

Application de la préfabrication à la construction d'un barrage à voûtes multiples: le barrage du Meffrouch, en Algérie

Autor(en): **Panchaud, F. / Stucky, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **94 (1968)**

Heft 7

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-69631>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)
de la Section genevoise de la SIA
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole poly-
technique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Groscurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; M. Chevalier, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; M. Cosan-
dey, ing.; J. Favre, arch.; A. Rivoire, arch.; J.-P. Stucky,
ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

RÉDACTION

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,
architecte
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 46.—	Etranger	Fr. 50.—
Sociétaires	»	» 38.—	»	» 46.—
Prix du numéro	»	» 2.30	»	» 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »
N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie
La Concorde, Terreaux 29, 1003 Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:
1/1 page Fr. 450.—
1/2 » » 235.—
1/4 » » 120.—
1/8 » » 62.—



Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26, 1000 Lausanne et succursales

SOMMAIRE

Application de la préfabrication à la construction d'un barrage à voûtes multiples, par F. Panchaud, professeur, ing.-conseil.
Société suisse des ingénieurs et des architectes (section genevoise): Rapport d'activité.
Bibliographie — Les congrès. — Société suisse des ingénieurs et des architectes.
Documentation générale — Documentation du bâtiment — Informations diverses.

APPLICATION DE LA PRÉFABRICATION À LA CONSTRUCTION D'UN BARRAGE À VOÛTES MULTIPLES LE BARRAGE DU MEFFROUCH, EN ALGÉRIE

par le professeur F. PANCHAUD, ingénieur-conseil au bureau A. STUCKY, Lausanne

L'application de la préfabrication dans la construc-
tion des barrages est exceptionnelle.

Le barrage du Meffrouch, en Algérie, est un des rares
ouvrages où cette technique a été utilisée d'une manière
systématique. C'est un ouvrage à voûtes multiples de
531 m de longueur en crête et de 25 m de hauteur au-
dessus du parfoille. Il est constitué par une succession
de 17 voûtes cylindriques inclinées, d'épaisseur cons-
tante égale à 0,80 m, écartées de 25 m et s'appuyant
sur des contreforts de 2,50 m de largeur. Les deux ailes
de l'ouvrage sont formées par des barrages-poids à
parements inclinés (fig. 1).

A part le barrage proprement dit, on doit signaler les
ouvrages annexes, l'évacuateur de crues sur la rive
droite, la tour de prise d'eau sur la rive gauche et la pas-
serelle de circulation au sommet des contreforts (fig. 11).

Le projet général du barrage a été dressé par le

Bureau Coyne, de Paris, qui en a défini les dimensions
principales. Les principes de l'exécution par préfabri-
cation ont été mis au point par l'Entreprise G. Safont
& C^{ie}, à Alger. Les travaux ont été exécutés dans des
conditions difficiles, pendant la période de la guerre
d'Algérie de 1957 à 1964. C'est une des raisons qui ont
amené l'entreprise à recourir à la préfabrication; il
était, en effet, incertain de pouvoir recruter en suffi-
sance le personnel qualifié exigé pour l'exécution d'un tel
ouvrage selon les méthodes traditionnelles. Grâce à la
préfabrication, il devenait possible de limiter le person-
nel spécialisé pour recourir à une main-d'œuvre cou-
rante.

Au moment où notre Bureau a été sollicité, l'ouvrage

¹ Exposé présenté lors des journées d'étude du Groupe des ingé-
nieurs des ponts et charpentes de la SIA des 17 et 18 novembre 1967
à Lausanne.

