que les écarts entre les deux résultats sont de l'ordre de 0^m10; on peut admettre que chaque moyenne est exacte à 0,07 ou 0,08 m. près et que la différence de niveau A—F₁ est connue à 0^m25 près, pour une distance de 20 km., soit une erreur de l'ordre de 1 cm. par km.

TABLEAU N° 2.

Cote de départ Z_A = 337,65 (chaîne du Kasai).

Côté.	Cote connue.	Différence.	Somme.	Cote admise.
A — 10	337,65	— 17,30	320,35	Z ₁₀ = 320,35
A — 9	337,65	— 17,06	320,59	Z ₉ = 320,59
9 — 8	320,59	— 2,27	318,32	
A — 8	337,65	— 19,30	318,35	Z ₈ = 318,34
10 — 7	320,35	1,58	321,93	
9 — 7	320,59	1,43	322,02	
8 — 7	318,34	3,50	321,84	Z ₇ = 321,93
8 — 6	318,34	— 0,78	317,56	
7 — 6	321,93	— 4,26	317,67	Z ₆ = 317,61
6 — 5	317,61	4,27	321,88	Z ₅ = 321,83
5 — 3	321,88	— 1,49	320,39	
6 — 3	317,61	2,94	320,55	Z ₃ = 320,47
3 — 4	320,47	1,74	322,21	
5 — 4	321,88	0,46	322,34	Z ₄ = 322,27
4 — 1	322,27	— 4,76	317,51	
3 — 1	320,47	— 3,05	317,42	Z ₁ = 317,46

Côté.	Cote connue.	Différence.	Somme.	Cote admise.
1 - 2	317,46	4,46	321,92	
3 - 2	320,47	1,45	321,92	$Z_2 = 321,92$
1 - IV	317,46	5,13	322,59	
2 - IV	321,92	0,59	322,51	$Z_{IV} = 322,55$
IV - f'	322,55	- 4,61	317,94	
1 - f'	317,46	0,42	317,88	$Zf' = 317,91$
f' - Vbis	317,91	0,22	318,13	$ZVbis = 318,13$
Vbis - f3	318,13	1,60	319,73	
IV - f2	322,55	- 3,75	318,80	
f2 - f3	318,80	0,93	319,73	$Zf3 = 319,73$
f3 - F' ₁	319,73	23,26	342,99	
Vbis - F' ₁	318,13	24,76	342,89	$ZF'_1 = 342,94$

Cette erreur est du même ordre de grandeur que celle qui aurait entaché un nivellement géométrique effectué dans ce pays tourmenté. Le nivellement géométrique aurait d'ailleurs nécessité des débroussements considérables et les dépenses que ce travail aurait entraînées eussent été hors de proportion avec le but à atteindre.

La chaîne de la brigade d'études a été calculée de l'amont vers l'aval, en partant de la cote fournie par la chaîne du Kasai pour A (337,65) jusqu'en P'₂, et en partant de la cote fournie par la Mission cartographique pour P'₂ (338,42) jusqu'en b₂.

Le tableau n° 3 donne la comparaison des cotes trouvées par la Mission cartographique et par la brigade d'études du Service hydrographique pour les points communs aux deux chaînes.

Bien que l'écart crût assez régulièrement à mesure que l'on s'éloigne du point de départ, ce qui pourrait

faire croire à une erreur systématique, il n'a pas été possible d'en déceler l'origine.

Si l'on fait le rapprochement entre les différences et la longueur des tronçons, on obtient :

de A à J'_2 0^m82 pour 38 km., soit 2,2 cm./km.;

de J'_2 à P'_2 0^m23 pour 50 km., soit 0,5 cm./km.;

de P'_2 à b_2 0^m25 pour 31 km., soit 0,8 cm./km.

TABLEAU N° 3.

Points.	M. C.	S. H.	Différence.
A	337,65	337,65	—
IV	322,27	322,55	- 0,28
F'_1	343,28	342,94	0,34
J'_2	324,74	323,92	0,82
J'_1	359,14	358,37	0,77
M'_1	323,68	322,94	0,74
M'_2	318,86	318,18	0,68
P'_1	323,82	322,87	0,95
P'_2	338,42	337,37	1,05
P'_2	338,42	338,42	—
e'	393,47	393,20	0,27
e_2	340,98	340,48	0,50
b_1	352,10	351,74	0,36
b_2	324,70	324,45	0,25

Pour les deux derniers tronçons, l'écart est inférieur à l'erreur de 1 cm. par km. que faisait prévoir l'examen des calculs de cotes.

Pour le premier tronçon, au contraire, l'écart est sensiblement plus important.

L'établissement du profil en long du fleuve (voir ci-dessous) fait apparaître, si l'on utilise les données de la Mission cartographique, une pente manifestement trop faible entre J'_2 et A; cette considération relative à la pente nous a fait préférer les cotes de la brigade d'études (S.H.).

Les cotes définitivement admises ont été calculées dans le système de référence de Banana et en partant de la cote de b_2 , déterminée dans ce système par la Mission cartographique (M.C.K.), soit $324,70 - 31,30 = 293,40$.

On obtient ainsi les cotes définitives :

b_2	293,40	M'_1	292,94
e_2	309,43	J'_1	323,37
e_1	362,15	J'_2	293,92
P'_2	307,37	F'_1	312,94
P'_1	292,87	IV	292,55
M'_2	288,18	A	307,65

Nous avons préféré conserver la cote de b_2 plutôt que celle de A, par exemple (qui eût été $337,65 - 31,30 = 306,35$), parce que, en conservant A, nous aurions rejeté toute la discordance sur la partie de la chaîne M.C.K., comprise entre b_2 et Léopoldville.

REMARQUE : Pour le calcul des différences de niveau, on a utilisé les log des côtés tels que les fournit la triangulation, c'est-à-dire réduits au niveau de la mer. Le terme $(1 + \frac{h}{R})$ tenant compte de l'altitude peut, en effet, être négligé, $\frac{h}{R}$ n'atteignant pas $1/20.000^e$ aux altitudes considérées.

CHAPITRE IV.

SONDAGES.

1° Réduction des sondages.

Les sondages ont été réduits à l'étiage conventionnel, correspondant aux basses eaux de 1915. Cette surface de référence passe par le zéro de l'échelle d'étiage de Léopoldville (port public). Elle ne correspond pas aux plus basses

eaux connues (celles-ci se sont produites en 1905 et correspondraient à la cote $-0,46$), mais, depuis 1915, les eaux ne sont plus descendues aussi bas.

Dans le système local du nivellement de Léopoldville, l'étiage conventionnel correspond à la cote $294,90$ à Léopoldville-Ouest et $295,43$ au port public. Cette surface de référence se trouve à 0^m55 plus bas que celle adoptée par la mission Roussilhe en 1911 et qui correspondait à la cote $295,45$ à Léopoldville-Ouest.

Deux points de la surface de référence étaient connus; nous savions, en effet, que le zéro de l'échelle de Léopoldville correspondait aux basses eaux de 1915 et que l'on avait lu à cette époque 0^m80 à l'échelle de Kwamouth.

Pour les points intermédiaires, on a procédé comme suit :

On a installé entre Léopoldville et Kwamouth une dizaine d'échelles d'étiage dont les zéros furent établis à une cote arbitraire (pour le repérage de ces échelles, voir annexe n° 3).

Les lectures effectuées journellement à ces échelles ont permis d'établir des tableaux de concordance, tels que celui ci-après (tableau n° 4).

Les lectures à Kunzulu sont faites le même jour qu'à Kwamouth; celles de Langa-Langa et Maluku, le lendemain; celles de Léopoldville, le surlendemain. Ceci revient à admettre une vitesse de propagation de 100 km. par jour environ (voir chapitre V, *Régime du fleuve*).

En portant sur un graphique (voir fig. 4), en abscisses les lectures de Léopoldville et en ordonnées les lectures à l'échelle considérée, on peut tracer une courbe de concordance; celle-ci, par extrapolation, fournit la lecture « K » de l'échelle considérée qui correspond au zéro de Léopoldville et, par conséquent, à la surface de référence.

On trouve, par exemple, pour l'échelle de Maluku, $K = +0^m40$; pour celles de Langa-Langa, Kunzulu et Kwamouth, respectivement $+0^m20$, -0^m30 et $+0^m80$.

TABLEAU N° 4.

Comparaison des échelles limnimétriques.

