

Institut Royal Colonial Belge

SECTION
DES SCIENCES TECHNIQUES

Mémoires. — Collection in-8°.
Tome VI, fasc. 2.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

SECTIE
VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling
in-8°. — Boek VI, afl. 2.

AMÉNAGEMENT DES CHUTES DE LA LUFIRA A KONI

PAR

R. BETTE

*Vice-Directeur de l'Institut Royal Colonial Belge,
Administrateur délégué de Sogefor.*



Avenue Marnix, 25
BRUXELLES

Marnixlaan, 25
BRUSSEL

1952

PRIX : Fr. 250
PRIJS :



AMÉNAGEMENT
DES
CHUTES DE LA LUFIRA
A KONI

PAR

R. BETTE

*Vice-Directeur de l'Institut Royal Colonial Belge,
Administrateur délégué de Sogeor.*

Mémoire présenté à la séance du 30 juin 1950.

AMÉNAGEMENT DES CHUTES DE LA LUFIRA A KONI

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Le tiers supérieur du cours de la LUFIRA, laquelle prend sa source dans les hauts plateaux du Sud du Katanga, est accidenté et présente notamment deux dénivellations principales situées à proximité les unes des autres.

L'étage amont de celles-ci est constitué à Mwadingusha par les Chutes CORNET d'une hauteur de 113 m environ.

Ces chutes ont été utilisées dès 1927-1929 par La Sté Générale des forces hydroélectriques du Katanga (Sogefor). L'aménagement d'origine comprenait un barrage réservoir (côte de retenue 206) et 3 groupes de 15.000 HP chacun. Dès 1939 le barrage fut sérieusement rehaussé (côte de retenue 209) et 2 groupes supplémentaires de 17.000 HP chacun installés. La centrale, dite Centrale Francqui, comporte donc 5 groupes d'une puissance totale de 79.000 HP.

A l'heure actuelle, cette centrale est toujours la plus importante du Congo et même de l'Afrique Centrale.

Le détail des importants travaux de 1939 a été exposé en 1941 ⁽¹⁾.

Immédiatement en aval de ces premières chutes, la Lufira présente une série de rapides à hauteur de KONI, créant sur une distance d'environ 10 km une dénivellation de l'ordre de 59 mètres.

(1) BETTE, R., Aménagement, hydro-électrique complet de la Lufira à « Chutes Cornet », par régularisation de la rivière (*Mémoires in-8° I.R.C.R.*, Bruxelles, 1941).

L'augmentation constante des besoins en énergie de l'Union Minière du Haut Katanga (U.M.H.K) atteignit un point tel qu'il s'avéra rapidement indispensable pour elle de rechercher d'autres sources d'énergie hydraulique que celle fournie par la Centrale Francqui.

Ces gros besoins et les précipitations anormales des années 1947 et 1948, dont l'équivalence ne fut jamais constatée au cours des 16 années précédentes, nous avaient amenés à augmenter à nouveau successivement en 1943, 1947 et 1948 la hauteur du barrage de Chutes Cornet pour porter finalement sa crête de la cote (209,25) à 210,10, créant ainsi un réservoir capable d'emmagasiner un milliard 400 millions de mètres cubes.

Ceci permit à la Centrale Francqui de fournir en 1948 plus de 440 millions de kWh, énergie toujours insuffisante cependant pour faire face aux besoins accrus de l'U.M.H.K.

Aussi, après examen de plusieurs chutes et compte tenu des avantages de la régularisation de la Lufira obtenue aux Chutes Cornet, la décision fut-elle prise d'aménager la tranche dont question ci-avant des rapides de cette rivière, malgré la situation topographique peu favorable du terrain.

Cependant, contrairement à ce qui se passa pour l'équipement du premier étage, l'U.M.H.K. désira équiper pour son compte l'étage de Koni en prenant cependant SOGEFOR comme ingénieur-conseil ; c'est donc à ce dernier titre et avec l'autorisation de l'U.M.H.K. qu'est faite la présente communication.

II. — PREMIÈRES ÉTUDES.

Dès avant la guerre de 1940, des études préliminaires (relevés topographiques, études géologiques, etc.) avaient été effectuées sur place par notre Directeur de l'époque,

M. NEIRYNCK et l'Ingénieur BUCHER depuis lors malheureusement décédé.

Simultanément, les études sur plans étaient entreprises en Belgique par Sogefor.

Quoique les années de guerre interrompirent complètement les relations entre les services d'Europe et d'Afrique, les études furent cependant poussées activement en Europe sur base des documents dont nous pouvions heureusement disposer.

Afin de rechercher la meilleure solution économiquement parlant, trois variantes de principe furent envisagées et étudiées séparément.

Pour montrer l'ampleur des études initiales nécessaires à la recherche du dispositif le plus avantageux, je vous donnerai ci-dessous les caractéristiques principales de ces variantes.

En plus de la Centrale, chacune d'elles comprenait :

Variante 1 :

a) Un barrage principal (à 2.200 m en aval de la Centrale Francqui) — Hauteur maximum : 10,50 m ; longueur en crête 188,60 m. Une partie de ce barrage devait être aménagée en déversoir pour l'évacuation des crues, restituées directement au lit ancien de la rivière ;

b) Une prise d'eau accolée à l'appui rive droite du barrage et commandant l'entrée des ouvrages d'amenée ; usine sur la rive droite ;

c) Des ouvrages d'amenée d'une longueur totale de 5.100 m environ, comprenant (outre la fermeture de deux petits cols à traverser) en plus de canaux à ciel ouvert :

- deux galeries de 532 m de longueur totale ;
 - un aqueduc de 106 m de longueur ;
- d) Une chambre de mise en charge ;

e) 2 conduites forcées de 480 m. de longueur et de 2,85 m de diamètre intérieur, menant à la Centrale située sur la rive droite ;

f) Un canal de fuite de 815 m. de longueur restituant à la rivière les eaux turbinées.

Variante 2 :

a) Un barrage de 33,30 m de hauteur maximum et 303 m de longueur en crête ;

b) Un évacuateur de crues ;

c) Une prise d'eau rive gauche, immédiatement en amont du barrage ;

d) Une galerie d'amenée sous pression, de 530 m de long, de 4 m de diamètre intérieur ;

e) Une cheminée d'équilibre ;

f) 2 Conduites forcées de 235 m de long et de 3 m de diamètre intérieur. Centrale rive gauche ;

g) Un canal de fuite de 600 mètres de longueur.

Variante 3 :

a) Un barrage de 27,30 m de hauteur maximum et de 390 m de longueur en crête ;

b) Un évacuateur de crues ;

c) Une prise d'eau rive gauche, immédiatement en amont du barrage ;

d) Une galerie d'amenée sous pression de 1300 m de longueur et de 4 m de diamètre ;

e) Une cheminée d'équilibre ;

f) Deux conduites forcées de 253 m ; Centrale rive gauche ;

g) Un canal de fuite de 600 m environ.

On voit combien ces trois variantes étaient différentes, tout en menant à la même puissance captée.

Le volume des excavations et des remblais de la variante 1 était évidemment de loin supérieur au correspondant des deux autres études.

Par contre, les cubes de béton y étaient très réduits.

Dès la fin de la guerre, les études sur le terrain reprirent sur base des trois projets ainsi établis en Belgique.

Les variantes 2 et 3 furent, tant pour des raisons économiques que vu la nature du terrain et le manque de gros matériel obtainable rapidement à l'époque, tour à tour abandonnées.

La variante 1 conservée subit cependant des modifications importantes, qui portèrent principalement sur la position, la nature du barrage et la situation de la centrale, compte tenu du désir du maître de l'œuvre de récupérer le maximum d'énergie possible.

III. — PROJET DÉFINITIF.

Le projet finalement adopté et actuellement réalisé est représenté fig. 1. Les Ingénieurs MM. PAHUD, STRAUVEN et MALEVEZ l'étudièrent spécialement.

Il comporte principalement :

a) Un barrage en enrochement de 19 m de hauteur sur terrain naturel et de 470 m de longueur en crête.

b) Un ouvrage de vidange qui permet la mise à sec du pied du barrage, tout en assurant si nécessaire l'évacuation du débit turbiné par la Centrale Francqui (cas d'arrêt de l'usine nouvelle).

c) Un évacuateur de crues de 160 m de long, équipé d'un clapet d'évacuation de corps flottants et capable d'évacuer l'énorme débit de 700 m cubes par seconde.

Nous reviendrons plus loin sur la raison d'être de ce chiffre, qui a nécessité le creusement dans la montagne d'une tranchée de dimensions considérables.

d) Les ouvrages d'amenée, soit :

Un avant-chenal de prise.

Une prise d'eau à 4 pertuis.

Un premier tronçon de canal à ciel ouvert, de 386 m de longueur.

Une galerie en charge, de 270 m de longueur.

Un siphon de 160 m de long.

Un second tronçon de canal à ciel ouvert de 429 m de long.

e) Une chambre de mise en charge.

f) 3 conduites forcées de diamètre variant entre 2,90 m et 2,70 m.

g) Un bâtiment de centrale logé au fond d'une excavation dans le rocher d'environ 35 m de profondeur avec, en annexe, mais à un niveau supérieur, un bâtiment d'appareillage et un atelier.

h) Les ouvrages de fuite, comportant :

Une chambre de fuite.

Une galerie fonctionnant à libre écoulement, de 370 m de long.

Un tronçon de canal revêtu, de 626 m de long.

Un second tronçon non revêtu, de 280 m de long, restituant à la rivière les eaux turbinées.

Vous voudrez remarquer la complexité de cet ensemble, en ce qui concerne spécialement l'amenée, la situation de la centrale et la restitution des eaux.

Le terrain, en effet, se présentait d'une façon fort désagréable (plutôt accidenté, au début, pour finir par une longue plaine basse), les rapides étaient nombreux mais de peu d'importance chacun. Par contre, on pouvait profiter de la régularisation de la rivière obtenue par les ouvrages de chutes Cornet.

L'ordre de commencer les travaux fut donné en novembre 1945.

A. Travaux préliminaires.

A cette dernière date, presque tous les travaux préliminaires devaient encore être entrepris. Ils furent l'œuvre du Directeur de l'époque, M. MELIGNON.

Seule, la nouvelle route étudiée par ce dernier et reliant la Centrale Francqui au nouveau chantier, était en voie d'achèvement. Cette route, de 13 km de long, située sur la rive droite de la Lufira, en terrain très difficile, et qu'il fallait prévoir pour un charroi lourd et important, a nécessité la construction de trois ponts permettant le passage de charges lourdes très importantes et franchissant successivement le canal d'amenée de la Centrale Francqui, la Lufira à l'aval du barrage Cornet, et enfin son affluent la Lupweshi à proximité de la Centrale projetée.

Cette rivière, petite en temps ordinaire, est sujette à des crues brutales et importantes dont les dimensions de l'ouvrage ont dû tenir compte.

D'autre part, vu la disparition pendant la guerre de la voie ferrée reliant au réseau principal la centrale Francqui, la route desservant cette usine et par laquelle il fallait passer, dut être aménagée spécialement et ses divers ponts fortement renforcés.

Les travaux préliminaires durent d'ailleurs être entrepris avec des moyens fort réduits. L'arrivée du personnel et plus spécialement du matériel, subirent de grands retards imputables aux conditions de l'après-guerre.