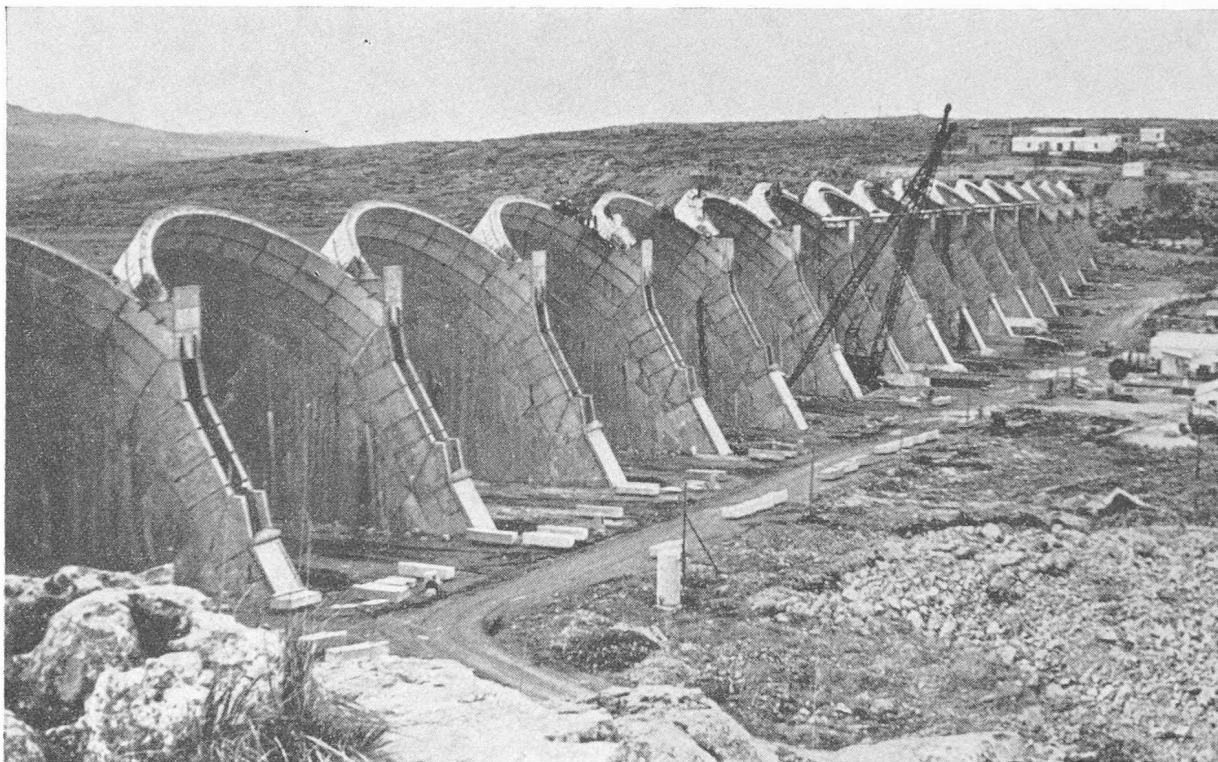


Fig. 1. — Vue aval du barrage. On distingue, sur chaque contrefort, les goulottes des déversoirs ; au sommet des contreforts, les blocs devant supporter la passerelle.

était déjà en travail sur toute sa longueur et les voûtes étaient partiellement construites jusqu'au quart de leur hauteur. Nous avons été chargés de définir tous les travaux confortatifs nécessités, par des difficultés découvertes en cours de construction dans les sous-sols de fondation. En outre, nous avons été appelés à étudier les ouvrages auxiliaires, l'évacuateur de crues et la prise d'eau ainsi que la partie supérieure des voûtes et des contreforts.

Notre propos n'est pas de présenter le projet de l'ouvrage proprement dit, mais de décrire son mode de construction qui a fait appel d'une manière systématique aux méthodes de la préfabrication.

Les voûtes, les contreforts et les ouvrages annexes dans toutes les parties constituant la superstructure sont construits par éléments préfabriqués. En principe, les différentes parties de l'ouvrage sont découpées en plots de béton, préfabriqués, qui sont juxtaposés, jointoyés et serrés par précontrainte, sinon par l'effet du poids propre (fig. 2).

Le poids modulaire de l'élément préfabriqué a été fixé à 7,5 t, correspondant à la charge maximum admise pour les engins de levage et de mise en place.

Nous voulons rapidement passer en revue les différentes phases de l'exécution concernant respectivement les voûtes, les contreforts et les passerelles de circulation.

Toute préfabrication exige, plus que toute autre technique d'exécution, une collaboration étroite entre l'entreprise qui exécute et l'ingénieur qui projette ; c'est à ce prix que l'on peut réaliser un ouvrage satisfaisant.

Toutes les opérations doivent être minutieusement analysées à l'avance et rien ne doit être laissé à l'improvisation ; tous les détails constructifs doivent être adaptés aux doubles exigences, souvent contradictoires,

de la manutention aisée et de la résistance en service ; pour l'étude des formes dans le détail, on doit souvent recourir à la confection de maquettes, qui permettent de choisir en toute connaissance de cause les meilleures dispositions.

Les problèmes qui découlent de cette technique peuvent être groupés sous les rubriques suivantes :

- a) La fabrication des éléments.
- b) Le stockage.
- c) Le transport de l'aire de stockage à l'emplacement dans l'ouvrage.
- d) Les assemblages ou liaisons des éléments pour assurer une transmission correcte des efforts dans l'ouvrage en service.

Il n'est pas besoin de souligner combien l'exécution des joints entre les éléments reste l'opération la plus délicate : elle comporte le garnissage du joint, le collage et la solidarisation mécanique par l'effet du poids propre ou de la précontrainte.

Dans le cas du barrage du Meffrouch, les aires de fabrication et de stockage des éléments sont installées à proximité immédiate du barrage dans la plaine aval (fig. 3).