Date à Kwamouth.	Hauteur d'eau à				
	Léopold-ville.	Maluku.	Langa-Langa.	Kunzulu.	Kwamouth.
1933					
1 ^{er} juillet	0,80	1,27	1,23	1,02	2,12
16 id.	0,52	0,90	0,88	0,61	1,71
1 ^{er} août	0,39	0,74	0,70	0,36	1,46
16 id.	0,88	1,16	1,35	1,14	2,35
1 ^{er} septembre	1,10	1,33	1,62	1,47	2,70
16 id.	1,62	1,75	2,24	2,20	3,50
1 ^{er} octobre	2,19	2,17	2,96	3,10	4,55
16 id.	2,57	2,40	3,39	3,70	5,24
1 ^{er} novembre.	2,89	2,95	3,66	4,07	6,01
16 id.	3,24	3,04	4,00	4,45	6,24
1 ^{er} décembre.	3,00	3,40	4,45	4,99	6,72
16 id.	3,70	3,46	4,43	4,99	6,74
1934					
1 ^{er} janvier	3,51	3,32	4,27	4,85	6,49
16 id.	3,40	3,26	4,16	4,69	6,26
1 ^{er} février.	1,95	—	2,78	2,97	4,27
16 id.	1,33	—	—	1,84	2,98
1 ^{er} mars	1,15	1,39	1,58	1,46	2,63
16 id.	0,99	1,23	1,38	1,32	2,35
1 ^{er} avril	1,21	1,39	1,65	1,55	2,70
16 id.	1,61	1,78	2,17	2,18	3,35
1 ^{er} mai	2,01	2,12	2,58	2,75	4,00
16 id.	1,56	1,75	2,05	2,18	3,40

Date à Kwamouth.	Hauteur d'eau à				
	Léopoldville.	Maluku.	Langa-Langa.	Kunzulu.	Kwamouth.
1 ^{er} juin	1,53	1,66	1,88	2,12	3,40
16 id.	1,43	1,56	1,74	1,85	3,10
1 ^{er} juillet	1,38	1,53	1,71	1,82	3,11
16 id.	0,88	1,09	1,07	1,04	2,26
1 ^{er} août	1,19	1,35	1,60	1,56	2,81
16 id.	1,25	1,38	1,65	1,55	2,80
1 ^{er} septembre	1,78	1,87	2,31	2,39	3,70
16 id.	2,31	2,35	2,95	3,22	4,65
1 ^{er} octobre	2,66	2,65	—	3,70	5,20
16 id.	2,77	2,75	—	3,80	5,30
1 ^{er} novembre	3,48	3,30	—	4,64	6,30
16 id.	4,20	3,90	—	5,46	7,25
1 ^{er} décembre	4,72	4,29	—	6,12	8,00
16 id.	4,99	4,52	—	6,48	8,37

La valeur trouvée pour K (0,80 m.) à Kwamouth concorde parfaitement avec les observations de 1915.

Il est donc aisé de réduire à l'étiage conventionnel, les sondages effectués aux environs d'une échelle quelconque, car il suffit de retrancher du sondage lu sur la ligne ou la perche de sonde, la lecture de l'échelle d'étiage corrigée de la valeur « K ».

Si la distance à l'échelle est trop considérable, on interpolera entre deux échelles voisines en se basant sur les considérations suivantes :

Pratiquement, on ne sonde qu'aux basses eaux et, en cas de nécessité, aux eaux moyennes; or, dans leur partie inférieure (pour des lectures à Léopoldville inférieures à 2 m.), les courbes de concordance sont sensiblement

rectilignes et l'on peut admettre que la crue en un point quelconque est égale à la crue de Léopoldville multipliée par un coefficient N.

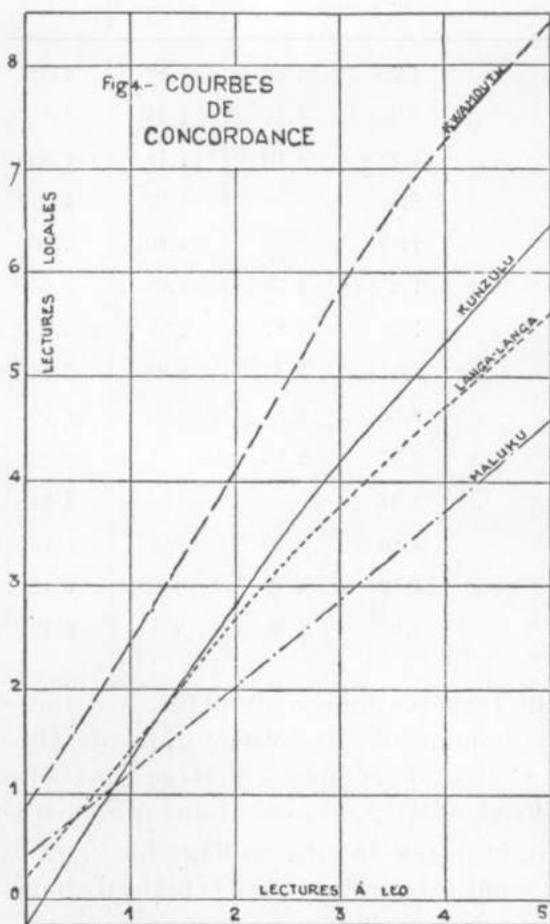


FIG. 4.

On trouve comme valeur de ce coefficient :

A Maluku	0,83	A Kaba	1,47
A Lebila	1,03	A Kunzulu	1,55
A Wendelina	1,12	A Ganchu S.M.	1,61
A Langa-Langa	1,25	A Ngabe	1,65
A l'île Flamini	1,38	A Kwamouth	1,65

Le graphique de la figure 5 donne la variation de N (coefficient d'amplitude des crues) entre Léopoldville et Kwamouth.

La réduction à faire subir aux sondages en un point quelconque est égale à la lecture d'une échelle quelconque, corrigée du terme K et multipliée par le rapport entre les valeurs de N au lieu de sondage et à l'échelle. En pratique, on prendra évidemment l'échelle la plus voisine.

Notons que les considérations qui précèdent sont d'application générale et permettent de rétablir la surface de

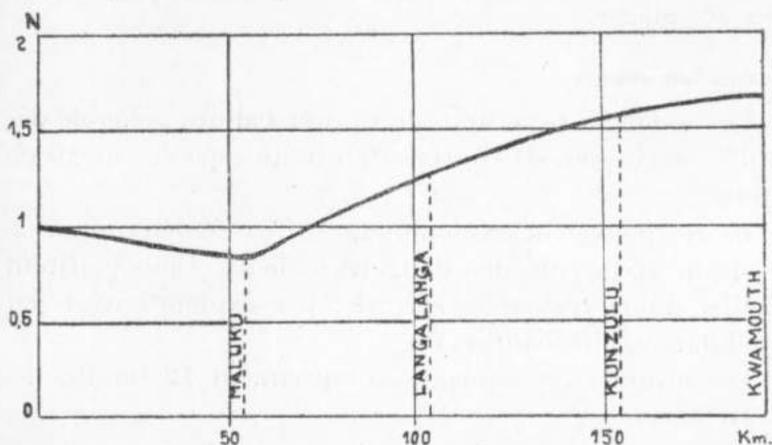


FIG. 5. — Valeur du coefficient N.

référence correspondant à un étiage ancien dont on ne connaît qu'un point. Elles cessent évidemment d'être d'application si un affluent vient rompre la régularité du régime.

2° Organisation des sondages.

Les sondages destinés à fournir le relief général du fond ont été effectués en laissant dériver l'embarcation au moment où le plomb était jeté. Ce plomb, d'un poids de 7 kg., était suspendu à un fil Warluzel, enroulé sur un tambour à manivelles installé dans le canot; la profondeur était mesurée par comptage du nombre de tours.

La grande profondeur (une cinquantaine de mètres) et la vitesse du courant (5 à 6 km./h. en eaux moyennes) auraient rendu trop imprécis les sondages effectués suivant des profils transversaux.

C'est pourquoi on fit décrire à l'embarcation une route en dents de scie, de part et d'autre de l'alignement, dérivant pendant le sondage et remontant ensuite en oblique.

Outre ces sondages généraux, il fut procédé à un levé à la ligne de sonde ordinaire des abords des bancs et des parties de rives à fond de sable, susceptibles de fournir des accostages.

3° Résultats obtenus.

Ces sondages permirent de figurer l'allure générale des fonds, au moyen de courbes de niveau espacées de 10 en 10 m.

Ils ne pouvaient évidemment suffire à déterminer la position et la cote des dangers rocheux. Ceux-ci firent l'objet d'une recherche spéciale, par exploration et par chalutage (voir chapitre V).

Les minutes de sondages comprennent 12 feuilles au 1/10.000°.

CHAPITRE V

LE RÉGIME DU FLEUVE DANS LE CHENAL.

1° Les crues.

Le bassin du Congo étant situé à cheval sur l'Equateur, les saisons pluvieuses et sèches étant alternées sur les parties Nord et Sud du bassin, il en résulte que les variations de débit dans le cours inférieur du fleuve sont relativement peu importantes, si on les compare à celles de fleuves tels que le Nil et le Zambèze, situés entièrement dans un seul hémisphère.

En amont de Kwamouth, l'influence des affluents du Nord (saison sèche et basses eaux dans le premier trimestre) est prépondérante; les plus basses eaux se présentent

en mars; la décrue de juillet-août, due aux affluents du Sud, est moins marquée.

En aval de Kwamouth, le régime est modifié par le Kasai, dont l'étiage se présente pendant le troisième tri-

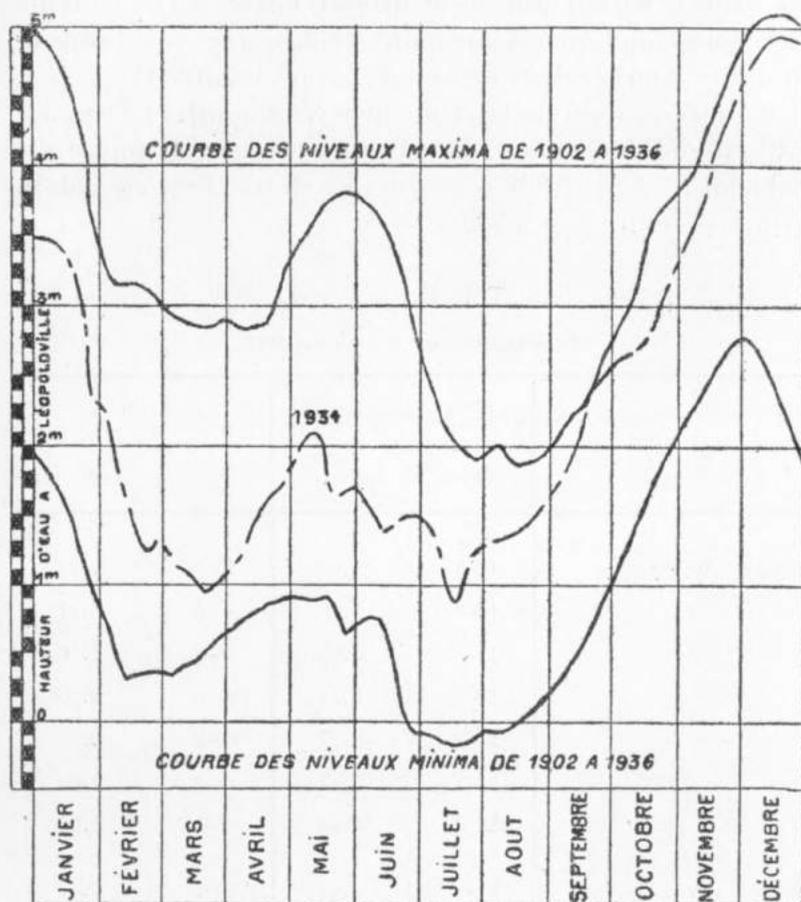


FIG. 6. — Crues du Congo à Léopoldville.

mestre et le niveau minimum du fleuve en aval du confluent se présente en juillet.