Pourtant, le programme était vaste et nécessitait des travaux préparatoires fort importants. Parmi ceux-ci, citons en premier lieu l'établissement de camps européens et indigènes.

On comprendra immédiatement l'importance de ces derniers travaux lorsque l'on saura que le chantier en pleine activité a occupé 145 agents européens suivis de leurs familles et plus de 3.000 manœuvres indigènes accompagnés également des leurs.

Le chantier de Koni se trouvant en brousse à près de 100 km de Jadotville, il fallait y créer de toutes pièces outre les habitations pour blancs, dispensaire, mess, chapelle, école, bureau de postes, etc., en plus, au village

indigène, un hôpital, une école et même, vu l'importance de cette agglomération, un poste militaire de police. Un quartier commerçant privé prit, par la suite, naissance dans ce groupement.

D'autre part, on dût naturellement organiser une importante distribution d'eau, alimentant aussi bien le chantier que les camps européens et indigènes. A cet effet, on construisit une station de pompage sur la Lufira et un réservoir d'eau d'une capacité de 600 m³ fut installé sur une colline proche des camps. De ce réservoir partait un réseau de tuyauteries, dont le développement atteignit 33 km.

L'établissement des chantiers proprement dits nécessita naturellement des travaux préliminaires extrêmement importants. Citons, par exemple, la création de 25 km de route, accessible au charroi lourd et desservant les divers chantiers ; l'établissement d'une usine de compression d'air, dont la puissance atteignit 1200 HP., avec réseau de tuyauteries métalliques d'une longueur de 20 km ; la création de vastes ateliers avec machines-outils pour réparations d'outillage, forgeage de fleurets, soudure électrique, menuiserie, etc. ; la construction d'une usine de concassage et de broyage des éléments rocheux nécessaires au béton, à laquelle on adjoignit une laverie à sable ; enfin, édification des bureaux de chantier et des magasins de stockage du matériel et du ciment.

Pendant la même période, une sous-station électrique à 6.600 V., alimentés par câble venant de la Centrale Francqui, fut établie, ainsi qu'un réseau électrique complet desservant les chantiers et les camps.

La construction de cet énorme ensemble prit naturellement du temps et ce n'est qu'en juin 1946 que l'on pût entamer les travaux préliminaires à l'édification proprement dite du barrage, à savoir le nettoyage complet des assises et les injections d'imperméabilisation

sous le parafouille futur, dans un terrain disloqué et à strates extrêmement redressées (fig. 2).

B. Caractéristiques des divers travaux.

1° Injections.

Ces travaux (exécutés par FORAKY sous la Direction de l'Ingénieur M. HUBER) furent entamés dès le 16 septembre 1946.

10 sondeuses ont été successivement mises en service.

Les travaux comportaient la réalisation d'une double file d'injections tout le long du parafouille, lequel devait, bien entendu, être descendu jusqu'au rocher suffisamment sain.

L'injection de la première file fut réalisée par sondage incliné de 30° sur la verticale, afin de rencontrer le plus de strates possible. La longueur normale du sondage était prévue en principe, de 35 m, soit 30 m verticalement.

Selon les résultats enregistrés, cette profondeur pouvait être réduite ; en roche fissurée par contre, elle devait être augmentée conformément aux conditions de Lugeon (10 kg de pression, 1 litre d'eau de perte par minute et par mètre de longueur) lorsque la tranche d'injection de 30 à 35 m absorbait encore des quantités importantes de lait de ciment.

Ces sondages étaient espacés de 8 m d'axe en axe.

Les injections de la seconde file, effectuées plutôt à titre de contrôle, étaient situées sur une ligne parallèle à la ligne d'injection primaire et à 8 m en retrait. Les trous étaient, bien entendu, disposés en quinconce.

Ces derniers sondages ont été forés verticalement, les prescriptions concernant les profondeurs à atteindre étant les mêmes que celles imposées pour le rideau primaire.

La roche de fondation du barrage présentait une fissuration particulièrement marquée parfois jusqu'à

10 m de profondeur. De ce chef, certaines injections ne furent commencées qu'à partir de 3,50 m de profondeur. Le parafouille en béton était alors, naturellement, descendu jusqu'à ce niveau.

Le nombre de sondages s'élève à 132, dont 66 en première file, 66 en injections secondaires.

Le tonnage total de ciment absorbé a été voisin de 1200 tonnes, soit une consommation moyenne par trou de 9 tonnes environ, répondant à 270 kg de ciment par mètre de forage.

2° Barrage.

Sa construction fut spécialement surveillée par l'Ingénieur DE COULON et exécutée par l'Entreprise locale FURNO.

Étant donné le type spécial de barrage réalisé (le premier en enrochement au Congo et même en Afrique Centrale), je m'étendrai quelque peu sur ce sujet.

Le choix d'un type de barrage est guidé par des considérations multiples, qui relèvent aussi bien de la topographie et de la géologie des lieux que du coût et des disponibilités locales en main-d'œuvre indigène et en matériaux (ciment, roche, sable, etc.).

Dans le cas du barrage actuel (dénommé Barrage BIA, en souvenir du Chef de l'expédition mémorable bien connue) cinq considérations ont plus particulièrement conduit à adopter ici un barrage en enrochement avec voile d'étanchéité.

Ce sont :

a) L'énorme fissuration superficielle de la roche de fondation (cfr fig. 2) qui, pour tout barrage d'un autre type eut nécessité des dérochements considérables.

b) La rareté et le coût élevé, à l'époque, des ciments locaux ou d'importation.

c) La disponibilité de bonne roche à proximité immédiate du chantier.

d) La réduction des moyens mécaniques à mettre en œuvre à une époque où il était difficile de s'en procurer rapidement.

e) La possibilité de séismes dans la région.

Le barrage de 470 m en crête, 19 m de hauteur sur parafouille comporte essentiellement (fig. 3) :

a) Un corps en enrochement déversé en vrac.

Pente amont $\frac{1,2}{1}$; Pente aval $\frac{1,4}{1}$.

b) Un parement amont constitué par de gros blocs mis en place avec soin et recouverts d'une maçonnerie sèche, grossière, en moellons, revêtue elle-même d'un enduit de ciment (recevant 2 couches de Flintkote nécessaire surtout pour assurer l'indépendance des dalles de revêtement par rapport à leur appui) suffisamment lissé que pour assurer un bon appui aux dalles de couverture.

c) Un dallage d'étanchéité en béton armé, recouvert de bitume, prenant appui sur le parafouille en béton règnant tout le long de l'ouvrage et descendu jusqu'à rencontrer en rocher dur les injections.

Le pied du parement aval a, de plus, été assuré par le dépôt de blocs volumineux.

L'enrochement du barrage et les gros blocs de parement proviennent de l'excavation du déversoir de sécurité voisin après élimination des roches tendres malheureusement rencontrées en grande quantité (schistes) au cours des travaux.

Afin d'en permettre de petits déplacements relatifs, le dallage d'étanchéité fut constitué de dalles de béton armé articulées, tant sur le parafouille, qu'entre elles, par joints de cuivre avec fermeture au bitume (joints verticaux plissés, joints horizontaux plans, tous les éléments brasés l'un sur l'autre).

Ces dalles ont en général 9 m \times 8 m. Leurs épaisseurs

croissent de 0,230 m en crête à 0,458 m à la base. Elles sont armées d'un quadrillage de fers ronds, d'épaisseur croissant de 12 à 16 mm.

Cependant, afin de faciliter le jeu des dalles dans la région où l'on pouvait s'attendre au maximum de déflexion propre locale, leur rangée inférieure fut construite sur hauteur réduite et appuyée en son pied, non sur l'enrochement dur, mais sur un matelas que nous voulions plus ou moins élastique et constitué par une forte épaisseur de béton maigre. Ceci se montra cependant insuffisant comme élasticité.

A noter que la constitution des dalles leur permet de résister éventuellement sans butée intérieure, à la pression de l'eau sur une surface vide de 2 m × 2 m.

Le niveau de la retenue normale étant (92,70 m), la crête du barrage fut établie à la cote (94,40) le niveau maximum des crues à prévoir se situant à (94). Cependant, un barrage en enrochement ne pouvant à aucun prix supporter de déversements, la rangée supérieure des dalles fut prolongée verticalement sur une hauteur de 1,20 m, de façon à constituer à la fois une revanche de sécurité et le parapet amont d'une route de 4 m réalisée en crête de l'ouvrage.

La retenue créée par celui-ci est de l'ordre de 28 millions de m³ d'eau, dont 9.000.000 turbinables.

Je signale ici qu'avant de nous arrêter au choix d'un barrage en enrochement, nous prîmes l'avis de l'ingénieur sud-africain ROBERTS, qui avait construit divers ouvrages de l'espèce.

3^o Galerie de dérivation et de vidange.

L'édification du barrage nécessitait la dérivation de la Lufira pendant le second stade de sa construction ; d'autre part, il convenait de prévoir pour l'avenir un ouvrage permettant de vider le lac constitué par le barrage et de mettre à sec le pied de celui-ci, tout en

permettant à l'Usine Francqui de continuer à fonctionner.

Dans ce double but, un ouvrage important situé entre l'appui rive droite du barrage et le déversoir a été construit. Il comprend (fig. 4) une tour en béton armé, de 26 m de hauteur, contenant la vanne de fond qui protégée par grille et batardeaux, commande l'accès d'une galerie de vidange ; cette galerie, revêtue, en fer à cheval, de 18,5 m² de section, a 140 m de longueur. La vanne roulante de 2,90 m × 3,80 m actionnée par servo-moteur, est de construction Neyret-Bélier.

Cette galerie permet d'évacuer, en écoulement libre, le débit des turbines de Chutes Cornet, soit 60 m³/sec. — A pleine ouverture de la vanne, le lac au niveau (92,70), la galerie alors en charge, pourrait débiter 150 mètres cubes par seconde. — Au demeurant, pour assurer dans pareille condition, sans battement, un débit régulier, la galerie, à l'aval immédiat de la vanne a été ventilée et de plus, vu la vitesse de l'eau à pleine ouverture, soigneusement blindée, ce qui a nécessité la construction d'un caisson métallique fort compliqué et de dimensions considérables.

A noter que, pendant les divers remplissages du lac créé par la retenue, cette galerie a permis de maintenir dans la Lufira, à l'aval du barrage, un débit minimum nécessaire tant aux riverains qu'à la sauvegarde des poissons.

La tour de commande est surmontée d'un bâtiment de manœuvre équipé entre autres d'un pont roulant de 10 tonnes, manœuvrant le batardeau de protection de la vanne et permettant le démontage de celle-ci.

4° Déversoir de sécurité.

Destiné à évacuer des venues d'eau, dont l'ordre de grandeur considérable est fixé à 700 m³/sec, il a exigé des travaux d'une importance énorme.

Pour le réaliser, la situation topographique a, en effet, nécessité le creusement en rocher d'une tranchée impressionnante, surtout si on la voit d'avion, au travers d'une colline de 30 m de hauteur, tranchée qui a d'ailleurs fourni l'enrochement du barrage. Le volume de roche en place extrait de cette tranchée a atteint 243.000 m³.