De ce fait, le transport n'intéresse que des parcours limités ; il a été effectué au moyen d'engins construits spécialement à cet effet par l'entreprise (fig. 4). La mise en place utilise des grues sur chenilles très maniables pouvant circuler sur toute l'emprise du chantier, soit sur des pistes de circulation où les déclivités naturelles du terrain l'exigent, soit sur des terre-pleins approximativement nivelés (fig. 6).

Suivons maintenant les opérations concernant l'exécution des voûtes.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU BARRAGE

CAPACITÉ : 20 000 000 m³ LONGUEUR EN CRÊTE : 531 m
 BASSIN VERSANT : 90 km² HAUTEUR EN CRÊTE : 25 m
 RETENUE NORMALE : 1122,20

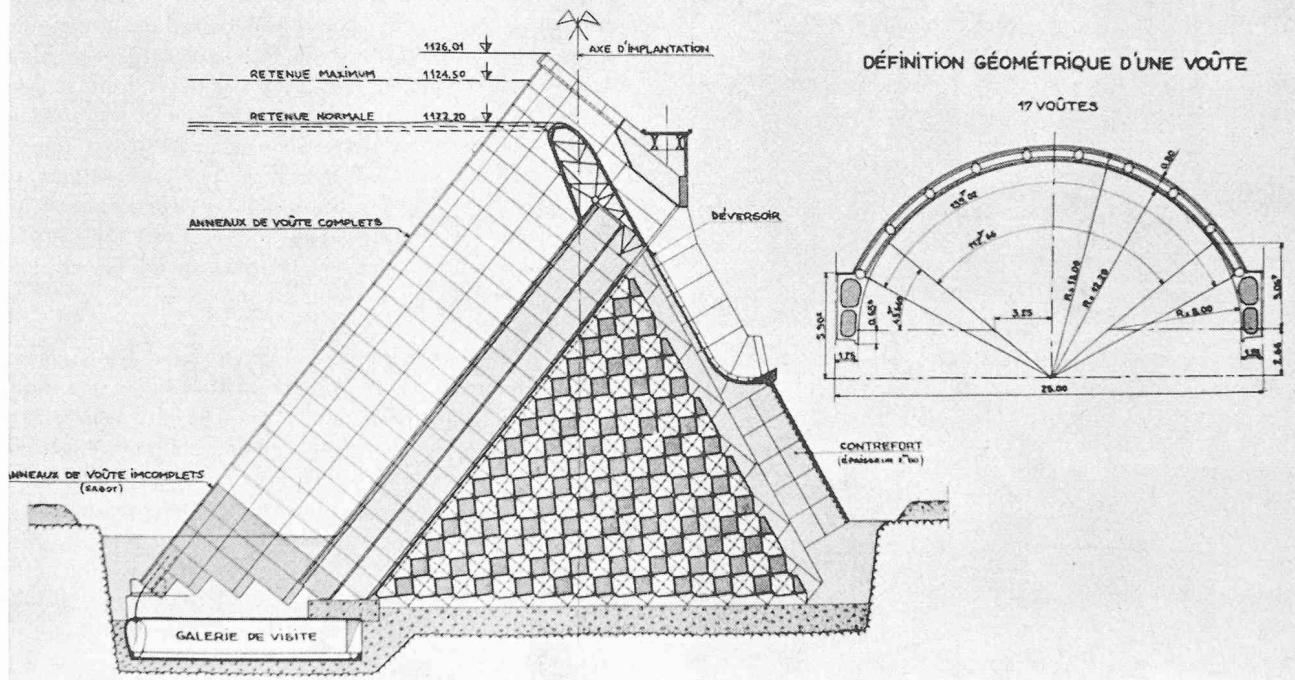


Fig. 2. — Caractéristiques générales du barrage, avec découpage des éléments de l'ouvrage en blocs préfabriqués.