De Kwamouth à Léopoldville, le régime est caractérisé par une décrue de janvier à mars, une petite crue en avril, une décrue en juin et juillet (plus basses eaux) et une forte crue de septembre à décembre (plus hautes eaux).

Le graphique n° 6 donne les résultats des observations effectuées à Léopoldville de 1902 à 1936; les niveaux extrêmes sont $-0,45$ et $+5^m15$.

Aucun affluent important ne se jetant dans le fleuve en aval de Kwamouth, les courbes relatives à Léopoldville peuvent s'appliquer à un point quelconque, par l'utilisation des courbes de concordance (voir chapitre IV).

La propagation de la crue entre Kwamouth et Léopoldville prend deux jours, en moyenne, comme le montre le tableau n° 5, qui fait ressortir une durée de propagation comprise entre 1 et 3 jours.

TABLEAU N° 5.

Propagation de la crue en 1933.

ÉPOQUE.	Kwamouth.		Léopoldville.	
	Dates.	Lectures.	Dates.	Lectures.
Basses eaux de mars.	17-3	5,19	19-3	2,58
	18-3	5,16	20-3	2,57
	19-3	5,15	21-3	2,55
	20-3	5,14	22-3	2,55
	21-3	5,17	23-3	2,55
	22-3	5,17	24-3	2,60
	23-3	5,20	25-3	2,61
Basses eaux de juillet.	21-7	1,57	22-7	0,47
	22-7	1,55	23-7	0,45
	23-7	1,52	24-7	0,41
	min.	1,48	min.	0,39
	7-8	1,49	8-8	0,41
	8-8	1,52	9-8	0,45
	9-8	1,62	10-8	0,50

ÉPOQUE.	Kwamouth.		Léopoldville.	
	Dates.	Lectures.	Dates.	Lectures.
Hautes eaux de décembre.	7-12	6,65	10-12	3,67
	8-12	6,68	11-12	3,69
	9-12	6,70	12-12	3,70
	max.	6,75	max.	3,73
	20-12	6,72	21-12	3,71
	21-12	6,70	22-12	3,68
	22-12	6,65	23-12	3,64

2° Les pentes.

La pente du fleuve peut être déterminée en utilisant les données fournies par le nivellement, auquel sont rattachées les échelles d'étiage (voir chapitre III) et par les graphiques de concordance (voir chapitre IV).

Le tableau n° 6 condense ces renseignements.

TABLEAU N° 6.

Km.	POSTE.	Cote du zéro.	Niveau des eaux	
			Basses.	Hautes.
492	Kwamouth	284,61	285,41	292,91
468	Ganchu	284,99	284,59	—
454	Kunzulu	284,27	283,97	290,72
139	Kaba	283,44	283,39	—
425	I. Flamini	283,05	283,05	—
403,5	Langa-Langa	282,45	282,65	288,05
86,5	Wendelina	282,02	282,02	—
72	Lebila.	281,75	281,55	—
55	Maluku	280,60	281,00	285,15
0	Léopoldville.	277,33	277,33	282,33

On trouve ainsi pour les pentes, exprimées en cm. par km. :

	En basses eaux.	En hautes eaux.
De Kwamouth à Kunzulu	3,8	5,8
De Kunzulu à Langa-Langa	2,7	5,3
De Langa-Langa à Maluku	3,4	5,8
De Maluku à Léopoldville	6,7	5,2

On voit qu'on peut admettre pour le Chenal une pente moyenne de 3 cm. par km. en basses eaux et de 5,5 cm. par km. en hautes eaux; dans le Stanley-Pool, au contraire, la pente est moins importante en période de crue qu'en période d'étiage.

La planche 2 donne le profil en long du fleuve dans le Chenal.

Sur ce graphique figure en pointillé, entre Langa-Langa et Kwamouth, le profil en long de l'étiage conventionnel tel que l'auraient fourni les cotes de la Mission cartographique; on voit que les pentes entre Langa-Langa et l'île Flamini et entre Gancho et Kwamouth seraient manifestement trop faibles.

On admettait généralement pour le Chenal une pente de l'ordre de 0^m10 par km.; Roussilhe admettait (t. I, p. 455) une pente de 0^m11.

Pour le Stanley-Pool, par contre, la dénivellation aux basses eaux entre Brazzaville et l'entrée du Chenal était estimée par Roussilhe à 3^m92 (t. II, pl. 43), chiffre qui correspond remarquablement avec le résultat du nivellement trigonométrique (3^m67).

Notons encore que la pente entre Matadi et Boma, où les caractéristiques du fleuve sont analogues à celles du Chenal, est de l'ordre de 0^m03 par km. à l'étiage.

3° Vitesses.

Des mesures de vitesse ont été exécutées au moyen de flotteurs de surface :

Sur la section Kwamouth-Langa-Langa, du 12 août au 8 septembre 1933 (début de la crue);

Sur la section Langa-Langa-Wendelina, du 31 octobre au 6 novembre 1933 (en crue, un mois avant les plus hautes eaux);

Sur la section Wendelina-Maluku, du 5 au 10 mars 1934 (fin de la décrue).

Les résultats obtenus ont été reportés sur les minutes au 1/10.000^e et sur les cartes publiées au 1/25.000^e, ainsi que sur les cartes de l'album de balisage.

La plus grande vitesse observée est de 11,4 km./h. (3,2 m./sec. ou 6 nœuds).

Pendant les crues, la vitesse au large est de l'ordre de 9 km./h.; aux basses eaux, de 6 km./h.

La vitesse le long des rives est sensiblement moindre; on peut admettre une vitesse de 3 à 4 km./h. sur 200 à 300 m. à partir de la rive. Cette vitesse, près des rives, est évidemment très variable; au droit des « pointes » elle atteint et dépasse même la vitesse au large; en aval de ces pointes se produisent des contre-courants.

La vitesse des contre-courants excède rarement 2 km./h.; elle atteint cependant 3 km./h. à Gobila.

4^e Débit.

Six mesures de débit ont été effectuées à Kunzulu, en différents états des eaux.

Le tableau n° 7 donne les résultats obtenus.

TABLEAU N° 7.

DATE.	Lecture d'échelle à Kunzulu.	Lecture correspondante à Léopoldville.	Débit m ³ .
10-6-1933.	2,13	1,40	36.400
2-8-1933.	0,36	0,40	27.900
10-10-1933	3,51	2,48	43.500
16-11-1933	4,44	3,24	49.500
12-1-1934.	4,77	3,49	51.700
19-2-1934.	1,78	1,33	33.000

Les mesures furent effectuées au moyen de flotteurs de surface; les débits bruts ainsi obtenus furent multipliés par 0,85, rapport admis entre la vitesse moyenne et la vitesse de surface.

Le graphique n° 7 donne la courbe des débits, en fonction des hauteurs lues à l'échelle de Léopoldville.

Les résultats de ces mesures concordent remarquablement avec ceux des jaugeages effectués par le Service des

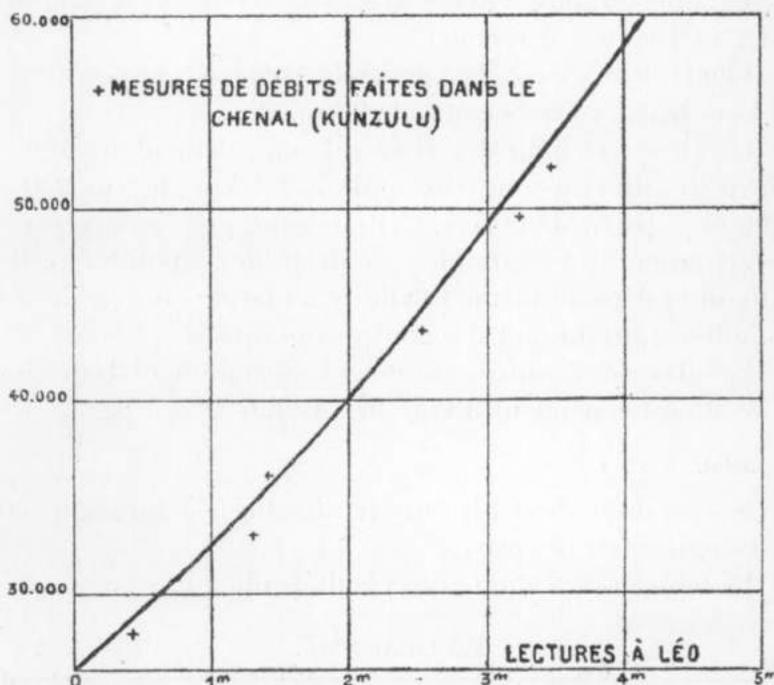


FIG. 7. — Relation entre le niveau à Léopoldville et le débit.