Le déversoir de sécurité proprement dit (fig. 5) est constitué par un seuil en béton de 1,70 m de hauteur et de 160 m de long, dont la crête est à la cote (92,70). A son extrémité rive droite est prévu un clapet destiné à évacuer les corps flottants qui pourraient obstruer les grilles de la prise d'eau. A son extrémité aval, la tranchée du déversoir est franchie par un pont en béton armé, à 4 travées livrant passage à la route qui met en communication le barrage, la prise d'eau et le chenal.

Comme dit ci-dessus, le déversoir tel que prévu permet d'évacuer 700 m³/sec. Des statistiques de longue durée montrent que la rivière n'a jamais atteint pareil débit. Si le chiffre de 700 m³ fut admis, c'est en considération de l'énormité du cube d'eau emmagasiné à l'amont du barrage de Chutes Cornet et pour tenir compte de l'éventualité d'une ouverture intempestive ou d'une rupture des vannes commandant pareille réserve. Le déversoir tel que prévu mettra les installations de Koni à l'abri des conséquences de pareille venue d'eau.

5° Ouvrages de prise d'eau.

Ils sont constitués essentiellement par un avant-chenal de 275 m de long, terminé par la prise d'eau proprement dite. L'avant-chenal de prise, dont la largeur varie de 50 m à l'amont à 25 m au droit de la prise, a dû être creusé en terrain schisteux et argileux, et a nécessité l'excavation de 42.000 m³ de terrain.

Le radier fut recouvert de dalles de schiste dur et les talus maçonnés en moellons grossièrement débrutis.

La prise d'eau par elle-même est un ouvrage entièrement bétonné, comportant 4 pertuis de 4,50 m de largeur chacun.

L'équipement comprend, pour chaque pertuis, une vanne roulante de 4,50 m \times 3,50 m et une grille fine située immédiatement à l'amont de celle-ci. Une paire de batardeaux (amont et aval) permet de mettre à sec n'importe quel pertuis, les dimensions des trois autres suffisant à assurer le passage du débit nécessaire aux turbines.

L'équipement est complété par une série de treuils fixes pour le levage des vannes, un mono-rail de manutention des grilles et batardeaux ainsi qu'un bâtiment couvert pour le stockage des éléments de ceux-ci.

6° *Ouvrages d'amenée.*

Ils s'étendent sur une longueur de près de 1300 m. D'amont en aval, on rencontre successivement un premier tronçon de canal, un tunnel, un siphon, un second tronçon de canal.

Les canaux ont une section trapézoïdale, dont la largeur au plafond est de 6,50 m, les talus présentant une inclinaison de 1/2.

Le radier a été égalisé par un béton de propreté et les parois latérales revêtues d'une maçonnerie de moellons. La pente des canaux, de 1,5 mm par mètre, crée une vitesse de l'eau n'excédant pas 1 mètre par seconde.

Sur une partie importante de leur parcours, les ouvrages d'amenée devaient franchir une colline et immédiatement après un ravin peu profond. La colline fut traversée par un tunnel en roche de 22,4 m² de section, en fer à cheval. A la sortie de la colline, le tunnel se prolonge, pour franchir la dépression précitée par un énorme siphon en béton armé de section identique. Le point bas du siphon est muni de tuyauteries de

vidange et de vannes, ainsi que d'un reniflard destiné à évacuer l'air lors du remplissage.

Lors des études, deux solutions avaient été envisagées pour franchir le ravin en question : soit siphon, soit aqueduc. Les études comparatives permirent de conclure que, tant au point de vue écoulement, qu'au point de vue économique, il y avait intérêt d'adopter la solution siphon.

Mais la succession tunnel-siphon demandait à être étudiée de près au point de vue hydraulique. Des essais sur modèle réduit permirent de déterminer convenablement, compte tenu de déclenchements de la Centrale, spécialement l'entrée et la profondeur du tunnel, ainsi que le tracé du raccordement de la sortie du siphon au canal à l'air libre qui lui fait suite. En particulier ces essais nous permirent de réaliser par le tracé ainsi choisi un gain de plus de 0,20 m sur les pertes de charge totales dans les ouvrage d'aménée.

A son extrémité aval, le canal d'aménée s'élargit pour former bassin de mise en charge, d'une capacité de 6.000 mètres cubes environ. On notera avec intérêt qu'au débit de $60 \text{ m}^3/\text{sec}$, les pertes de charge depuis l'ouvrage de prise d'eau jusqu'à la chambre de charge sont de l'ordre de 1,16 m seulement. Le bassin de charge, d'où partent trois conduites forcées, est limité par le mur bétonné de la chambre.

Cet ouvrage considérable (fig. 6), d'une hauteur de plus de 16 m, affecte le profil d'un barrage-poids, auquel on peut d'ailleurs l'assimiler.

Son équipement est constitué par : 3 vannes de $2,60 \text{ m} \times 3,40 \text{ m}$ en tête des conduites forcées, commandées par servo-moteur ; un triple jeu de batardeaux manœuvrés par un pont roulant de 10 tonnes ; une grille fine protégeant chaque vanne et un rateau dégrilleur (fig. 7).

Compte tenu des ennuis que nous avons rencontrés

précédemment dans un ouvrage de l'espèce, la grille, particulièrement robuste, appuyée sur béquilles en béton armé, a été dimensionnée pour résister à la poussée totale des eaux en cas d'obstruction par herbes flottantes. Une vanne de chasse, installée à l'extrémité d'un caniveau longeant le pied des grilles, en assure le dégrèvement.

Un déversoir de sécurité a été prévu sur la rive gauche à l'amont du bassin de la chambre pour parer aux effets de l'onde hydraulique inévitable en cas de déclenchement à la centrale.

7° Conduites forcées.

Les trois conduites forcées, entièrement séparées et réservées chacune à un groupe générateur, ont à leur départ un diamètre de 2,90 m. Elles passent de la section rectangulaire à la section ronde dans le corps même de la chambre de charge, puis descendent à l'air libre dans une énorme tranchée à 45° vers la centrale. Chaque conduite a une longueur développée de 100 m environ. Les divers tronçons de conduite sont en tôles soudées en usine, les divers tronçons assemblés par rivure au chantier.

L'épaisseur de la tôle croît de 10 mm en amont pour atteindre 16 mm au coude inférieur.

7 socles d'appui intermédiaires ont été établis et les conduites ont été très solidement renforcées par des raidisseurs en plats de 120 × 20 espacés de 2 m d'axe en axe. Les socles d'appui sont munis d'ailleurs d'une selle de glissement.

Ces renforcements très sérieux ont été réalisés en suite d'essais sur modèle réduit effectués aux Usines Neyret-Beglier, qui ont montré qu'en cas de rupture d'une conduite, la violente trombe d'eau projetée pouvait atteindre la centrale et, dépassant celle-ci, arriver même jusqu'au poste de transformation. Un tunnel d'évacua-

tion des eaux eut été inopérant et il convenait donc de prendre toutes les précautions possibles pour éviter pareil accident.

D'ailleurs, malgré la solidité exceptionnelle donnée à la conduite forcée, un dispositif de sécurité a été spécialement prévu pour protéger la centrale contre leur rupture éventuelle. Il consiste essentiellement en un détecteur de survitesse à palette, installé en tête de chaque conduite. Si la vitesse de l'eau dans celle-ci excède sensiblement la vitesse normale, le détecteur actionne un contact qui, mettant en action le servomoteur, doit permettre la fermeture presque instantanée de la vanne de tête correspondante.

Toutefois, pendant le laps de temps nécessaire à ce fonctionnement, un volume d'eau peut-être important, s'échappera et viendra s'accumuler contre la façade amont de la centrale située, comme on le verra plus loin, au fond d'une énorme excavation. La partie inférieure de la paroi amont de la centrale a été, dans ce but, prévue pleine, en béton armé, et calculée pour résister à la poussée de pareilles venues d'eau, qui seraient alors évacuées par les pompes prévues à cet effet.

Bien entendu, un large reniflard débouchant directement à l'air libre a été prévu au droit de chaque détecteur pour éviter, en cas de fonctionnement de celui-ci, l'apparition du vide dans la conduite.

Signalons enfin l'existence sur chaque conduite de deux trous d'homme, l'un en tête, l'autre à la base ; d'un joint de dilatation à la partie supérieure de chaque tronçon à 45° ; d'un dispositif de mesure du débit par moulinet et d'un appareillage permettant la mesure permanente des débits par différence de pression.

L'énorme tranchée rocheuse des conduites forcées est parcourue par une voie ferrée sur laquelle circule un chariot manœuvré par treuil, et qui a servi à la mise en place des divers éléments du tubage.

Signalons ici que, pour réduire le cube considérable de la tranchée rocheuse à excaver pour loger les trois conduites, celles-ci ont été maintenues parallèles sur la majorité de leur longueur et divergent (visible sur la fig. 8) vers chacune des trois turbines à leur partie inférieure. Ce dispositif, économique en réalisation, entraîna par contre des difficultés dans l'implantation et la réalisation des aspirateurs débouchant dans la chambre de fuite, lesquels de ce chef sont différents les uns des autres, ainsi d'ailleurs que le dispositif de commande des aubes de réglage des turbines.

8° Centrale.

Comme signalé précédemment, en vue de capter le plus économiquement possible le maximum d'énergie, il a fallu, compte tenu de la topographie, installer la centrale au fond d'une énorme excavation en forme de puits pratiqué dans un rocher très dur.

La cote du terrain naturel étant à cet endroit environ (60), le fond des fouilles devant descendre à la cote (25), on se rendra compte de l'énormité de ce travail titanesque qui a exigé le dérochement et la remonte en surface de plus de 160.000 mètres cubes de roche particulièrement résistante, à extraire d'un véritable gouffre (fig. 8).

Vu cette situation de l'usine, les escaliers et les issues d'urgence ont été multipliés, tant à l'intérieur que le long des parois de l'excavation.

Indépendamment de la centrale proprement dite (avec son annexe amont au pied des conduites, contenant les vannes sphériques couvrant chaque turbine et disposant spécialement d'un pont de 10 tonnes), furent édifiés sur une plateforme dérochée à la cote (52,50), un important atelier, le bâtiment d'appareillage et le poste de transformation.

Les pièces de machines, dont le montage fut surveillé spécialement par l'Ingénieur M. GNOUTSCHEFF, doivent être descendues par pont roulant de 40 tonnes, par l'intermédiaire d'un puits mettant en communication l'atelier et le fond de la centrale. Un énorme pont roulant de 80 tonnes, permettant de soulever un groupe complet, a d'ailleurs été installé dans la salle des machines qui contient trois turbines Escher Wyss de 20.100 HP chacune.

Ces turbines, tournant à 333 tours par minute, sont accouplées directement à des alternateurs A.C.E.C. 6.600 V. de 15.600 kVA. de puissance chacun.

La réfrigération des alternateurs se fait, pour éviter le plus possible l'humidité, en circuit fermé, avec refroidissement à l'eau de l'air en circulation. En vue d'assurer la fourniture de l'eau nécessaire à cet effet, un château d'eau de 320 m³ alimenté par prise dans la chambre de charge, a été installé sur le flanc de la montagne.