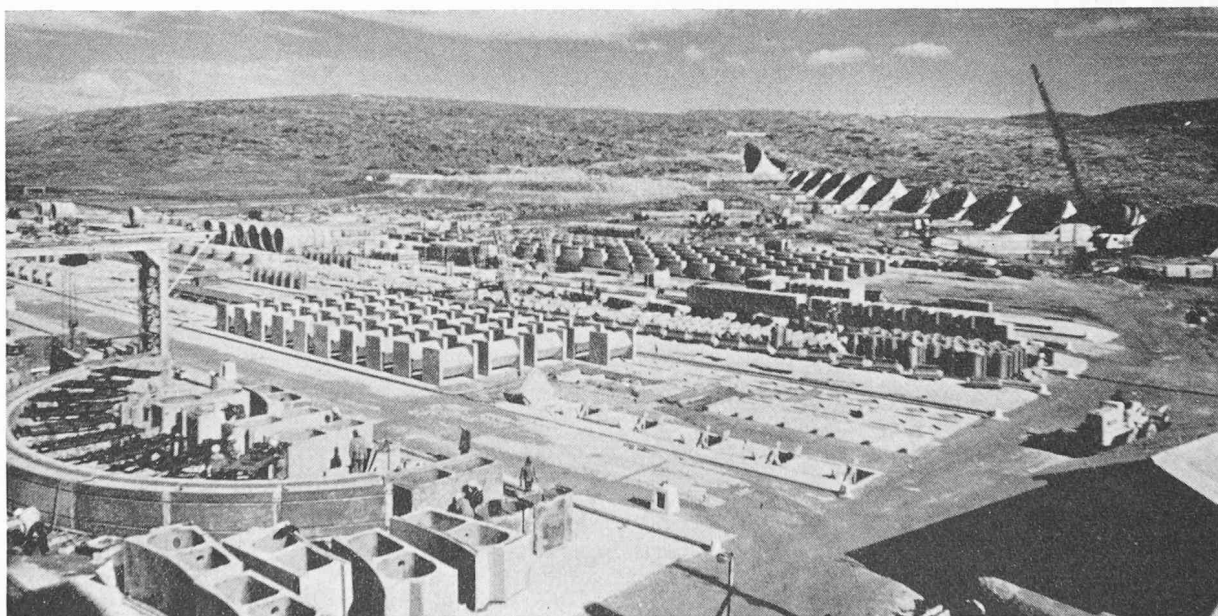


Fig. 3. — Vue d'ensemble du chantier de préfabrication, situé immédiatement en aval du barrage. Au premier plan, les éléments de voûtes, à l'arrière-plan, le stockage des blocs des contreforts. A droite, dans l'ombre, la fabrique de béton.

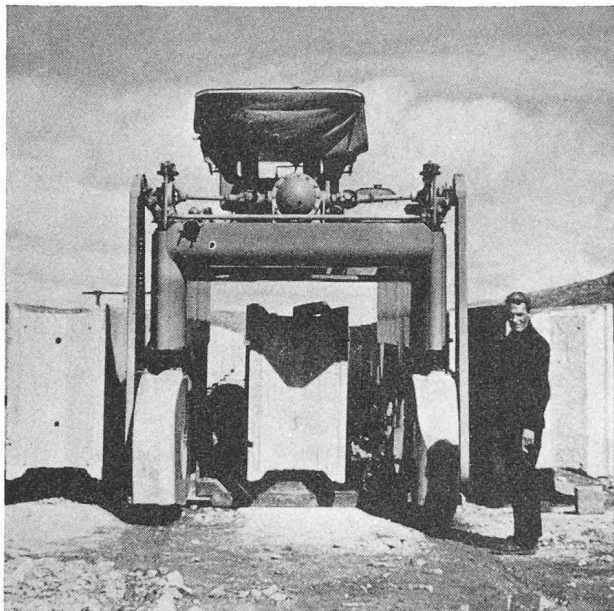


Fig. 4. — Engins de transport des voussoirs des voûtes.

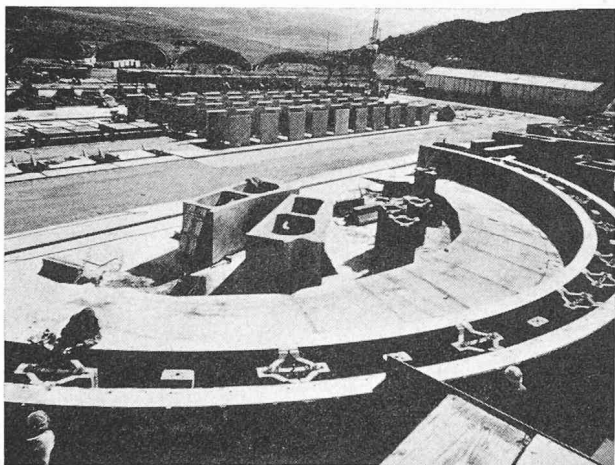


Fig. 5. — Le coffrage d'un anneau de voûte délimitant les voussoirs correspondants. Au centre, deux blocs d'appui.