Voies navigables dans le Bas-Congo. On peut admettre comme débit correspondant à l'étiage conventionnel 26,000 m³ et comme débit correspondant aux hautes eaux moyennes de décembre, 60,000 m³. Les débits extrêmes seraient 23,000 et 75,000 m³.

M. Roussilhe avait trouvé en août 1911, par une mesure au moulinet, 30,000 m³ pour une lecture de 0^m30 à Léopoldville.

D'après A.-J. WAUTERS (*L'État Indépendant du Congo*, Bruxelles, 1899), Stanley aurait trouvé, comme résultat des expériences auxquelles il avait procédé à l'entrée du Pool, pour l'époque des plus basses eaux, un débit de 43,000 m³ et pour celle des plus hautes eaux, 70,000 m³ (*op. cit.*, p. 180); il semble qu'en fait le premier débit a été mesuré en avril et non aux plus basses eaux (voir ROUSSILHE, t. II, p. 44). Quoi qu'il en soit, les débits trouvés par le grand explorateur cadrent, malgré les moyens rudimentaires dont il disposait, remarquablement avec ceux déterminés depuis lors.

CHAPITRE VI.

RECHERCHE DES ROCHES.

1° Principe de la méthode.

La détermination des roches par les sondages ordinaires ne présente aucune sécurité; en effet, une pointe rocheuse ou la partie la plus saillante d'un banc peuvent échapper.

Une amélioration sensible avait été réalisée depuis longtemps par les dragages au rail : un rail, ou une barre de fer, suspendu horizontalement sous l'embarcation, est promené au-dessus du récif. L'immersion du rail étant réglée à la profondeur à garantir, on a l'assurance, s'il passe librement, qu'aucun obstacle ne dépasse ce plafond.

Cependant, la longueur restreinte du rail rend les recouvrements douteux et une pointe peut passer inaperçue, malgré tout, entre deux bandes de sondage.

La méthode adoptée dans le Chenal est inspirée des « dragues hydrographiques » françaises; elle consiste à réaliser, au moyen de câbles, une sorte de chalut, dont la longueur n'est limitée que par la puissance des embarcations chargées de le remorquer.

Les premiers essais furent tentés au moyen d'une série

de rails, reliés par des manilles et suspendus à des bouées. La trop grande inertie d'un tel chalut d'une centaine de mètres de longueur en rendait le maniement malaisé.

L'emploi de câbles à la place de rails ne donna pas non plus de bons résultats dans les zones de tourbillons.

Finalement, on recourut à un chalut mixte, composé de rails et de câbles.

2° Reconnaissances préalables.

Les reconnaissances effectuées aux basses eaux permirent de repérer, par rapport aux signaux de sondage rattachés à la triangulation, toutes les roches émergentes.

D'autre part, il fut procédé à des sondages à la perche le long des rives, de façon à délimiter approximativement la ligne des fonds de 3 m. (réduits à l'étiage conventionnel).

3° Organisation du chalutage.

Il fut procédé à un premier dégrossissage à l'aide d'un chalut de 240 m. de longueur, comportant six longueurs de câbles de 10 mm. de diamètre et 40 m. de longueur, soutenus par cinq bouées pisciformes et lestées par cinq plombs-poissons de 50 kg.; l'immersion du chalut de dégrossissage était de 2^m50 sous la surface de référence (étiage conventionnel).

Ce dégrossissage permit de mettre au point un projet de balisage par alignements limitatifs couvrant les dangers rocheux reconnus.

Le chalutage fut alors vérifié dans une bande de 100 m., empiétant légèrement sur la zone dangereuse délimitée par les alignements projetés, de façon à déceler avec certitude les obstacles qui auraient pu subsister dans la zone réputée sûre.

Cette zone devait évidemment être chalutée avec le plus grand soin, parce qu'il s'agissait de réaliser un balisage serrant les dangers d'aussi près que possible, de façon à

permettre aux bateaux montants de profiter au maximum de la zone de faible courant régnant le long de la rive.

Le chalut de finissage est constitué par quatre rails Decauville de 6 m. et cinq filins de 10 mm. de diamètre et 20 m. de longueur (trois intermédiaires et deux de remorque); huit bouées cylindriques de 100 litres soutiennent les extrémités des rails; trois bouées pisciformes soutiennent les câbles intermédiaires au milieu de leur longueur (voir croquis, fig. n° 8).

Des filins de longueur réglable, suivant l'état de la crue, relie les bouées à la partie immergée du chalut; celle-ci est maintenue à 2 m. sous la surface de référence (étiage

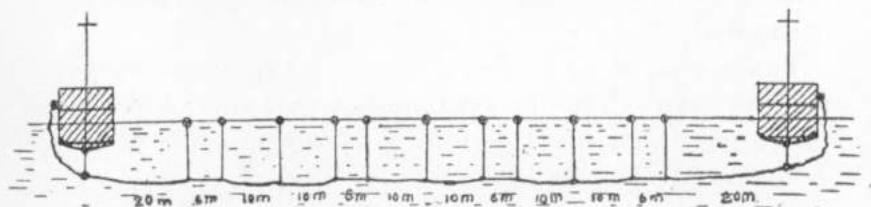


FIG. 8. — Schéma du chalut.

conventionnel). Les filins des bouées pisciformes sont tendus par des plombs-poissons de 50 kg.

L'ensemble est remorqué par deux embarcations (canots Delange, à moteur à essence, type Baudouin, de 30/35 HP); en fait, le chalut descend la rivière en dérivant avec le courant; les embarcations n'ont qu'à le maintenir dans la bande à explorer.

Une embarcation annexe (baleinière à moteur Ford) est utilisée pour mettre le chalut à l'eau et le rentrer.

La brigade comprend, indépendamment du personnel indigène de conduite des canots et de manœuvre du chalut, trois opérateurs : deux, dont le chef d'équipe, dans le canot n° 1; un, dans le canot n° 2.

Les positions successives sont repérées au télémètre (les distances à la rive sont assez petites pour que cette

méthode donne une précision suffisante) par le second opérateur du canot n° 1.

Le report se fait sur les minutes de topographie au 1/10.000^e.

Lorsque le chalut rencontre une roche, les deux canots manœuvrent pour étaler le courant et le chef d'équipe se rend, dans la baleinière, sur le haut fond, dont la position est marquée par la pointe du chevron que dessine le chalut.

La vitesse de déplacement du chalut par rapport au fond varie évidemment avec l'intensité du courant. Elle fut en moyenne de 3 à 4 km. à l'heure, soit un rendement horaire pour un chalut de 100 m. de longueur utile, de 0,3 à 0,4 km²/h.

Le rendement moyen est évidemment moindre, en raison des pertes de temps entraînées par la mise à l'eau et la rentrée du chalut et surtout par les dégagements après rencontre d'un obstacle.

En fait, la surface explorée fut de 18 km², pour 28 journées ouvrables et 130 heures de marche des embarcations, soit 4,6 heures utiles par jour et 0,14 km² par heure utile.

La recherche d'une zone de sécurité dans une bande de 250 m. de largeur à partir de la rive fut complétée par l'exploration d'une bande de 750 m. de largeur, contiguë à la première, sur toute la longueur du Chenal. Ce travail fut exécuté au moyen d'un chalut de 750 m., en câbles, remorqué par deux bateaux baliseurs (machines à vapeur de 150 HP, roue arrière) et avait pour objet de rechercher les obstacles qui auraient pu exister au milieu du Chenal, dans la zone de fort courant utilisée par les bateaux à la descente.

4° Résultats du chalutage.

Le chalutage permit de situer avec précision les récifs dangereux. Bon nombre de ceux-ci étaient connus par tradition, souvent à la suite d'accidents que leur présence avait occasionnés. Cependant, leur emplacement n'était

porté sur les croquis de balisage que de façon très imprécise.

Par exemple, le « banc du Peace », figuré sur les anciens albums à 1,500 m. en amont de Kunzulu, se trouve en réalité à 3 km. de ce poste; le « banc de la Délivrance » se trouve à près de 3 km. de l'embouchure du Kasai, alors que la tradition le situait à 2 km. seulement.

Le chalutage confirma que, de façon générale, les rives sont rocheuses et dangereuses. Des accostages de secours, utilisables en cas de nécessité (avarie, mauvais temps, etc.), purent cependant être repérés aux endroits suivants :

Km. 49, en aval de Maluku.

Km. 58, en aval de Kitambala, immédiatement en aval d'un banc rocheux coté 0,20 m. à 200 m. de la rive.

Km. 66 à 67.

Km. 76 à 77.

Km. 80,5 à 83.

Km. 90 à 91.

Km. 97 à 99, en amont de l'embouchure de la rivière Black River.

Km. 109,5 à 110,5.

Km. 113 à 115.

Km. 133, en amont de l'alignement couvrant les roches des Quatre Îlots.

Km. 147 à 148.

Km. 174, rive de l'île Malamine, bordée par un banc de sable.

Km. 188 à 189, en amont de Ngabe.

A ces accostages il y a lieu d'ajouter ceux des postes à bois :

Sur la rive belge, Maluku (km. 49,7 et 52), Kitambala (km. 59,3, accès difficile entre les roches), Potopoto (km. 64; se garer des roches en amont et en aval), Mambutu (km. 75,5 et 80,5; pour ce dernier se garer des roches en aval), Wendelina (km. 87; se garer des roches à la pointe, en aval du poste), Black River (km. 92), Langa-

Langa (km. 103,5 et 106), île Flamini (km. 125,2), Kaba (km. 138), Kunzulu (km. 154,3; se garer des roches à la pointe en amont du poste), Fumu Djale (km. 165; se garer des roches en aval); Lekana (km. 184,2) et Kwamouth (km. 192).

Sur la rive française, Ganchu-Santa-Maria (km. 168).

Les postes à bois de Lebila et Nkana sont dangereux, en raison de la présence de roches à la rive. L'accès de Lebila est très dangereux en basses eaux (banc rocheux à 400 m. au large).