Les câbles de puissance des alternateurs, montés sur étagères dans une galerie à câbles, remontent en bout de la centrale vers le bâtiment d'appareillage, en profitant de la cage d'un ascenseur qui met en liaison les divers niveaux du bâtiment des machines et de son annexe.

Le bâtiment d'appareillage, le bâtiment des ateliers et le poste de transformation, sont, comme nous l'avons dit, installés sur la plate-forme commune, obtenue par dérochement du terrain à la cote (52,50).

Vu l'encastrement de la Centrale dans le rocher, un *dispositif complet de drainage* a été prévu tout autour d'elle.

Essentiellement :

A. Au-dessus du niveau (52,50) (plate-forme du poste de transformation) :

La plate-forme du poste de transformation est drainée par un réseau de caniveaux et de tuyauteries qui convergent vers la Lupweshi et y déversent les eaux récoltées.

En outre, la tranchée des conduites forcées a été barrée par un muret maçonné à un niveau supérieur à (52,50). De là, les eaux de ruissellement s'écoulent dans un caniveau ménagé dans le revêtement du talus de la tranchée, et rejoignent le réseau de drainage de la plateforme.

B. Entre les niveaux (52,50) et (36,50) (niveau des plus hautes eaux dans la chambre de fuite) :

Des caniveaux en béton ont été installés entre les murs extérieurs de la centrale et le rocher de l'excavation. Ces caniveaux convergent en descendant vers la chambre de fuite où les eaux sont déversées.

C. Sous le niveau (36,50) :

Un deuxième réseau de caniveaux en béton entoure la centrale entre les niveaux (33,50) et (32,50). Ces caniveaux ramènent les eaux récoltées vers deux puisards situés à l'intérieur de la centrale, d'où les eaux sont reprises par pompes et refoulées dans la chambre de fuite.

Les eaux provenant de la tranchée des conduites forcées sous le niveau (52,50) aboutissent de même par tuyauteries dans les puisards précités de la centrale.

Le poste de transformation contient essentiellement 3 groupes A.C.E.C. de trois transfos monophasés 6.600 / 120.000 V. de 5.200 kVA chacun, ainsi que les transfos auxiliaires abaissant la tension de 6.600 aux tensions nécessaires tant à l'éclairage qu'aux divers services auxiliaires.

Enfin, à proximité de la centrale, se trouve installé un bâtiment annexe abritant les tanks à huile.

9° *Ouvrages de fuite.*

Ils comprennent successivement : une chambre de fuite à la sortie des aspirateurs des turbines, dont le dimensionnement avait été contrôlé au préalable par essais sur modèle réduit ; une galerie de fuite à libre écoulement creusée dans le rocher. Cette galerie, dont l'amorce d'entrée est visible sur la fig. 8 présente une longueur de 370 m et 29,25 m² de section ; le radier et les piedroits furent bétonnés, la voûte simplement gunitée, les têtes d'entrée et de sortie de la galerie étant, bien entendu, entièrement bétonnées.

Cette galerie est prolongée par un canal à ciel ouvert (dont les talus furent en partie revêtus, en partie gunités), d'une longueur totale de 906 m. Le creusement de ce canal nécessita, vu la topographie, la construction de quelques digues de protection.

On notera spécialement que la restitution à la rivière fut réalisée en utilisant, à l'abri d'une longue digue spécialement construite, un bras peu actif de la Lufira.

Le radier du canal de fuite n'a pas été revêtu.

C. Exécution des travaux.

Les travaux furent exécutés sous la direction générale supérieure de M. SUNNEN, Directeur général de SOGEFOR, et de M. l'Ingénieur URBAIN, représentant le maître de l'œuvre.

L'exécution des ouvrages comportait évidemment comme base de nivellement, la nécessité absolue du transport exact du niveau de la restitution de la centrale Francqui, sur le terrain des ouvrages de Koni. Afin d'éviter toute erreur, les opérations de transport du niveau furent recommencées une série de fois avec la plus grande précision. Le résultat des opérations permit de conclure à l'exactitude du transport à moins d'un

millimètre près !! Résultat remarquable, tout à l'honneur du géomètre M. LIBERT qui l'effectua, étant donné la nature du terrain rencontré et la distance à parcourir (plus de 13 km).

Nous noterons ici que le système de cote employé répond, pour des raisons pratiques, à celui utilisé lors des travaux de Mwadingusha et correspond aux cotes du nivellement absolu diminuées de 899 m.

A signaler également que les ouvrages entraînèrent la disparition de deux villages indigènes et que la très ancienne mission de Koni coupée de ses ouailles par le lac créé par le barrage, dût être abandonnée et transférée ailleurs.

a) *Barrage.*

Comme nous l'avons vu, il est implanté perpendiculairement au lit de la Lufira et devait naturellement pouvoir être construit à sec.

On creusa dans ce but, le long de la rive gauche de la rivière, un canal de dérivation de celle-ci.

Simultanément, des digues de protection furent élevées pour mettre le chantier à l'abri des crues de la rivière. Le canal fut franchi à l'amont immédiat du barrage par un pont à 4 travées prévues pour l'installation ultérieure de batardeaux.

En même temps, dans la digue de protection perpendiculaire au barrage et élevée dans le but dit ci-dessus, fut prévue une ouverture également franchie par un pont du même genre dont, au début des travaux, les batardeaux furent maintenus fermés.

La rivière fut, par remblais rocheux, dérivée dans le nouveau canal en octobre 1946. Dès ce moment, les travaux d'excavation du parafoille, le nettoyage de l'assise du barrage et les injections du sous-sol purent être poursuivis activement.

Simultanément, l'excavation du déversoir fut entamée

et sitôt atteinte la roche saine, soit le 1^{er} mai 1947, les éléments extraits servirent à l'enrochement du barrage, les matériaux amenés par trains de wagonnets tirés par loco-Diesel.

Le rendement de l'enrochement qui, au début n'atteignit que 2.900 m³ par mois, alla en augmentant pour atteindre 15.000 m³ en septembre 1948. L'enrochement fut terminé à mi-mars 1949, époque à laquelle 198.700 m³ avaient été mis en place, (après avoir été transportés en moyenne à 550 m de distance), soit à la cadence moyenne, mensuelle, de 8.900 m³.

Afin d'obtenir un pourcentage de vide aussi faible que possible, le corps de l'enrochement a été constitué par des éléments de toutes dimensions et, afin de réduire le plus possible les tassements, l'enrochement a été arrosé en abondance à tous les stades d'avancement depuis et y compris le chargement des wagonnets en carrière.

La quantité d'eau totale utilisée dans ce but a atteint plus de 8 m³ par mètre cube d'enrochement.

Par contre, on n'a pas recherché systématiquement un tassement mécanique spécial par rouleau compresseur ou autre, qui aurait eu pour conséquence de fragmenter l'enrochement en éléments de petites dimensions.

Pendant que se poursuivait la mise en place de l'enrochement du barrage, les bétonnages du parafouille et la mise en place des gros blocs du parement amont étaient entamés (fig. 9). Ces blocs, de 2.000 kg environ, étaient mis en place par grues, les vides qu'ils laissaient entre eux étant soigneusement calés par des blocs de dimensions plus petites. Dès que le parement en gros blocs atteignait une hauteur suffisante, la maçonnerie sèche de recouvrement était entamée, ainsi que son enduit de mortier sur lequel par la suite fut appliquée une couche d'enduit bitumineux (Flintkote) destinée à empêcher toute adhérence entre le corps proprement

dit de l'ouvrage et les dalles qui devaient le recouvrir.

Au total, 181 dalles furent installées. La cadence maximum fut atteinte en janvier 1949, mois pendant lequel 34 dalles furent exécutées.

Comme dit plus haut, la mise à sec du chantier avait nécessité la dérivation provisoire de la rivière par un canal rive gauche. Sitôt terminé le gros œuvre de la partie droite du barrage sur une hauteur suffisante, ce canal fut fermé par la mise en place des batardeaux prévus au premier pont précité, les batardeaux du second pont furent ouverts et la rivière détournée par un chenal grossièrement approprié dans l'ancien lit. Ce chenal court parallèlement au barrage vers la galerie de dérivation percée dans l'intervalle, couverte par l'ouvrage de tête dont nous avons parlé précédemment et creusée dans colline recevant le barrage en rive droite.

Sitôt ce nouveau détournement achevé, la fermeture définitive de l'ouvrage pouvait être entreprise. Pour réduire la longueur des transports, une nouvelle carrière fut ouverte dans la colline de la rive gauche, les matériaux destinés à l'enrochement étant descendus, cette fois, de la carrière par wagonnets roulant sur plan incliné.

Les travaux du barrage furent complètement terminés (fig. 10) fin février 1949 et la première mise en eau s'effectua sans incident du 28 mars au début d'avril 1949, les dalles n'ayant pas encore été intentionnellement, recouvertes de bitume.

A cette date d'ailleurs, le grand déversoir avait le seuil bétonné et l'excavation suffisamment avancée que pour laisser passer le débit normal de la Lufira après remplissage du lac de Koni.

Il est intéressant de noter les renseignements ci-dessous qui caractérisent la façon dont s'est comporté cet enrochement :

1. *Tassements.*

De nombreux repères avaient été installés, tant sur les dalles de revêtement de l'ouvrage que le long du parapet de celui-ci, parapet qui, rappelons-le, fait corps avec la dernière rangée de dalles.

Ces repères furent, avant la première mise en charge de l'ouvrage, non seulement soigneusement nivelés, mais déterminés en position par rapport à des points fixes extérieurs.

Huit jours après la première mise en charge (mars 1949), le lac fut vidé. L'examen des repères du parapet montra un tassement vertical maximum de l'ordre de 45 mm et un glissement horizontal de 51 mm. Le déplacement total maximum était donc de l'ordre de 68 mm soit 3,5 ‰ de la hauteur de l'ouvrage.

Mais, il est à remarquer que des tassements plus accentués furent constatés dans le corps de l'ouvrage, dans la région du barrage correspondant à la zone de contact des deux remblais rocheux en provenance l'un de la rive droite, l'autre de la rive gauche (zone correspondant d'ailleurs à la région de fermeture de la première dérivation de la rivière). Le maximum de déplacement fut observé alors au niveau (83,80) où il n'atteignit cependant au total que 150 mm, soit 1,5 ‰ de la hauteur en ce point.

Depuis la mise en charge définitive de l'ouvrage, les repères du parapet — seuls restés accessibles — sont régulièrement nivelés.

Leurs déplacements continuèrent naturellement à augmenter, mais à allure réduite.

Au 8 mars dernier, le déplacement total maximum (0,085 + 0,088) mesuré au parapet ne dépassait pas 122 mm, soit 6,5 ‰; au 15 mars, ces chiffres devenaient (0,087 + 0,091), soit 0,126; au 28 juin de cette année, dernières mesures que nous ayons, soit après 15 mois de

mise sous eau, on enregistrait (0,93 + 0,099) soit 0,136 m de déplacement total, on environ 7,2 ‰ de la hauteur du barrage, résultat très satisfaisant (1).

L'ensemble de l'ouvrage s'est donc parfaitement comporté. J'ai cependant pu constater, après la première vidange, à environ 2 m au-dessus du pied du barrage, une légère fissure longitudinale dans les parties tendues des dalles, dont aucune cependant n'était rompue. Vu son peu d'importance, nous nous bornâmes à la remplir soigneusement de Flintkote, pour éviter autant que possible l'introduction de la pression dans l'intérieur du revêtement.