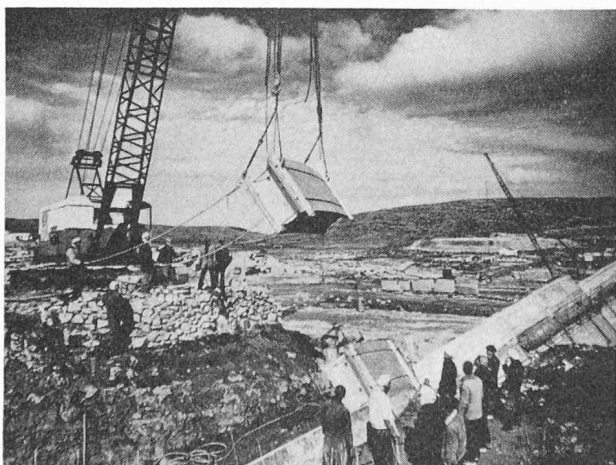


Fig. 6. — Mise en place d'un voussoir au moyen d'une grue sur chenilles. On distingue sur la face du voussoir les rainures de précontrainte annulaire.

Les voûtes cylindriques, d'épaisseur constante, sont découpées en anneaux de 1,20 m de hauteur. Chaque anneau est constitué par neuf voussoirs de 2,80 m de longueur. Les anneaux s'appuient sur les contreforts par l'intermédiaire de deux pièces spéciales évidées formant les blocs d'appui. Chaque anneau s'appuie, d'une part sur l'anneau qui précède, et, d'autre part, sur les deux blocs d'appui évidés (fig. 5).

Pour garantir une exactitude suffisante des différents éléments préfabriqués, les voussoirs constituant le même anneau sont exécutés simultanément dans un moule-coffrage et numérotés pour être présentés sur place dans le même ordre. Les neuf voussoirs sont séparés les uns des autres par des joints radiaux et les anneaux par des joints annulaires. Chaque voussoir est mis en place dans sa position définitive par un système de boulons qui le lie à son correspondant sur l'anneau qui le précède. Le montage des voussoirs des anneaux se fait à partir de la clé vers les naissances. La mise en place et le réglage se font au moyen d'une grue sur chenilles (fig. 6).

Les joints entre les voussoirs et entre les anneaux sont du même type. Ils sont constitués par une entaille trapézoïdale ménagée sur la tranche du voussoir et occupant environ les trois quarts de son épaisseur (fig. 7). Deux voussoirs mis en correspondance l'un en face de l'autre laissent donc une cavité de plusieurs centimètres de largeur sur toute la longueur de la tranche. Cette cavité est garnie par un élément de béton appelé clavette, destiné à combler la plus grande partie du vide. Cependant cette clavette est munie de tétons d'appui qui ménagent un espace d'épaisseur uniforme sur tout son pourtour, permettant d'assurer une circulation du matériau de remplissage du joint. Le remplissage du joint se fait par injection d'un mortier colloïdal, mis en place de façon à provoquer l'essorage de la masse injectée ; seule l'eau en excès suinte par les fentes séparant les joints. Ce système de jointoyement a fait l'objet d'une étude préliminaire méthodique pour s'assurer d'une part de la compacité effective du remplissage, condition d'étanchéité des joints et, d'autre part, pour garantir la résistance à la compression de l'ensemble, puisque les joints doivent transmettre les efforts annulaires de la voûte.

A la suite de ces études effectuées sur des joints types, nous avons pu nous assurer de la parfaite exécution du remplissage : lorsqu'on scie un joint ainsi exécuté, il est difficile de distinguer la zone injectée de la pleine masse.

Les voûtes étaient mises en place par anneaux, les voussoirs d'un même anneau sont rendus solidaires par une contrainte annulaire au moyen de câbles placés dans des rainures spéciales ménagées sur le parement amont.

Ces câbles débouchent dans les évidements des blocs d'appui où se trouvent les cônes d'ancrage. Après la mise en tension des câbles annulaires, les rainures des sections trapézoïdales sont garnies de mortier pour protéger les fils des câbles. Les différents anneaux constituant une voûte sont exécutés de la même façon jusqu'au sommet du barrage. Les anneaux de base sont noyés dans le parfouille. Tous les anneaux d'une même voûte sont rendus solidaires dans le sens longitudinal par une précontrainte parallèle aux génératrices des voûtes,

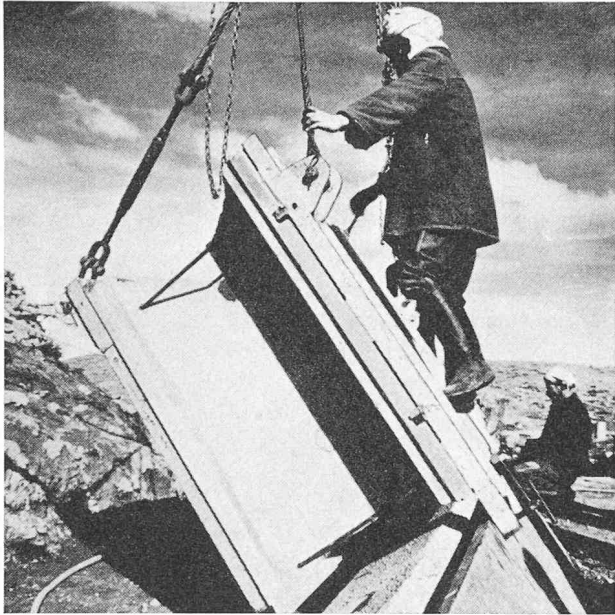


Fig. 7. — Calage d'un voussoir.

exercée au moyen de câbles extérieurs protégés dans des gaines plastiques par injections. Ces câbles sont ancrés dans le parfouille. La mise en tension se fait à partir du sommet des voûtes ; dans les voussoirs de l'anneau supérieur sont noyées les têtes d'ancrage.