CHAPITRE VII.

LE BALISAGE.

1^o Situation existant en 1934.

Jusqu'en 1934 on ne possédait pas de carte précise du Chenal; les croquis figurant à l'album étaient le résultat de levés de reconnaissance.

Les dangers connus étaient repérés au moyen de « croix » en planches installées sur la rive et dont la forme variait avec la distance de ces dangers à la rive. Cette distance, qu'il était matériellement impossible de déterminer avec précision en l'absence d'un canevas de triangulation, était estimée à l'œil.

Il est évident que, dans ces conditions, l'adoption d'une simple croix (danger à moins de 100 m.) ou d'une double croix (danger entre 100 et 200 m.) était affaire d'appréciation; en fait, les distances étaient généralement sous-estimées et plusieurs roches, situées à quelque 150 m. de la rive, n'étaient couvertes que par une simple croix.

Il ne peut être fait grief de cet état de choses aux officiers-baliseurs, car les croquis eux-mêmes d'après lesquels ils repéraient les dangers étaient entachés de fautes. La position de bancs rocheux, que des accidents avaient illustrés, n'était que très imparfaitement connue, ainsi que nous l'avons montré précédemment.

En pratique, on naviguait dans le Chenal en se tenant loin des rives, qui étaient réputées dangereuses et l'on se

méfiait particulièrement des régions où une « croix » indiquait la présence de roches.

2° Le nouveau balisage (voir pl. III).

Les levés effectués en 1933-1934 permirent de repérer les obstacles avec exactitude et le chalutage décéla toutes les roches sur lesquelles le mouillage est inférieur à 2 m. à l'étiage conventionnel.

Le but poursuivi en installant le nouveau balisage était de permettre aux bateaux montants de serrer la rive au plus près et de profiter de ce que le courant y est moins violent.

Les régions où la rive est saine et peut être suivie sans danger sont délimitées à leurs deux extrémités par des flèches (« *suivez la rive* »), dont la pointe indique le sens dans lequel on peut, à partir de la flèche, suivre la rive (km. 146,5 à 148).

Des *alignements limitatifs* couvrent les dangers; ces alignements sont matérialisés par deux triangles opposés par la pointe, installés sur la rive.

Ces triangles sont peints mi-partie en blanc, mi-partie en rouge ou en noir, suivant que l'alignement marque le bord droit ou gauche de la passe à la montée.

Les bateaux ne peuvent évidemment pas naviguer suivant ces alignements, mais doivent toujours se tenir à l'extérieur de la zone dangereuse — rouge ou noire — qu'ils délimitent.

Lorsqu'un alignement limitatif cesse d'être valable et qu'il faut respecter un nouvel alignement, le navigateur en est averti par un signal en forme de losange installé à la rive.

Si les deux alignements se coupent (km. 150,5), il se tiendra à l'extérieur du nouvel alignement à partir de leur point d'intersection.

S'ils ne se coupent pas (km. 144,3), il quittera le premier alignement par le travers du losange et suivra une route à 45° sur ce premier alignement jusqu'à ce qu'il se

trouve à l'extérieur de la zone dangereuse délimitée par le second.

Il suivra de même une route à 45° lorsqu'il quittera la rive pour gagner la zone sûre (km. 148).

Dans certains cas, un *alignement axial*, matérialisé par deux triangles blancs, indique la route à suivre pour accéder à un poste ou pour éviter un récif au large.

Les régions délimitées par deux flèches permettant de suivre la rive constituent généralement des accostages de secours. Le navigateur devra cependant, avant d'y accoster, s'assurer par l'examen de la carte de ce que les fonds y sont sains (absence de roches).

Les accostages de secours situés à l'intérieur d'une zone délimitée comme dangereuse sont matérialisés par un V en planches (« *bon mouillage* ») installé à la rive (km. 153).

Ici encore le navigateur devra s'aider de la carte pour juger de la proximité des roches dangereuses et manœuvrer en conséquence.

On voit donc que le balisage installé sur le terrain est complété par les indications de l'album.

La planche 3 donne un extrait de cet album.

Chaque page est divisée en deux parties dans le sens de la hauteur, la partie supérieure donnant la représentation générale des sondages et des vitesses de courant, la partie inférieure constituant un schéma du balisage, sur lequel sont reproduits les dangers.

CHAPITRE VIII.

RÉSULTATS OBTENUS.

Les études effectuées dans le Chenal ont donné lieu à la publication de 7 cartes format grand aigle (70 × 105 cm.); à l'échelle de 1/25.000°.

Comme nous l'avons déjà signalé, avant que ces études eussent permis la mise au point d'un balisage sûr, on naviguait loin des rives, dans la zone de fort courant.

Le résultat pratique des travaux exécutés en 1933-1935 s'est traduit par un gain de temps sur la durée du voyage à la montée.

Il est intéressant de voir si l'économie qui en résulte est en rapport avec l'effort consenti.

Le coût de la mission peut être évalué à 600.000 francs.

Les considérations qui suivent donneront une idée du « rendement » de cette dépense qui, à première vue, peut paraître élevée pour des « études ».

L'expérience permet de conclure qu'en suivant le balisage nouvellement installé, les bateaux à la montée réalisent sur le parcours Maluku-Kwamouth une économie de 5 à 10 heures de marche, les unités rapides gagnant, évidemment, moins que les autres.

Rappelons également que de gros remorqueurs ont parfois dû lutter contre le courant, pendant plusieurs heures consécutives, à des endroits où l'on ne passera plus dorénavant.

Or, sans crainte de démenti de la part d'aucun transporteur, on peut estimer qu'une « grande traîne », composée d'un remorqueur type Kalina, Galiema, etc. et de 8 à 10 barges, coûte de 500 à 700 francs par heure de marche.

Un « gros porteur » type Hanssens, Léopold II, etc. ne coûte pas moins de 300 francs par heure et une « petite unité » de 30 à 50 tonnes, type Archiduchesse, Cominière, etc., conduite par des noirs, coûte environ 60 francs l'heure.

D'autre part, les statistiques montrent que le trafic, tant à la montée qu'à la descente, est d'environ 40 à 45 unités par mois, non compris les unités françaises.

En tablant sur une répartition, vérifiée par la réalité, de 10 « grandes traînes », 10 « gros porteurs » et 20 « petites unités » par mois et en ne comptant que sur un gain de temps de 5 heures par unité, l'économie est de l'ordre de 51.000 francs par mois.

En d'autres termes, la dépense engagée par la Colonie est récupérée en un an.

Remarquons encore que le nouveau balisage présente, en outre, les avantages suivants :

1° Plus d'avaries aux coques, ni de pertes totales des bateaux.

La liste des accidents graves survenus dans ces parages est longue. Citons : le s/w *Wendelina*, le s/w *Leverville*, le s/w *Peace*, le s/w *Tejo*; les avaries du m/s *Comanco*, du s/w *Berwinne*, du s/w *Délivrance*.

2° Mouillages sûrs en cas de tornades ou de dérangements à la machine.

3° Possibilité d'installer de nouveaux postes à bois en des endroits boisés, considérés auparavant comme inaccessibles et abaissement du prix du combustible, qui y était, jusqu'en 1935, le plus cher de tout le réseau fluvial du Haut-Congo.

4° Prélèvement du bois dans des postes belges.

5° Atténuation du déboisement dans le Chenal.

En résumé, grâce aux travaux entrepris, la collectivité a bénéficié, en pleine période de compression des dépenses, d'une économie de plus de 50.000 francs par mois et cette économie ne fera que s'accroître au fur et à mesure de l'accroissement du trafic.

D'autre part, la sécurité de la navigation sur ce tronçon où elle est la plus active, est grandement accrue.

La brigade d'études du Chenal a donc procuré à l'économie congolaise une série d'avantages appréciables.

L'amélioration qui en est résultée dans l'exploitation de nos voies navigables constitue la plus belle récompense pour ceux qui en furent les artisans et plus particulièrement pour l'ingénieur Vanderlinden, directeur du Service des Voies navigables et pour les hydrographes Ossossoff et Heris, chefs de brigade.

NOTE RELATIVE AU TRONÇON KWAMOUTH-TSHUMBIRI.

Les études furent étendues, d'avril à juillet 1934, à la deuxième section du Chenal, comprise entre l'embouchure du Kasai (Kwamouth) et le pool de Sandy Beach (Tshumbiri).

Les méthodes adoptées furent les mêmes que celles employées entre Maluku et Kwamouth.

Ci-dessous, le résumé des résultats obtenus :

Les largeurs varient de 1.200 m. à 3.000 m.; on trouve des fonds de sable dans les expansions du lit.

Les profondeurs dans le thalweg sont de 23 à 30 m., réduites au plan de référence défini ci-après.

Le débit mesuré en cette section, qui n'écoule pas les eaux du Kasai, varie de 22.000 m³ à 41.000 m³ environ.

Le Kasai apporte donc, en basses eaux, un débit supplémentaire de $27.000 - 22.000 = 5.000$ m³.

La mesure des courants sur toute la largeur du fleuve n'a pu être faite, faute de temps; la connaissance de la vitesse n'a du reste plus le même intérêt qu'en aval de Kwamouth, le tracé de la route de navigation se déterminant par l'allure des courbes de profondeurs.

La pente moyenne est de 5 cm. au kilomètre, pendant la période de l'étiage.

La détermination de la *surface de référence* était plus délicate que dans la région Kwamouth-Maluku, en raison de l'action réciproque des niveaux du fleuve et du Kasai, dont les périodes d'étiage ne coïncident pas. On adopta pour la *réduction des sondes* un plan passant par la cote +0^m15 de l'échelle de Tshumbiri et par la cote +0^m80 (basses eaux 1915) de l'échelle de Kwamouth; ce plan de référence a, d'après le nivellement trigonométrique, une pente de 4,9 cm. par km. (3^m02 sur 62 km.).