Peut-être eut-il été possible d'éviter ces fissures en réduisant davantage encore la hauteur de la première rangée de dalles, en les appuyant sur un matelas plus élastique que celui réalisé et de plus d'ampleur.

Le graphique fig. 12, donne les courbes de tassement de la surface déformée du barrage après la première mise sous eau. — Il est particulièrement intéressant car il met en évidence une ligne de tassement maximum qui se développe dans un plan horizontal, au tiers environ de la hauteur du remblai, avec un point bas dans le plan de jonction des deux parties remblayées à partir de la rive droite et à partir de la rive gauche, sensiblement au droit du Canal de dérivation.

Il est par ailleurs intéressant de noter que quelques jours après la première vidange, le lac étant vide, le contrôle de la position des repères a montré une revenue vers leur position première de l'ordre de 1 mm. Cette constatation ayant été systématique pour tous les points contrôlés, il ne peut être question d'erreurs de mesure : le barrage en enrochement, malgré sa constitution, présente une certaine élasticité.

(1) Depuis que j'ai eu l'honneur de faire le présent exposé, les mensurations ont été continuées. Le graphique ci contre (fig. 11), donne l'allure complète des tassements jusque fin janvier 1951. Ils tendent nettement vers la stabilisation.

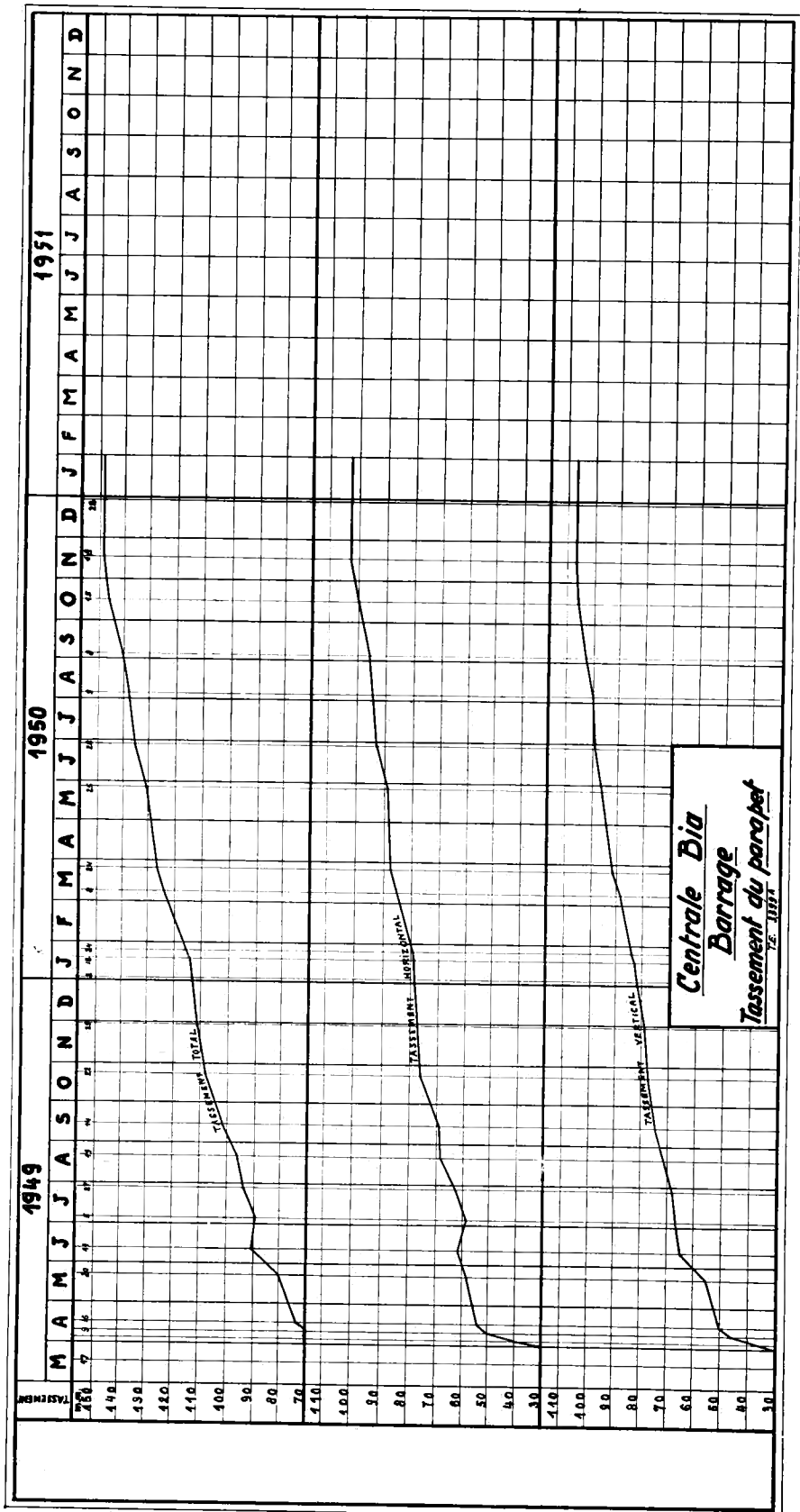


Fig. 11. — Tassement du parapet du barrage de la centrale de Bia.

Etanchéité.

Les diverses fuites, collectées dans deux drains au pied aval du barrage, ont accusé au début, avant application de la couche extérieure d'enduit bitumineux sur les dalles, le débit faible de 3,5 l/sec.

Après la première vidange d'épreuve, la couche de Flintkote fut appliquée et les pertes descendirent après second remplissage à 2,15 l/sec pour décroître progressivement à 0,3 l/sec en octobre 1949 (fin saison sèche).

Pendant la saison des pluies les mesures sont naturellement sans valeurs. Il est évident qu'en saison humide, les chiffres que l'on peut mesurer sont sans signification comparative, participants qu'ils sont aux venues d'eaux atmosphériques sur cet énorme remblai. Ils n'ont cependant, même pendant cette période, jamais dépassé 2 l/sec.

Actuellement, mi-saison sèche et après un an, les débits de fuite mesurés ne dépassent pas 0,625 l/sec (tassement et colmatage non terminés) résultat très satisfaisant, surtout vu la longueur considérable de l'ouvrage.

b) Tunnel de vidange.

Si l'exécution du tunnel de vidange de 140 m de longueur ne présenta pas de difficultés spéciales, le rocher rencontré étant, en général, de bonne qualité, il n'en fut pas de même de la tour de garde, dont l'exécution comprenait une tranchée verticale de 26 m de hauteur dans le flanc de la colline à un endroit où l'on rencontra en abondance du schiste délité de très mauvaise qualité.

Le travail fut rendu particulièrement pénible par les fréquentes chutes de pierre. Il fut cependant mené à bien sans accidents, malgré les pluies abondantes qui marquèrent l'achèvement de la fouille au fond de laquelle

s'amorçait la galerie de vidange. La deuxième dérivation de la rivière y amena les eaux mi-juillet 1948.

c) *Ouvrages d'aménée.*

L'exécution de la galerie d'aménée en charge, bétonnée sur toute sa longueur, à épaisseurs variables, avec ou sans armature suivant le terrain rencontré, et le creusement des deux tronçons de canal n'ont pas présenté de difficultés spéciales.

Seule l'énormité du dérochement est à noter, surtout vu la profondeur moyenne considérable (plus de 10 mètres) des excavations ; 68.000 m³ de roche furent dérochés à l'explosif pour le canal tronçon 1, 76.000 pour le canal tronçon 2. A noter que ces divers travaux ne furent pas exécutés d'affilée, mais ils servirent de volant à l'emploi de la main-d'œuvre suivant les nécessités du moment.

Quant à l'exécution du siphon, travail important et difficile, il fut bétonné par tronçons non contigus de 9,40 m de long, des joints libres de 1,60 m étant prévus entre les éléments consécutifs achevés. Ces joints ne furent bétonnés qu'après un délai minimum de huit semaines. Les conséquences du retrait furent ainsi minimisées. Le siphon fut d'ailleurs protégé contre les variations de température par un remblai de terre de 1,50 m d'épaisseur.

d) *Chambre de mise en charge — Tranchée des conduites forcées — Excavations de la centrale.*

Les difficultés rencontrées dans l'exécution en plein rocher et à grande profondeur des énormes excavations de la tranchée des conduites, et surtout de la centrale, ont dépassé toutes prévisions. L'exiguïté du chantier, le gigantesque collecteur d'eau pluviale que constituait le puits de la centrale dans lequel venaient se déverser

les eaux descendant en torrent de la tranchée créèrent de bien grosses difficultés. En période de pluie, par exemple, l'exhaure suffisait à peine à évacuer le résultat des grosses averses et à plusieurs reprises le fond du chantier fut inondé.

Les déblais rocheux furent évacués partie par plan incliné, partie par galerie souterraine, partie, au début, directement par grues.

Ces excavations, réalisées avec succès par la firme locale LODONE ET OGLIETTI, furent entamées en janvier 1947, mais il fallut attendre août 1948 pour voir terminés l'excavation des 164.000 m³ de roche extra dure à enlever.

A noter ici l'énorme usure des grues, pelles et surtout des chenilles des divers appareils, la roche se montrant particulièrement abrasive.

e) *Conduites forcées.*

Le gabarit des chemins de fer utilisés imposait aux colis à transporter une limite telle que pour réduire l'encombrement, les anneaux de renforcement des tuyauteries, dont nous avons parlé, ne purent être soudés en Europe et durent l'être sur place.

Koni n'étant relié au chemin de fer que par une route de près de 100 km, celle-ci dût être appropriée aux transports par tracteur de 150 HP. avec remorque pour 50 tonnes, les ponts renforcés et des évitements prévus périodiquement pour permettre le croisement de ces longs convois.

f) *Centrale.*

Elle fut construite par la société TRABEKA sous la direction des ingénieurs BERNIZET et CLAUS. La fig. 13 en donne une coupe transversale.

A signaler spécialement les difficultés de réalisation du coffrage des tuyauteries d'aspiration des turbines.

Cette charpente, de dimensions considérables, qu'il fallait descendre intacte au fond de la fouille, devait, suivant les exigences du constructeur de turbines, être profilée tout à fait exactement et réalisée de façon à obtenir la surface bétonnée de l'intrados la plus lisse possible.

L'emploi de bois indigène s'avéra, pour ces raisons, impossible, vu son gauchissement rapide. Il fallut les constituer en bois du Nord que l'on dut d'ailleurs recouvrir avant bétonnage, de tôles de cuivre de 0,6 mm.

g) *Tunnel et canaux de fuite.*

Leur excavation énorme, comportant 110.000 m³ de roche entièrement à miner, fut effectuée partie à la grue, partie par plans inclinés et wagonnets. Elle fut terminée fin septembre 1949.

Le creusement du canal de fuite nécessita, vu la topographie, la construction de quelques digues de protection.