Les contreforts ont été exécutés sous forme de blocs préfabriqués de deux types :

- a) les blocs de parement, formés de deux dalles de façade, de section carrée, solidarisés par un noyau de liaison de même forme, mais décalé de 45° par rapport aux carrés des faces ;
- b) les blocs clavettes, posés entre les blocs de parement, formant cheville, laissant des vides de quelques centimètres d'épaisseur (fig. 3 et 8).

Cet ensemble est ensuite injecté de mortier colloïdal sous pression, à partir des joints inférieurs des assises.

Le parement aval de chaque contrefort est aménagé en goulottes qui se raccordent dans sa partie supérieure avec un déversoir de surface et dans sa partie inférieure se termine par un saut de ski projetant l'eau au-delà de la fondation du contrefort. Ces déversoirs sont destinés à ne fonctionner qu'exceptionnellement, pour évacuer les excédents éventuels de crues qui ne pourraient pas être absorbés par l'évacuateur de crues prévu sur la rive droite, en dehors du barrage. Tous les éléments des blocs constituant les déversoirs sont préfabriqués et liés entre eux par un joint à tenons injectés (fig. 9).

La passerelle qui relie le sommet des contreforts est prévue, non seulement pour assurer la circulation d'une rive à l'autre en cas de déversement, mais aussi pour lier les sommets des contreforts et assurer leur stabilité latérale en cas de tremblement de terre. Cette passerelle est également construite selon les principes de la préfabrication. Chaque travée se compose de deux éléments, l'un encastré en console dans le sommet des contreforts, l'autre formant une travée indépendante qui s'appuie sur les consoles. En outre, chacun des éléments, travée ou console, est formé de poutres sur lesquelles on place

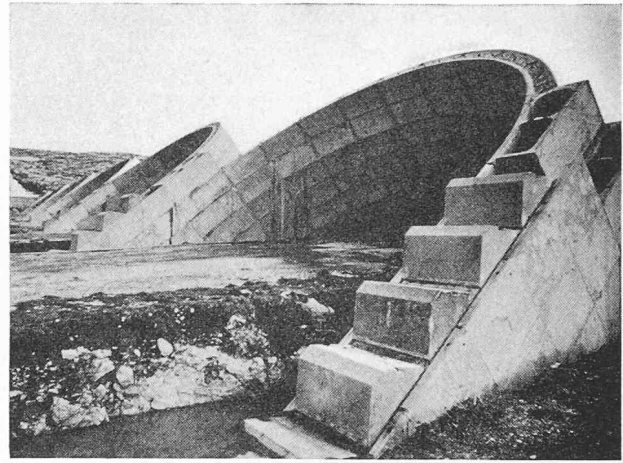


Fig. 8. — Etape de construction des contreforts et des voûtes. On distingue les blocs clavettes des contreforts en relief.

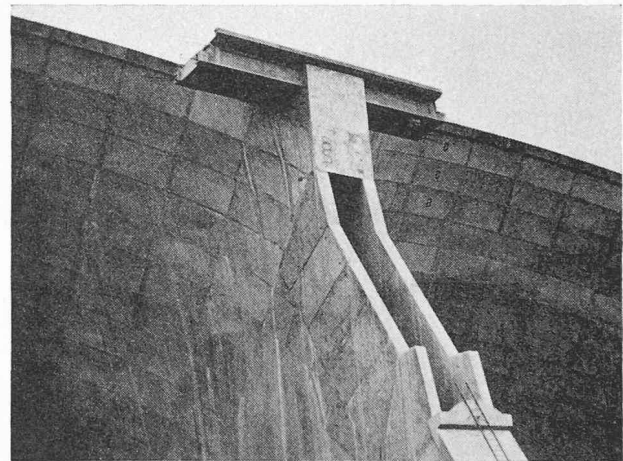


Fig. 9. — Détail d'une goulotte du déversoir, avec le bloc au sommet supportant un élément de la passerelle.