La publication des résultats du levé fit l'objet de trois feuilles (format grand aigle) au 1/25.000°. Les signaux de balisage furent installés et l'album mis au point comme pour la partie en aval de Kwamouth.

**TABLEAU DES COORDONNÉES RECTANGULAIRES DES SOMMETS
DE TRIANGULATION DU CHENAL.**

A. — Système amont. — Origine Θ .

1° DE KWAMOUTH A TSHUMBIRI.

N°	X	Y	N°	X	Y
Θ	0	0	43	- 4.540,61	+26.247,50
Θ'	- 1.028,12	- 391,87	44	- 2.137,05	+26.287,48
A	- 426,48	- 1.627,94	45	- 4.195,95	+28.657,54
I	- 5.156,06	- 1.998,31	46	- 1.998,15	+29.550,66
10'	- 2.791,08	- 3.304,81	47	- 4.227,44	+31.636,73
21	- 3.434,32	- 240,51	48	- 1.871,21	+31.785,96
22	- 1.746,55	+ 425,75	49	- 3.545,27	+34.592,51
23	- 4.085,65	+ 1.183,61	20	- 1.124,77	+35.267,22
24	- 2.299,56	+ 3.429,62	19	- 2.468,36	+38.653,56
25	- 4.245,91	+ 4.760,60	18	- 641,56	+37.546,49
26	- 2.944,21	+ 4.900,33	17	- 2.161,22	+42.388,44
27	- 4.244,44	+ 5.984,76	16	+ 527,58	+40.569,19
28	- 2.861,03	+ 5.745,40	15	- 2.279,39	+47.439,21
29	- 4.249,97	+ 8.670,07	14	+ 289,43	+44.957,47
30	- 2.770,76	+ 8.170,97	13	- 1.616,83	+50.035,19
31	- 3.974,52	+10.633,02	12	+ 1.235,04	+49.084,82
32	- 2.431,50	+ 9.966,97	11	- 708,34	+51.922,08
33	- 3.226,39	+12.943,24	10	+ 2.236,24	+51.010,50
34	- 1.524,20	+12.817,39	9	+ 761,53	+53.948,96
35	- 2.539,31	+15.125,53	8	+ 3.658,53	+53.759,78
36	- 562,58	+14.447,59	7	+ 1.909,23	+58.547,38
37	- 2.408,30	+17.860,74	6	+ 4.116,97	+57.964,36
38	- 193,31	+17.159,85	5	+ 1.535,19	+60.948,27
39	- 2.612,79	+19.480,34	4	+ 4.666,67	+59.680,83
40	- 881,60	+19.851,67	3	+ 1.628,30	+62.673,64
41	- 3.730,13	+22.815,76	2	+ 4.775,97	+62.195,46
42	- 1.660,05	+22.881,84	1	+ 2.626,65	+66.363,11

ANNEXE N° 2.
(Suite)

2° DE KWAMOUTH A KUNZULU (MELEZE).

N°	X	Y	N°	X	Y
V	- 705,91	-14.344,33	19	- 2.095,31	-23.186,51
1	- 3.581,00	-10.516,72	20	- 1.184,63	-24.234,07
2	- 1.850,51	- 9.719,17	21	- 1.965,45	-25.506,61
3	- 3.546,30	- 8.627,28	22	- 4.231,68	-26.747,87
4	- 2.145,90	- 8.608,40	23	- 2.529,13	-26.901,23
5	- 3.372,82	- 5.471,00	24	- 4.211,81	-29.500,25
6	- 1.656,54	- 5.485,62	25	- 5.510,06	-28.642,03
7	- 730,37	- 3.794,37	26	- 5.504,21	-31.132,96
8	- 2.734,58	- 4.282,31	27	- 6.673,91	-30.322,83
9	- 1.133,23	- 1.044,90	28	- 7.104,65	-32.935,36
10	- 2.788,38	- 3.304,58	29	- 8.421,24	-32.393,18
11	- 2.433,29	-14.705,73	30	-10.071,69	-36.013,79
A	- 426,48	- 1.627,94	31	-10.898,03	-38.509,65
12	- 315,75	-16.882,94	J' ₂	- 8.328,48	-35.060,84
13	- 820,61	-18.670,15	33	-12.199,93	-41.285,97
F' ₁	+ 1.291,21	-17.651,80	J' ₁	- 9.693,56	-40.281,94
F'	+ 1.580,79	-12.201,18	34	-10.590,15	-41.624,17
IV	- 2.252,84	-12.432,19	35	-11.837,88	-43.758,46
14	+ 857,16	-19.314,89	36	-13.239,42	-43.443,91
15	- 1.271,70	-20.527,86	53	-13.918,87	-44.054,29
18	+ 116,34	-22.013,32	54	-12.188,22	-44.470,20

ANNEXE N° 2.

(Suite)

B. — Système aval. — Origine e_1 .

DE KUNZULU (MELEZE) A MALUKU.

N°	X	Y	N°	X	Y
L'	+ 24.034,08	+ 40.921,37	68	+ 14.391,76	+ 24.754,79
53	+ 24.047,53	+ 44.971,96	67	+ 12.660,66	+ 23.878,64
52	+ 24.691,85	+ 43.321,13	66	+ 13.286,67	+ 23.133,41
51	+ 22.443,89	+ 42.813,22	65	+ 11.717,42	+ 22.700,28
50	+ 23.930,20	+ 42.540,99	64	+ 12.369,83	+ 21.811,62
49	+ 21.453,66	+ 41.664,47	63	+ 10.787,50	+ 20.632,01
48	+ 22.572,92	+ 41.197,50	62	+ 11.710,63	+ 20.581,19
47	+ 19.888,63	+ 39.455,93	61	+ 10.220,86	+ 19.446,41
46	+ 21.261,63	+ 39.227,61	60	+ 11.153,75	+ 18.644,96
45	+ 18.553,07	+ 36.824,67	59	+ 9.285,96	+ 17.251,95
44	+ 19.797,13	+ 36.270,71	58	+ 8.278,84	+ 15.892,55
43	+ 17.878,84	+ 34.979,33	57	+ 9.400,68	+ 14.777,58
42	+ 19.045,76	+ 34.158,69	56	+ 6.743,33	+ 13.040,83
M'	+ 18.108,17	+ 32.283,67	P' ₁	+ 9.830,43	+ 16.329,55
M' ₂	+ 16.651,45	+ 30.108,82	P' ₂	+ 7.847,72	+ 12.488,82
41	+ 16.663,13	+ 32.420,92	56 ^o	+ 6.738,71	+ 13.027,99
40	+ 17.679,85	+ 31.543,22	75	+ 6.378,23	+ 11.797,52
39	+ 15.879,99	+ 30.372,77	76	+ 7.636,41	+ 11.529,50
38	+ 16.131,51	+ 28.701,64	77	+ 5.932,94	+ 9.282,09
37	+ 13.372,04	+ 29.086,25	78	+ 7.511,88	+ 10.701,80
73	+ 15.765,24	+ 27.587,47	79	+ 5.513,48	+ 7.321,03
72	+ 15.107,90	+ 28.154,54	80	+ 7.252,16	+ 9.236,71
71	+ 14.604,58	+ 27.211,99	81	+ 4.946,76	+ 5.646,26
70	+ 15.275,90	+ 26.286,64	82	+ 6.980,10	+ 8.313,00
69	+ 13.727,92	+ 25.419,46	83	+ 4.627,17	+ 5.151,74

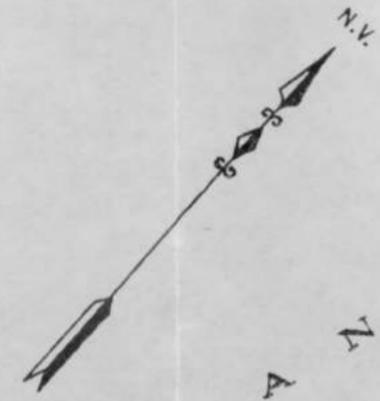
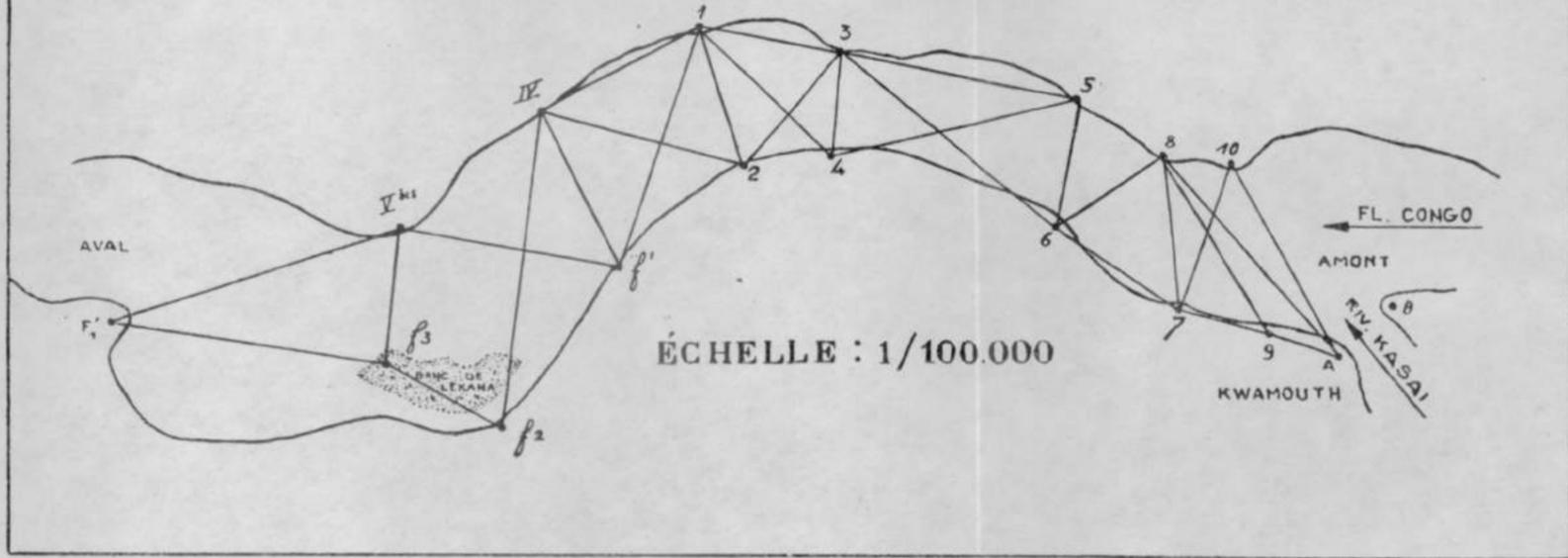
ANNEXE N° 2.
(Suite)