Il est intéressant de mentionner que pour une excavation totale en rocher d'environ 800.000 m³, la consommation d'explosif (gelignite et barutite) a atteint environ 225 tonnes, soit 280 gr au m³. Cependant, la dislocation des roches particulièrement dures du puits de la centrale a exigé 400 gr d'explosif au m³. Dans cette partie des travaux, il est vrai, on ne pouvait procéder que par minage au fleuret, dans des trous ne dépassant pas 1,20 m de profondeur. Dans le creusement de l'énorme chenal du déversoir, on a, par contre, pu procéder par minages profonds du front d'attaque.

Le 30 décembre 1949 la première turbine tournait ; deux turbines sont actuellement en fonctionnement ; la troisième est en montage.

On peut donc considérer que l'exécution de l'ensemble

des travaux aura duré, indépendamment du temps consacré aux études et recherches préliminaires, quatre années et demie.

Ci-dessous, un relevé final des travaux effectués et des matériaux mis en œuvre :

— Fouilles en excavations : 940.000 m³ presque entièrement en rocher (dont 160.000 m³ en rocher pour la centrale et 243.000 m³ en rocher pour le déversoir).

— Tunnels : 780 m de long, correspondant à 24.000 m³ de dérochement.

— Enrochement du barrage: 199.000 m³.

— Bétonnage : 31.500 m³.

— Maçonneries en moellons : 18.000 m³.

— Surfaces gunitées : 20.000 m².

— Ciment : 14.000 tonnes.

— Fers à béton : 1580 tonnes.

— Énergie électrique consommée : plus de 15 millions de kWh.

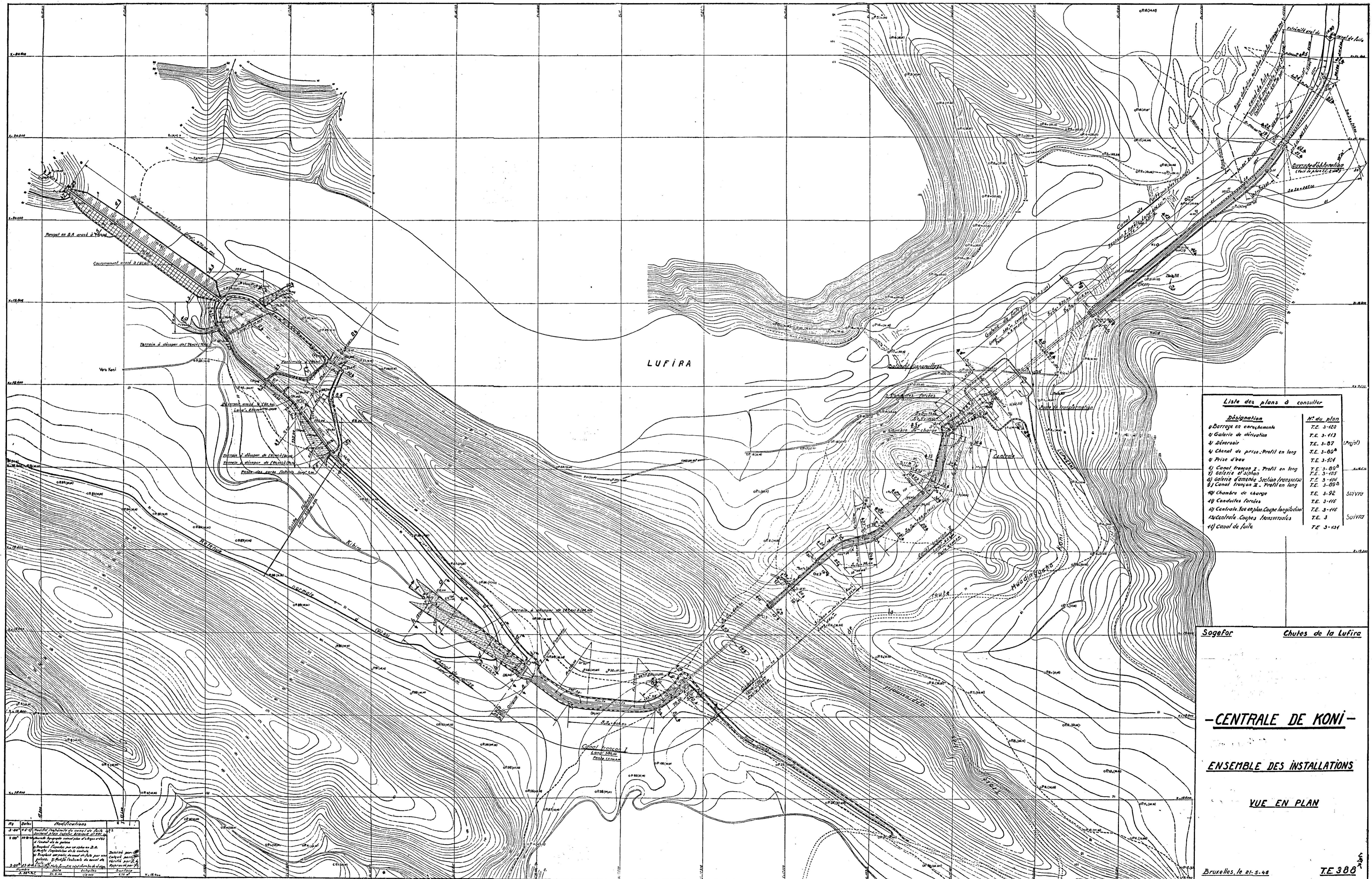
Je m'en voudrais, en terminant, de ne pas rappeler le concours particulièrement utile et efficient que nous avons trouvé, tant chez l'U.M.H.K. (Ateliers d'Afrique et personnel), que dans les bureaux d'étude de la Société de Traction et d'Électricité.

Je considère, d'autre part, comme un devoir de remercier M. l'Ingénieur DE HOUCK qui, ayant participé activement à la surveillance d'exécution des travaux, m'a aidé dans la recollection de nombreux documents et renseignements qui figurent au présent exposé.

30 juin 1950.

TABLE DES FIGURES.

- Figure 1. — Ensemble des installations de la centrale de Koni (plan hors-texte).
- Figure 2. — Aspect du sol dans l'axe du barrage (photo hors-texte).
- Figure 3. — Coupe type du barrage en enrochements tel qu'exécuté (plan hors-texte).
- Figure 4. — Tour de commande de la vanne de vidange (photo hors-texte).
- Figure 5. — Déversoir et sa tranchée vus d'aval (photo hors-texte).
- Figure 6. — Chambre de mise en charge (photo hors-texte).
- Figure 7. — Ensemble de la chambre de mise en charge (plan hors-texte).
- Figure 8. — Excavation de la centrale (photo hors-texte).
- Figure 9. — Mise en place des gros blocs du parement amont (photo hors-texte).
- Figure 10. — Barrage terminé (photo hors-texte).
- Figure 11. — Tassement du parapet du barrage de la centrale de Bia (graphique). page 30
- Figure 12. — Courbes de tassement de la surface du revêtement (graphique hors-texte).
- Figure 13. — Coupe transversale de l'ensemble du bâtiment des machines (plan hors-texte).



Liste des plans à consulter

Désignation	N° du plan
1) Barrage en enrochement	T.E. 3-120
2) Galerie de dérivation	T.E. 3-113
3) Déversoir	T.E. 3-87 (Proj ^{ts})
4) Canal de prise - Profil en long	T.E. 3-89 ^a
5) Prise d'eau	T.E. 3-104
6) Canal tronçon I - Profil en long	T.E. 3-89 ^b
7) Galerie d'amenée - Section transversale	T.E. 3-105
8) Canal tronçon II - Profil en long	T.E. 3-89 ^b
9) Chambre de charge	T.E. 3-92
10) Conduites forcées	T.E. 3-116
11) Centrale - Vue en plan - Coupe longitudinale	T.E. 3-116
12) Centrale - Coupes transversales	T.E. 3
13) Canal de fuite	T.E. 3-131

Sogefar Chutes de la Lufira

-CENTRALE DE KONI-

ENSEMBLE DES INSTALLATIONS

VUE EN PLAN

Bruxelles, le 21-5-50 T.E. 300

N°	Date	Modifications
1	21-5-50	Projet initial
2	21-5-50	Projet définitif

FIG. 1. - Ensemble des installations de la centrale de Koni.





FIG. 2. — Aspect du sol dans l'axe du barrage.

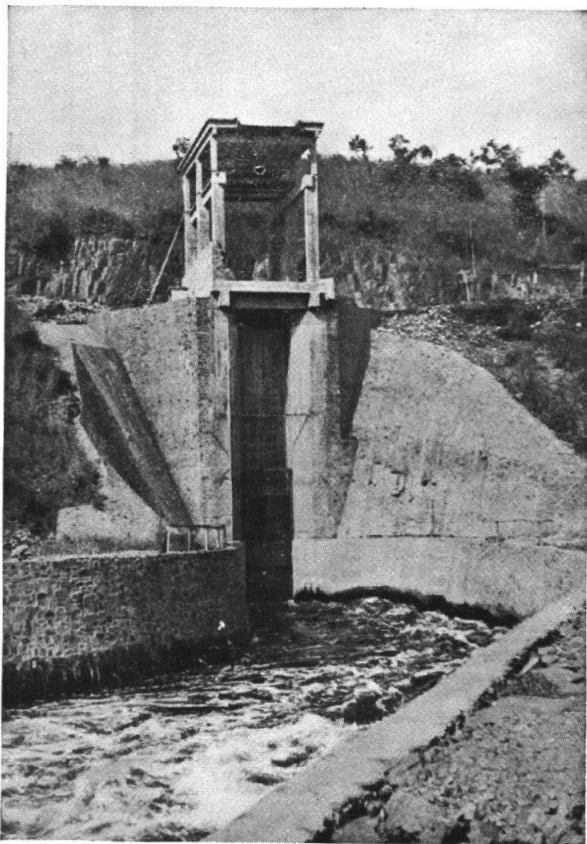


FIG. 4. — Tour de commande de la vanne de vidange.

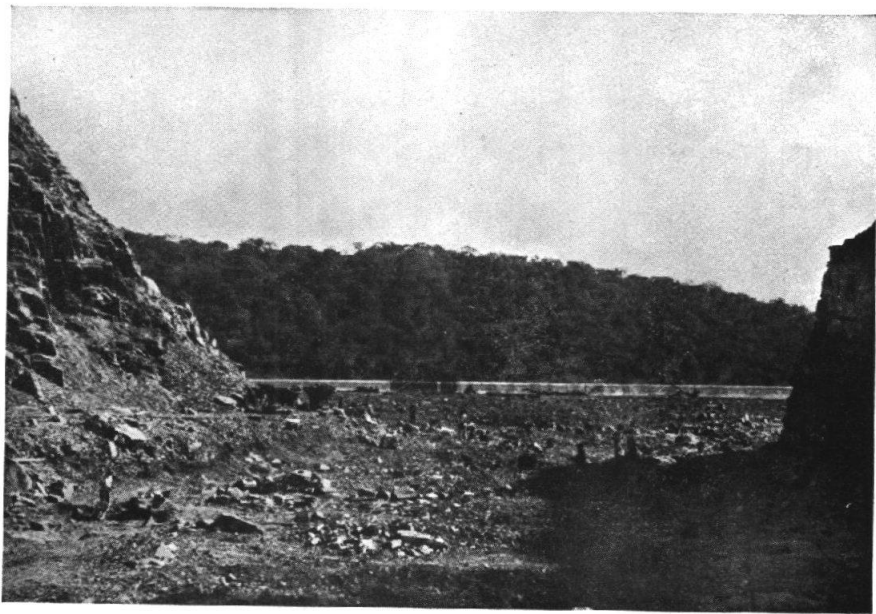


FIG. 5. — Déversoir et sa tranchée vus d'aval.