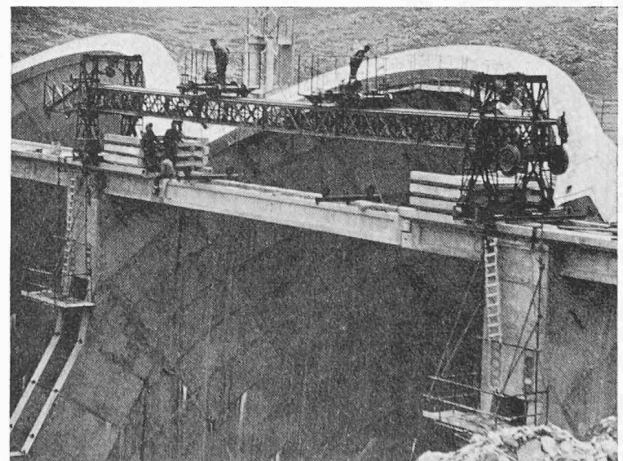


Fig. 10. — Mise en place d'une travée intermédiaire de la passerelle. On distingue, en attente, les éléments de dalles préfabriquées.

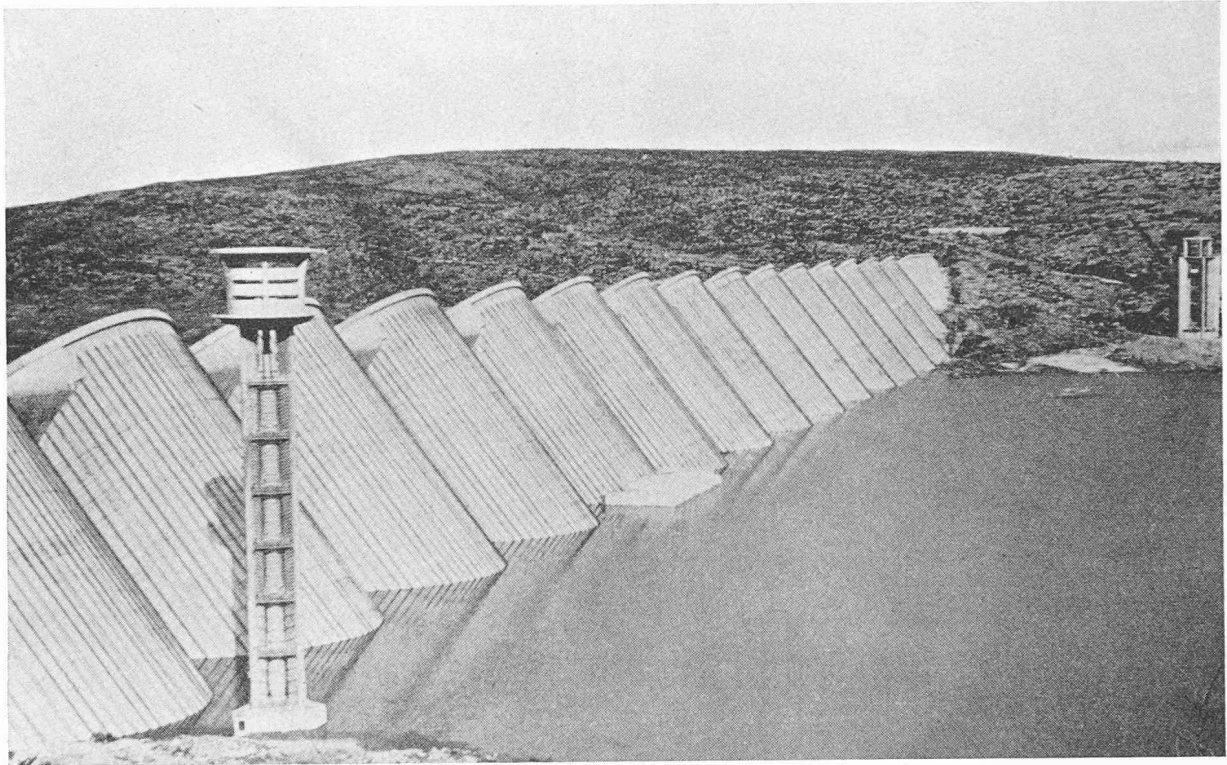


Fig. 11. — Vue d'ensemble du barrage au début du remplissage. Au premier plan, la tour de prise d'eau. A l'arrière-plan, l'évacuateur de la rive droite. On distingue sur les voûtes les câbles de précontrainte longitudinale.



Fig. 12. — La vallée du Meffrouch, à l'aval du barrage. Au premier plan, le village du chantier.

la dalle préfabriquée. La solidarité entre les dalles et les poutres est assurée au moyen de tenons bétonnés sur place et liés par des armatures en attente (fig. 10).

L'évacuateur de crues et la tour de prise d'eau ont également été conçus pour être exécutés par préfabrication. Ils sont formés d'éléments superposés, jointoyés et solidarisés par précontrainte.