N°	X	Y	N°	X	Y
84	+ 6.412,41	+ 5.746,96	b_2	- 18.061,96	- 3.313,93
85	+ 3.774,54	+ 3.891,29	b_1	- 18.242,77	- 4.870,66
86	+ 5.486,46	+ 4.533,98	110	- 20.760,91	- 4.166,95
87	+ 3.001,55	+ 2.953,77	111	- 21.013,19	- 2.296,96
88	+ 4.995,83	+ 3.422,68	112	- 22.002,56	- 4.391,91
89	+ 1.480,51	+ 1.686,87	113	- 22.733,73	- 3.047,09
90	+ 3.418,40	+ 1.511,07	114	- 25.293,49	- 5.613,31
91	- 1.272,61	+ 1.153,27	115	- 25.465,40	- 3.834,31
92	+ 1.504,80	+ 645,63	116	- 27.616,86	- 6.184,93
93	- 3.118,04	+ 313,74	117	- 28.494,01	- 5.017,92
e_1	0	0	118	- 28.061,51	- 6.370,78
e_2	- 2.802,47	- 989,02	119	- 29.114,44	- 5.208,89
94	- 4.008,46	- 1.379,20	120	- 29.455,73	- 6.811,23
95	- 4.614,57	- 130,41	121	- 33.612,78	- 6.326,86
96	- 6.083,57	- 1.995,12	122	- 32.116,35	- 8.338,01
97	- 6.322,62	- 626,82	123	- 35.647,10	- 8.185,79
98	- 7.638,94	- 1.779,84	124	- 36.198,09	- 11.167,94
100	- 9.381,11	- 2.216,90	B. Mal.	- 34.600,38	- 9.740,76
101	- 8.943,65	- 864,25	125	- 37.794,86	- 10.075,80
103	- 10.681,62	- 834,51	126	- 37.591,11	- 13.311,31
104	- 11.513,83	- 2.391,63	127	- 38.531,04	- 10.497,54
105	- 12.601,13	- 1.231,73	128	- 37.877,08	- 15.689,26
106	- 13.591,58	- 2.467,46	129	- 39.809,00	- 11.743,38
107	- 14.485,95	- 1.406,84	131	- 40.180,38	- 13.391,18
108	- 15.701,61	- 2.966,54	2MCBC	- 41.801,40	- 14.071,20
109	- 15.901,46	- 1.527,02	99	- 7.964,24	- 739,30

REPÉRAGE DES ÉCHELLES D'ÉTIAGE.

POSTES	Cote du zéro.	REPÉRAGE
Tshumbiri	288,28	Borne en béton dont la face supérieure se trouve à 9 ^m 15 au-dessus du zéro de l'échelle et à 9 ^m au-dessus de la surface de référence.
Mbali	287,61	Clous dans un vieux palmier à 7 ^m 64 au-dessus du zéro (ancien repère); sommet du fer encastré dans la borne 18 de la triangulation, à 3 ^m 17 au-dessus du zéro (nouveau repère).
Biangala	286,73	Clous dans un vieux palmier à 8 ^m au-dessus du zéro; sommet du fer encastré dans la borne 44 de la triangulation à 5 ^m 28 au-dessus du zéro.
Mankono	286,35	Clous dans un vieux palmier à 7 ^m 53 au-dessus du zéro; sommet du fer encastré dans la borne 34 de la triangulation à 4 ^m 08 au-dessus du zéro.
Kwamouth	284,61	Borne en ciment dont le sommet se trouve à 8 ^m 69 au-dessus du zéro de l'échelle et à 7 ^m 89 au-dessus du plan de référence.
Ngabe	—	Rebord inférieur de la colonne d'entrée de gauche (dos au fleuve) du jardin précédant le magasin; ce rebord est à 9 ^m 27 au-dessus du zéro de l'échelle et à 10 ^m 12 du niveau de référence.
Ganchu S. M.	284,99	Fer du sommet n° 19 de la triangulation, à 6 ^m 18 au-dessus du zéro de l'échelle et à 6 ^m 58 au-dessus du niveau de référence.
Kunzulu	284,27	Borne en ciment dont le sommet se trouve à 9 ^m 65 au-dessus du zéro de l'échelle et à 9 ^m 95 du niveau de référence.
Kaba	283,44	Borne en ciment dont le sommet est à 6 ^m 36 au-dessus du zéro de l'échelle et à 6 ^m 41 du niveau de référence.
Ile Flamini	283,05	Fer du sommet n° 38 de la triangulation à 6 ^m 05 au-dessus du sommet de l'échelle et du niveau de référence.
Langa-Langa	282,45	Borne en ciment dont le sommet est à 9 ^m 39 au-dessus du zéro de l'échelle et à 9 ^m 19 du niveau de référence.
Wendelina	282,02	Borne en ciment dont le sommet se trouve à 6 ^m 52 au-dessus du zéro de l'échelle et du niveau de référence.
Maluku	280,60	Borne en ciment dont le sommet se trouve à 7 ^m 12 au-dessus du zéro de l'échelle et à 6 ^m 72 au-dessus du niveau de référence.
Kimpoko	—	Borne en ciment dont le sommet se trouve à 10 ^m 24 au-dessus du zéro de l'échelle et à 9 ^m 44 au-dessus du niveau de référence.
Léopoldville (Port Public)	277,33	Repère encastré dans la pile amont du port public, à 5 ^m au-dessus du zéro. Ce repère a, dans le système local de nivellement, la cote 300,43.