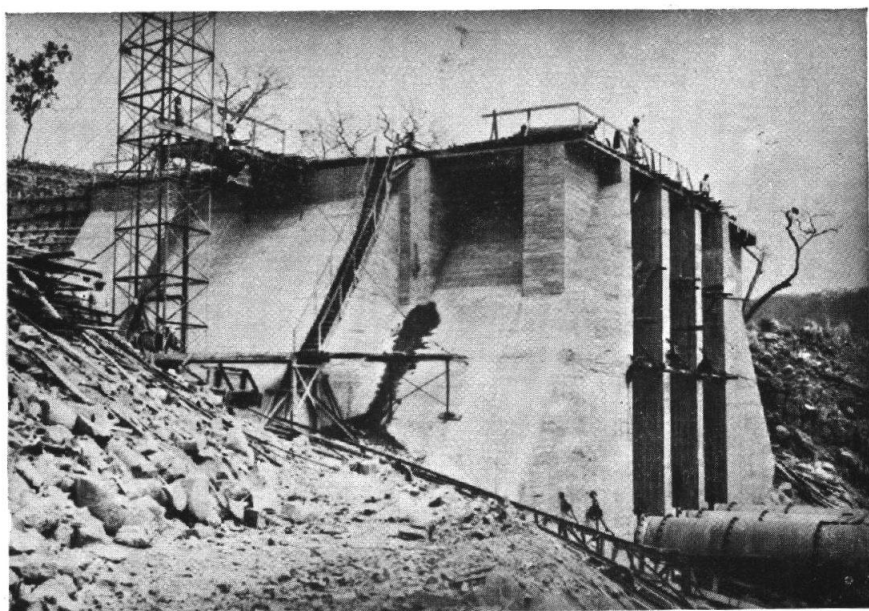


FIG. 6. — Chambre de mise en charge.

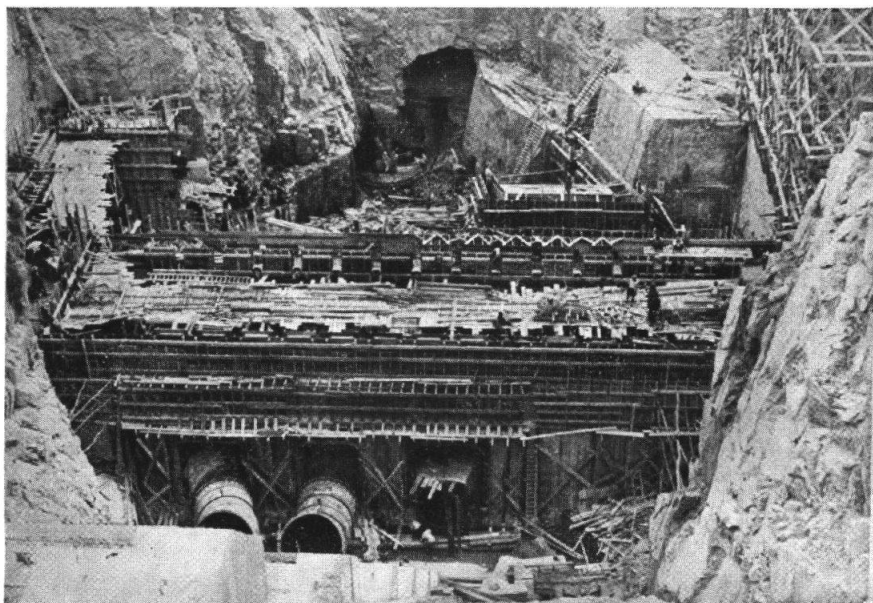


FIG. 8. — Excavation de la centrale.



FIG. 9. — Mise en place des gros blocs du parement amont.

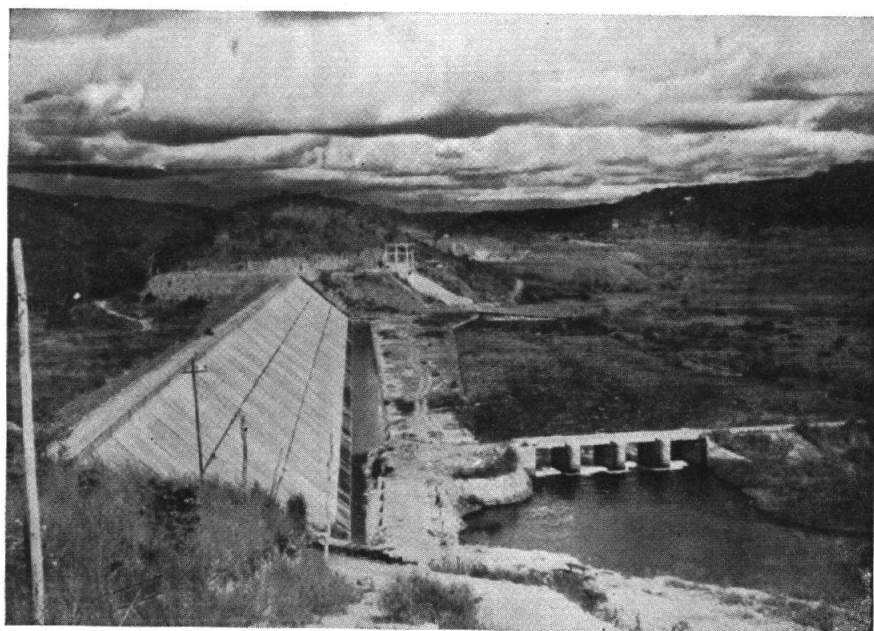
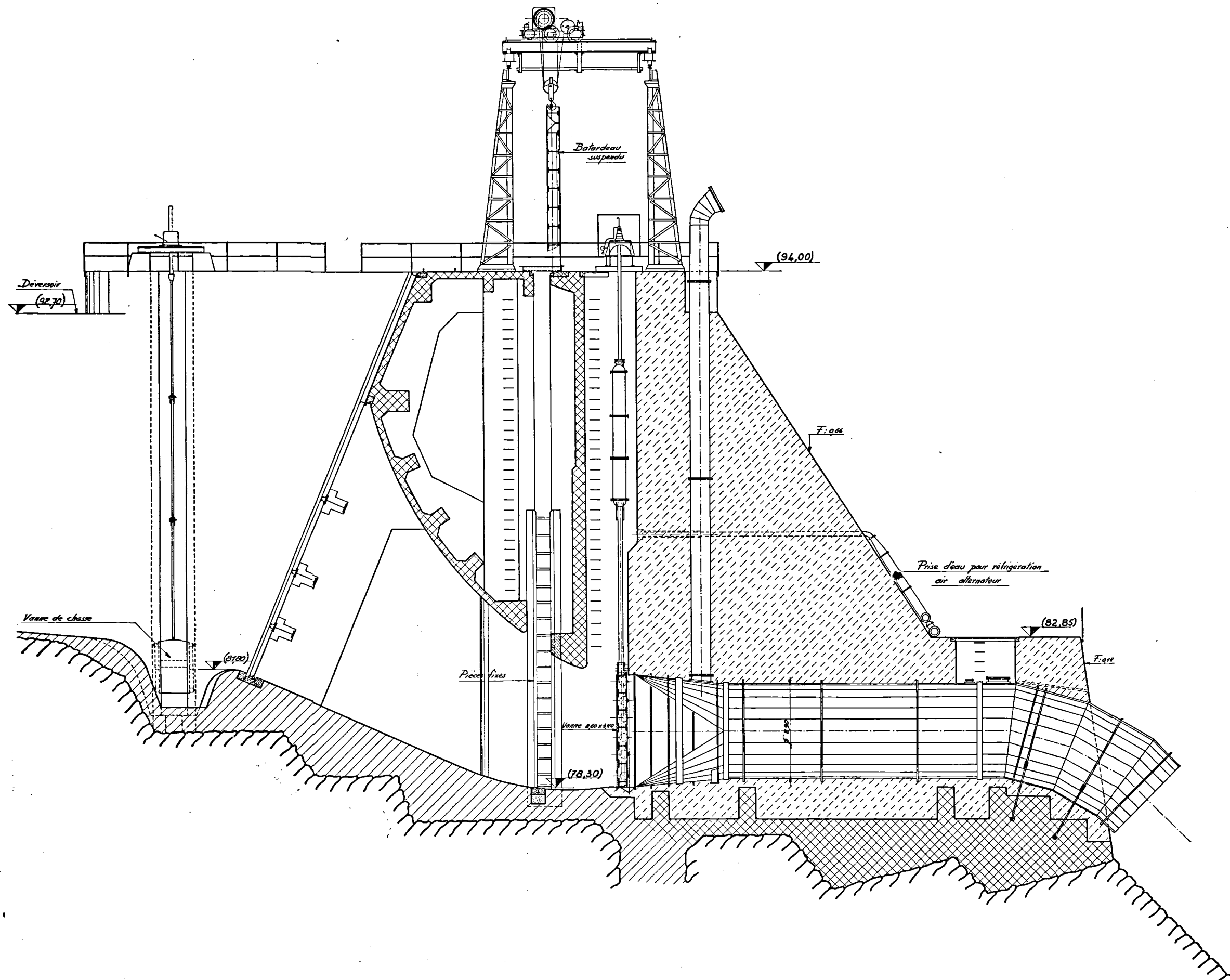


FIG. 10. — Barrage terminé.





Société de TRACTION et d' ELECTRICITE 31, Rue de la Science - Bruxelles			
Dessiné: <i>fl</i>	Vérifié:	Approuvé:	SOGEFOR
Bruxelles, le 20-10-20	Surface: 672	TE 3-394	
Chutes de la Lufira			
CENTRALE BIA (Koni)			
CHAMBRE DE MISE EN CHARGE			
— Ensemble —			
<i>Modifications</i>			
<i>Littera</i>	<i>Date</i>	<i>Objet</i>	

FIG. 7. — Ensemble de la chambre de mise en charge (plan).