Le barrage a été soumis à un premier remplissage sous notre contrôle ; on a pu constater une étanchéité tout

à fait satisfaisante des voûtes, puisque seules quelques taches d'humidité sont apparues dans les parties basses (fig. 11).

On peut admettre ainsi qu'au point de vue technique l'ouvrage préfabriqué donne satisfaction.

Maintenant que les travaux sont achevés, le paysage a repris son aspect immuable de toujours, aux horizons lointains et aux collines de formes douces où les arbres sont rares (fig. 12).

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES

(SECTION GENEVOISE)

Rapport d'activité

présenté à la 123^e assemblée générale, le 22 février 1968, par M. Edouard Bourquin, ingénieur, président de la section

1. Effectif et manifestations de la section

L'effectif de notre section est resté stable cette année. Nous ne notons en effet qu'une augmentation de 7 membres.

Il y eut 21 admissions et 4 transferts venant d'une autre section, soit 25 arrivées. 18 membres nous ont quittés : 8 décès, 1 démission et 9 transferts à une autre section.

La répartition des membres par branches professionnelles se présente comme suit :

Architectes	166 (+ 4)
Ingénieurs civils	158 (inchangé)
Ingénieurs électriciens	62 (+ 2)
Ingénieurs mécaniciens	81 (— 1)
Ingénieurs d'autres spécialités	34 (+ 2)
Soit au total pour notre section	501 (+ 7)

Dans mon rapport d'activité présenté il y a un an, j'avais informé l'assemblée de la volonté du comité d'intéresser plus directement les ingénieurs de l'industrie à l'activité de notre société. Cette intention n'a pas provoqué de vague de fond dans le nombre de leurs admissions, mais s'est concrétisée en revanche par l'organisation de séances mensuelles et de journées d'études qui les ont concernés plus directement et auxquelles ils ont participé et collaboré avec dynamisme.

Au cours de nos séances mensuelles, nous avons traité à plusieurs reprises des questions de recherche et de développement industriels ; je rappelle les conférences de

M. le professeur *Gérard Lehmann* : Recherche industrielle.

M. *Michel Cuénod* : Formation des ingénieurs et promotion de la recherche aux USA.

M. *Claude Rossier* : Problèmes d'avenir de notre industrie.

Nous nous sommes également occupés de divers aspects de l'aménagement du territoire. Je cite :

M. *Hans Reinhard* : Plans d'aménagement et réalisation de grands ensembles à Berne.

M. le conseiller d'Etat *Emile Dupont* : Problèmes de la région franco-genevoise.

A deux reprises, les séances ont été consacrées à l'examen de divers problèmes importants pour notre société.

Un séminaire concernant les méthodes modernes de programmation a été mis sur pied en janvier 1967 ; un voyage a été organisé en Egypte.

En mai, un séminaire traitant la « Promotion de la recherche appliquée » a été organisé par les sections genevoises de l'ASSPA et de la SIA, avec la collaboration de nos collègues MM. *Eric Choisy*, *André Mottu* et *Michel Cuénod*.

Ces diverses séances et journées d'études nous ont donné plusieurs occasions de travailler avec les ICF, ingénieurs civils de France, l'ASSPA et l'Interassar.

2. Rapports d'activité de divers groupes professionnels, de la Commission centrale des normes et du « Bulletin technique »

Des rapports très complets m'ont été adressés par les présidents ou responsables de ces organismes. Je me vois obligé de ne vous en communiquer que quelques éléments, pour ne pas retenir trop longtemps votre attention. Vous aurez toute liberté de me demander des compléments d'information.

2.1 Activité de l'Interassar (rapport présenté par M. *Antonio Casanova*, président)

Présidé par M. *Antonio Casanova*, l'Interassar a poursuivi son activité dans les divers domaines touchant à la profession d'architecte.

Un dialogue permanent a été établi avec les responsables de la Centrale des autorisations et les autres services administratifs en contact avec celle-ci. Tout le processus des autorisations de construire a été revu et des améliorations ont déjà pu être obtenues. D'autre part, des directives provisoires pour l'application de la loi fédérale sur le travail aux entreprises non industrielles ont été élaborées en commun avec l'Inspection cantonale du travail. Sur un plan plus général, l'Interassar a demandé au Conseil d'Etat, d'une part, de promouvoir une étude approfondie de toutes les réglementations applicables à la construction, en vue d'une refonte de ces textes, qui tiennent compte des exigences et des techniques de la vie moderne et, d'autre part, de regrouper au sein d'un seul et même service toutes les fonctions administratives touchant le bâtiment proprement dit, la dispersion actuelle des compétences constituant indéniablement un facteur de complication et de renchérissement de la construction.