SCHÉMA DU RÉSEAU DE NIVELLEMENT ENTRE A & F₁



FLEUVE CONGO

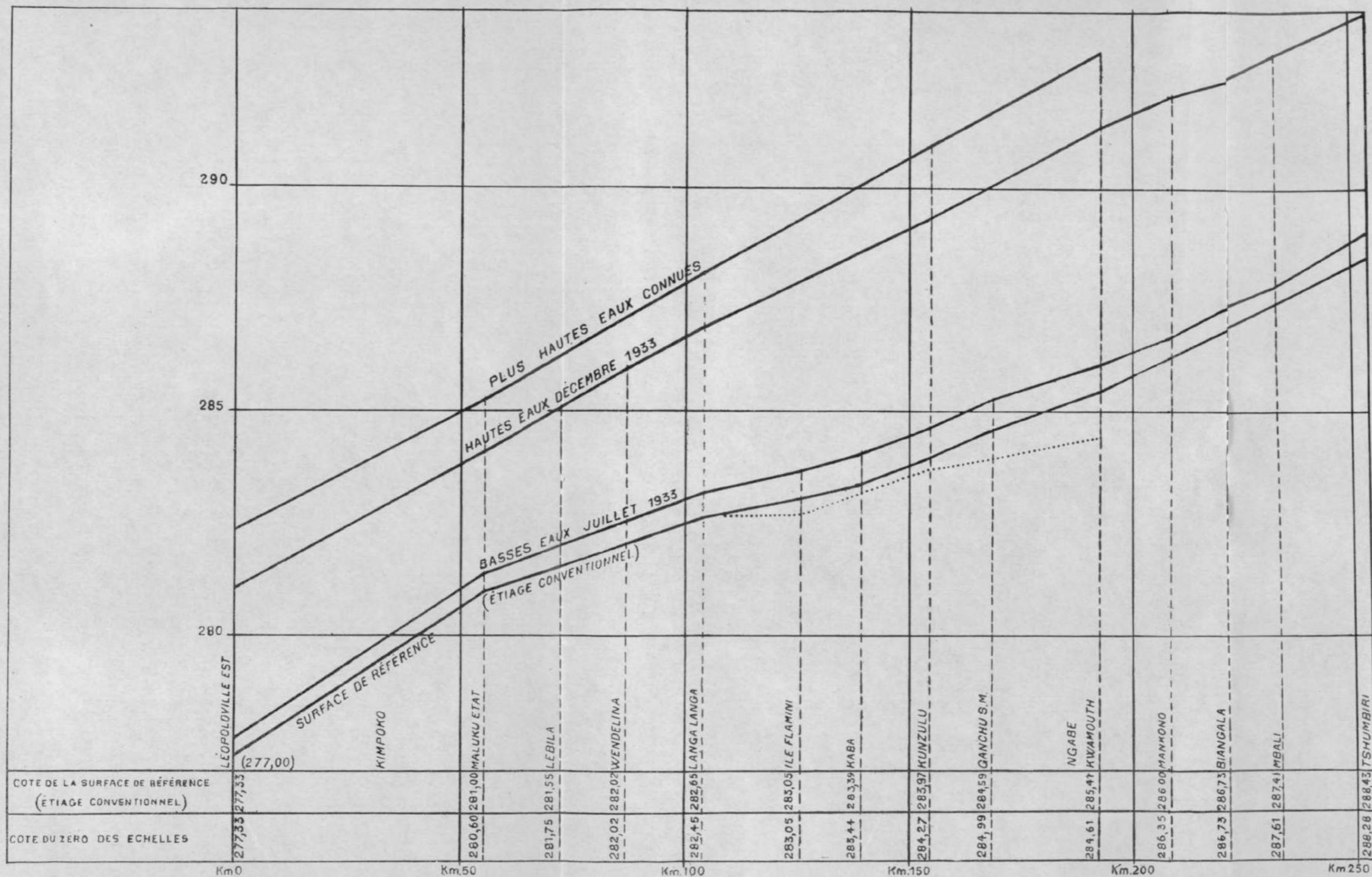
DE TSHUMBIRI A LÉOPOLDVILLE

ÉCHELLE : 1/500.000

A F R I Q U E É Q U A T O R I A L E



PROFIL EN LONG
DU
FLEUVE CONGO
DE TSHUMBIRI A LÉOPOLDVILLE



ECHELLES { HAUTEUR 1CM = 1MÈTRE
LONGUEUR 1CM = 10KILOMÈTRES

EXTRAIT DE L'ALBUM DE BALISAGE ÉCHELLE : 1/25.000 LEGENDE

-  DEUX PLANCHES AVEC UNE FLÈCHE : SUIVRE LA RIVE DANS LE SENS DE LA FLÈCHE.
-  DEUX TRIANGLES PEINTS MOITIÉ EN BLANC MOITIÉ EN ROUGE OU NOIR : DONNENT UN ALIGNEMENT LIMITATIF SÉPARANT DEUX ZONES, DONT CELLE CORRESPONDANT A LA PARTIE BLANCHE OFFRE LA SÉCURITÉ.
-  UN LOSANGE PEINT EN BLANC : INDIQUE LA LIMITE DE VALIDITÉ D'UN ALIGNEMENT.
-  DEUX PLANCHES EN V : INDIQUENT UN BON ACCOSTAGE.
-  6.4 VITESSE DU COURANT EN Km/h.
- LES SONDAGES SONT EXPRIMÉS EN DÉCIMÈTRES ET RÉDUITS AU NIVEAU DE L'ÉTIAGE CONVENTIONNEL.

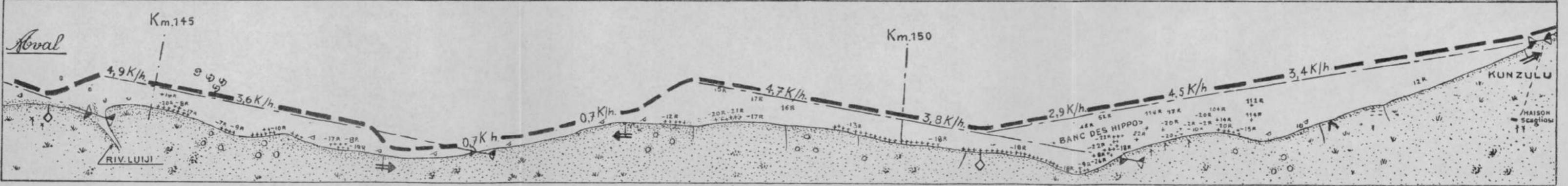
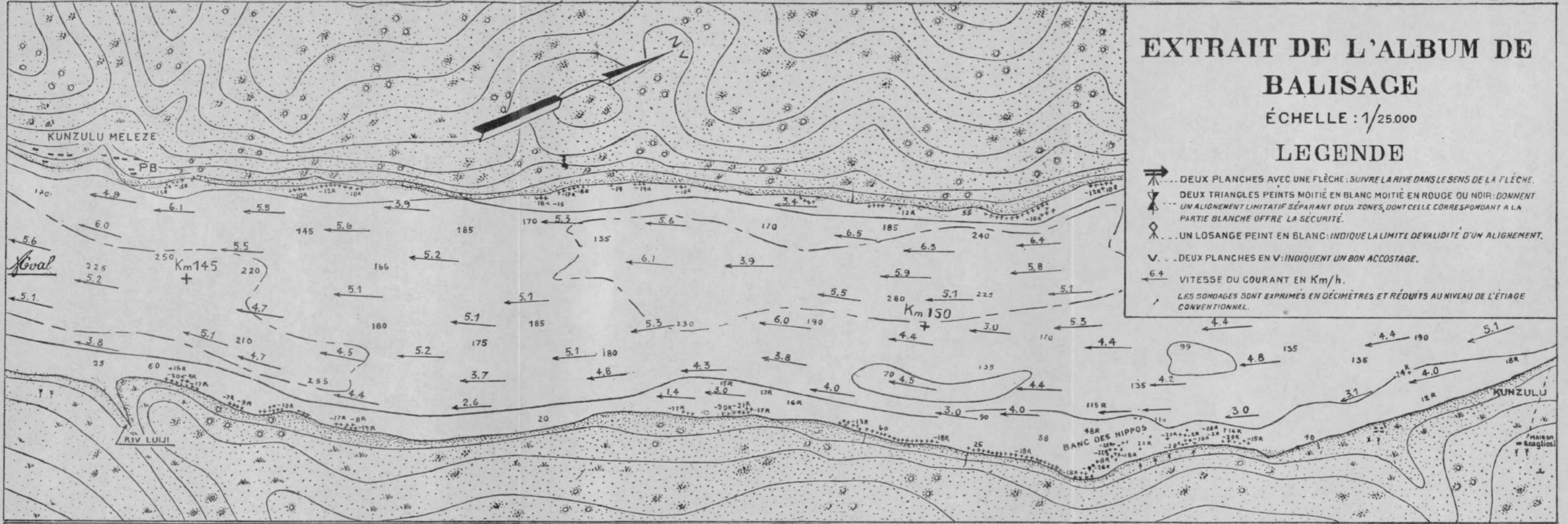


TABLE DES MATIÈRES.

Statuts de l'Institut Royal Colonial Belge	3
Arrêté Royal accordant la personnalité civile à l'Institut	9
Règlement général d'ordre intérieur... .. .	11
Concours annuels :	
Règlement	16
Questions	18
Liste, avec adresses, des membres à la date du 1 ^{er} janvier 1937 ...	24
Notice nécrologique de M. A. Gohr	32
Situation financière de l'Institut au 31 décembre 1936	37

Section des Sciences morales et politiques.

Séance du 18 janvier 1937... .. .	39
Communication administrative	39
La grande chronique de l'Ubangi (<i>suite de la discussion</i>)	40
Séance du 15 février 1937	42
Communication de M. N. De Cleene : La structure de la Société Yombe et un aspect de notre politique indigène	44
Séance du 15 mars 1937	52
Communication du R. P. L. Lotar : L'immatriculation des indi- gènes à l'état civil	54
Communication du R. P. L. Lotar sur l'ouvrage de M. Ch. de Chavannes : Avec de Brazza	59
Enquête ethnographique relative aux diverses formes d'asser- vissement au Congo... .. .	53
Divers	53

Section des Sciences naturelles et médicales.

Séance du 16 janvier 1937... .. .	76
Communication administrative	76
Présentation d'ouvrages	77
Note de M. J. Lebrun : Observations sur la morphologie et l'éco- logie des Lianes de la forêt équatoriale du Congo (présentée par M. W. Robyns)	78
Présentation d'un mémoire : Liste des Coléoptères récoltés au Congo par la mission belge au Ruwenzori, par M. L. Burgeon.	77
Séance du 20 février 1937	96
Présentation d'ouvrages	96
Communication de M. G. Trolli : L'activité du Fonds Reine Elisabeth pour l'assistance médicale aux indigènes du Congo Belge (<i>Foréami</i>) (1931-1935)	99

Présentation d'un mémoire : La géologie du Ruwenzori septentrional, par M. P. Michot	97
Communication de M. L. Leynen : Essais d'ensilage vert à la ferme Hubert Droogmans, à Elisabethville	125
Communication de M. J. Rodhain (en collaboration avec M ^{lle} H. Hendrix) : Essais de traitement du paludisme des oiseaux et des singes au moyen du « Paludex »	137
Séance du 20 mars 1937	151
Communication de M. E. De Wildeman : Notice sur les études du Prof. J. A. Dominguez relatives à la botanique pure et sur ses applications... ..	154
Communication de M. R. Bruynoghe : La fièvre jaune	156
Présentation d'un mémoire : Les terrasses du fleuve Congo au Stanley Pool et leurs relations avec celles d'autres régions de la cuvette congolaise, par M. J. Lepersonne	152
Communication de M. F. Van den Branden (en collaboration avec M. R. Pottier) : Essais comparatifs du contrôle biologique de la glyphénarsine P. B. IV sur lapins et sur rats blancs.	167
Note de M ^{me} I. Boutakoff : Premières explorations méthodiques des gisements de l'âge de la pierre au Ruanda-Urundi. Abris sous roche, ateliers et stations en plein air (communication préliminaire, présentée par M. H. Schouteden)	179
Concours annuel de 1939	153
Divers	153

Section des Sciences techniques.

Séance du 29 janvier 1937... ..	202
Communication administrative	202
Communication de M. M. van de Putte : L'état actuel des recherches relatives au copal-Congo	204
Séance du 26 février 1937	224
Communication de M. G. Gillon : Progrès réalisés dans la protection des lignes électriques contre la foudre... ..	226
Séance du 24 mars 1937	245
Communication de M. M. De Roover : Les industries chimiques au Congo Belge	249
Note de M. E. Devroey : Note sur les études hydrographiques effectuées de 1933 à 1935 dans le chenal (couloir) (présentée par M. E. De Backer)	261
Concours annuel de 1939	248