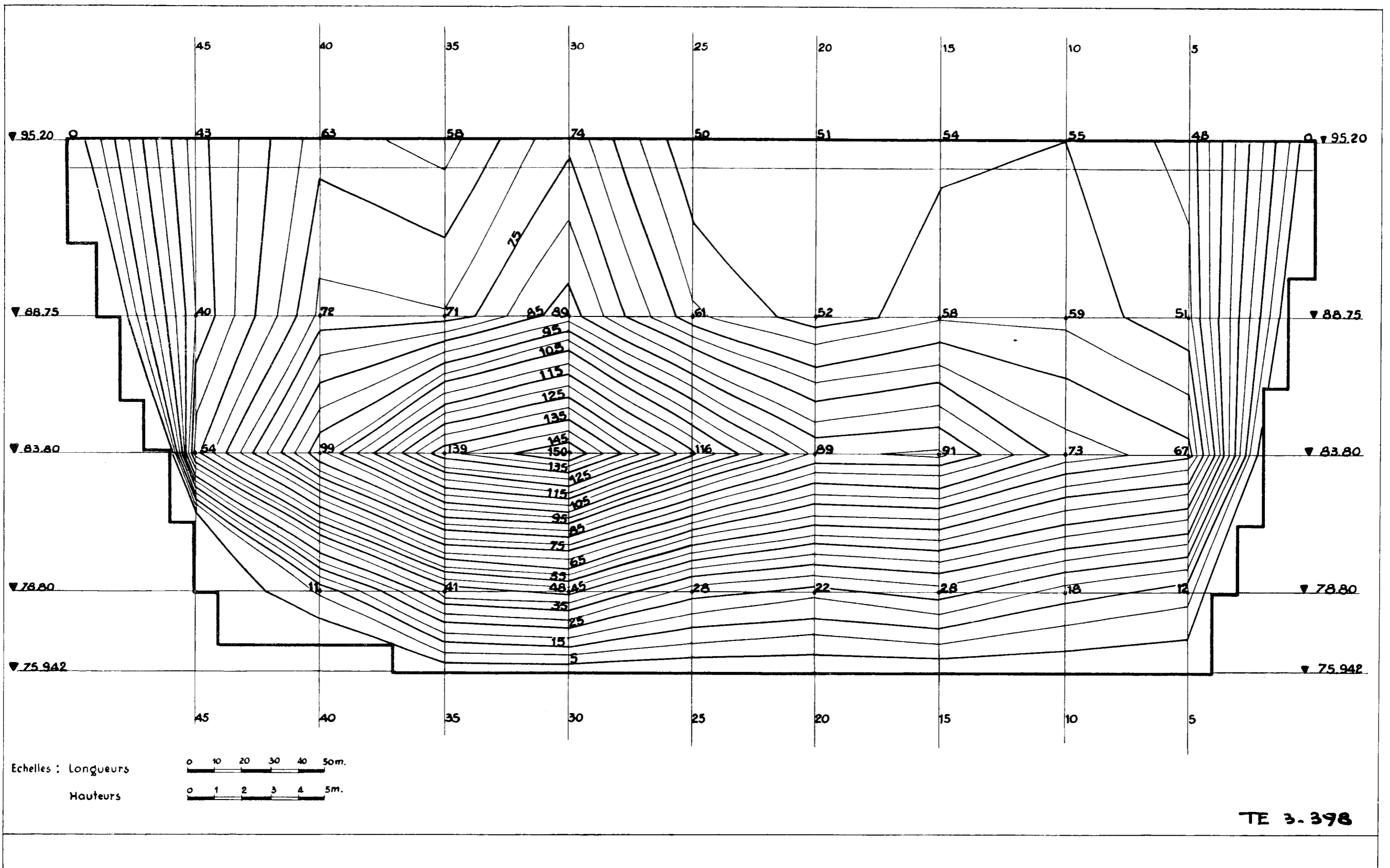
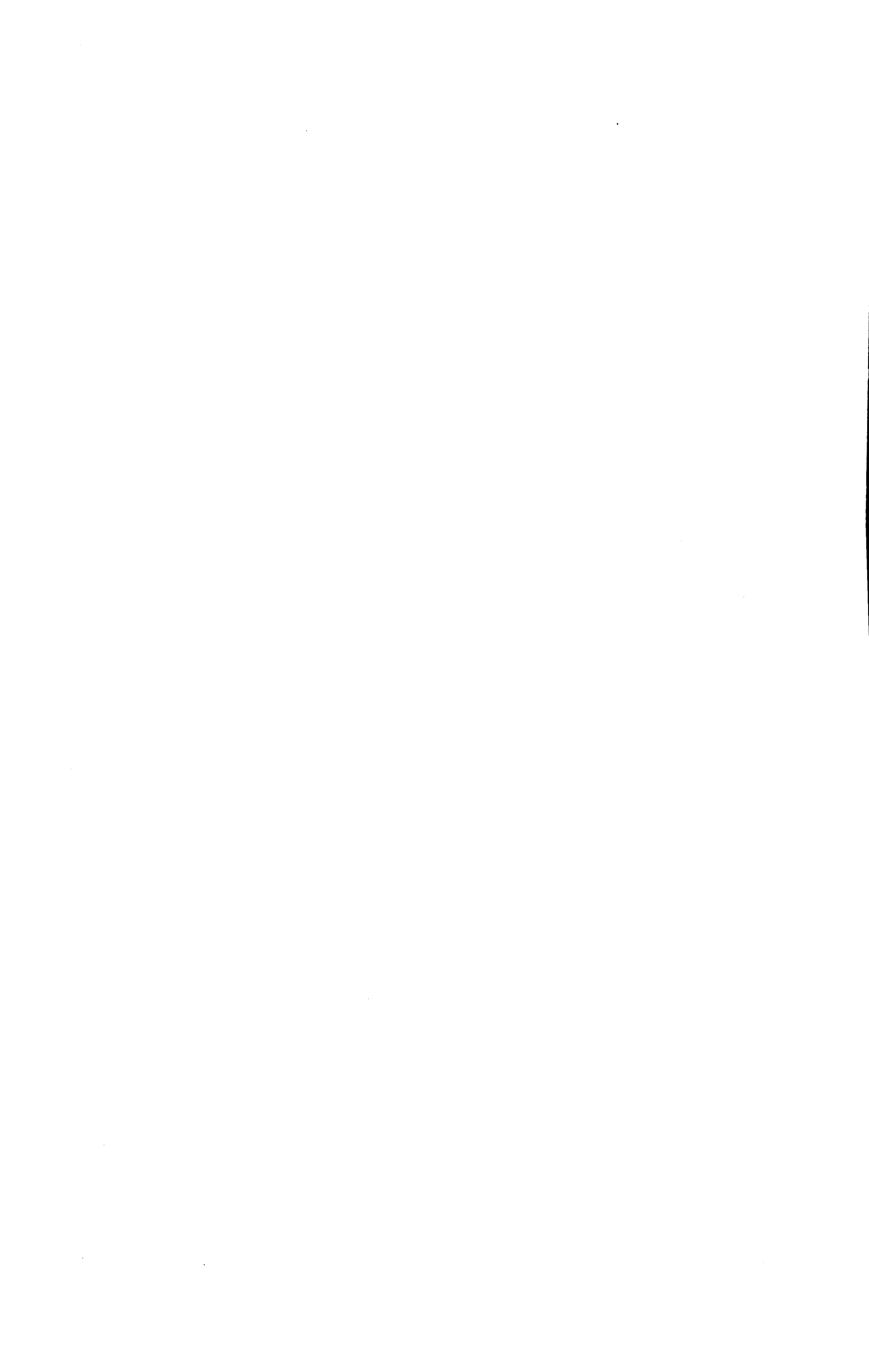


FIG. 12. — Courbes de tassement de la surface du revêtement.



Société de TRACTION et d'ÉLECTRICITÉ
31 Rue de la Science - Bruxelles

Dressé par: **SOGEFOR**
Bruxelles le 1948 Surface: 4.50 m² T.E.

CENTRALE BIA

BÂTIMENT DES MACHINES

ENSEMBLE

COUPE TRANSVERSALE

Modifications

Litère	Date	Objet

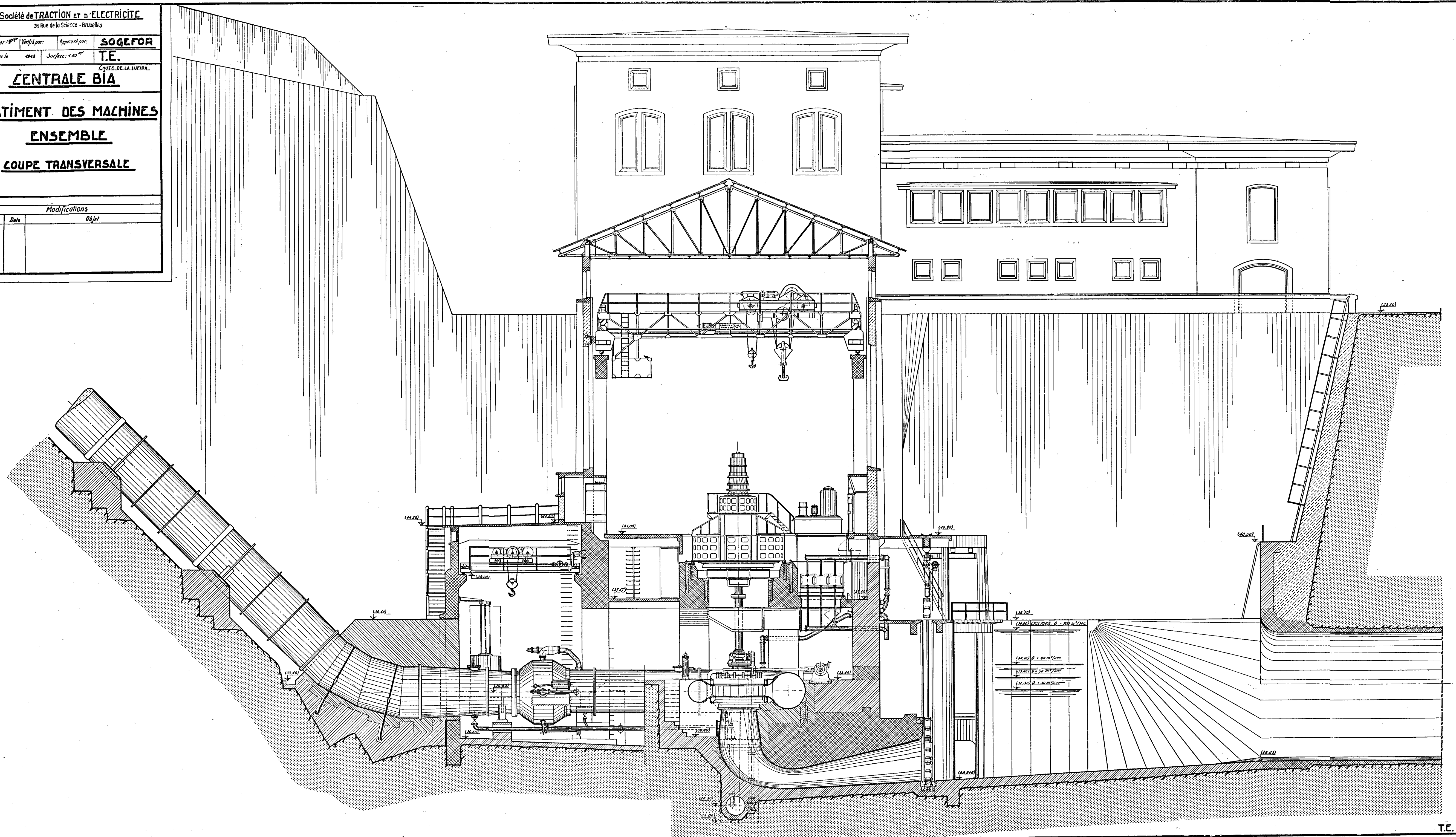


FIG. 13. — Coupe transversale de l'ensemble du bâtiment des machines.





